



Universidad Nacional de
San Antonio Abad del Cusco

Vicerrectorado de Investigación

YACHAYNINCHIS WIÑARINANPAQ
Para que nuestro conocimiento crezca

**COMPENDIO:
X SEMANA INTERNACIONAL
DE LA INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN
Y EMPRENDIMIENTO
IV SIMPOSIO CIENTÍFICO
BICENTENARIO, 2021**



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Vicerrectorado de Investigación

YACHAYNINCHIS WIÑARINANPAQ

Para que nuestro conocimiento crezca

COMPENDIO:

X SEMANA INTERNACIONAL DE LA INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y EMPREDIMIENTO

IV SIMPOSIO CIENTÍFICO BICENTENARIO, 2021

PONENCIAS Y EXPOSICIONES ORALES

EJES TEMÁTICOS

- Ciencias básicas
- Ciencias ambientales
- Ingenierías
- Salud y educación
- Ciencias sociales y derecho

Cusco, 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Dr. Eleazar Crucinta Ugarte
RECTOR

Dra. Paulina Taco Llave
VICERRRECTOR ACADÉMICO

Dr. Roberto Acurio Canal
VICERRRECTOR DE INVESTIGACIÓN

X SEMANA INTERNACIONAL DE LA INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO IV SIMPOSIO CIENTÍFICO BICENTENARIO, 2021

COMITÉ EDITORIAL:

Dirección	: Dr. Leoncio Roberto Acurio Canal
Integrantes	: Mgt. Anahí Karina Cardona Rivero
	: Dr. Fredy Monge Rodríguez
	: Dr. Abel Canal Cespedes
	: Dr. Artemio Janqui Guzman
Compilación y diagramación	: Aydee Meza Chatata

IMPRESIÓN:

Editorial Universitaria: Vicerrectorado de Investigación,
Av. De la Cultura N° 733 Octubre, 2018

Nro. de páginas: 407

Tiraje: 500

Los artículos son de responsabilidad exclusiva de los autores.

© 2021, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, VICERRRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Av. De la Cultura N° 733 – Pabellón “A” 2do. Piso
VRIN - 2do. Piso Pabellón A. Ciudad Universitaria de Perayoc
Teléf. 084-222512/ 084 232398 Anexo 1543 - 1545
vrin@unsaac.edu.pe
Link: vrin.unsaac.edu.pe

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.° 978-612-4236-15-0

Queda hecho el depósito que establece la Ley N° 28377, Ley N° 29165 y D.S. N°017-38.

COMITÉ ORGANIZADOR

Dr. Leoncio Roberto Acurio Canal
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

DIRECCIONES DEL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Fredy Santiago Monge Rodríguez
DIRECTOR DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Mgt. Anahí Cardona Rivero
DIRECTORA DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA

Dr. Artemio Janqui Guzmán
DIRECTOR DE EMPREDIMIENTO Y GESTIÓN

Dr. Abel Canal Céspedes
DIRECTOR DEL CONSEJO DE UNIDADES DE INVESTIGACIÓN

María Amalia Villavicencio Llerena
JEFE ADMINISTRATIVO DEL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN PERSONAL

ADMINISTRATIVO DEL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Aydee Meza Chatata
Cristhy Alexandra Pomalaza Cuno
Franklin Cardeñoso Fernández
Johann Mercado León
Jorge Luis Curo Miranda
Juan Carlos Gómez Elorrieta
Julissa Acosta Luna
Giovana Roque Roque
Fiorela Guzman Figueroa

Karin Flórez Huaracha
Liz Beatriz Chino Velásquez
María Elena Kuno Loayza
Néstor Gutiérrez Huamán
Ricardo Flores Camargo
Valentín Wilbert Huallparimachi Ccapcha
Yuri Alejandro González Flórez
Roger Giancarlo Gutierrez Chavez
María Isabel Aparicio Soto

CONSEJO DE UNIDADES DE INVESTIGACIÓN

DIRECTORES DE LAS UNIDADES DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE:

Mgt. Abel Canal Céspedes
Dr. Dante Rojas Huarcaya
Dra. Carla Del Carpio Jiménez
Dr. Richard Suárez Sánchez
Dr. Facundo Palomino Quispe
Dra. Amanda Rosa Maldonado Farfán
Dra. Emma Urrunaga Rozas
Dra. Victoria Puente de la Vega

Geológica, Minas y Metalurgia
Arquitectura e Ing. Civil
Ciencias de la Salud
Derecho y Cs. Sociales
Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica
Inst. Invest. Universidad Región - IIUR
CEPLAM
Ciencias Administrativas, Económicas,
Contables y Turismo

COMITÉ DE APOYO

Docentes y estudiantes de la UNSAAC

PRESENTACIÓN

El Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, presenta el **COMPENDIO DE LA X SEMANA INTERNACIONAL DE LA INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO, IV SIMPOSIO CIENTÍFICO BICENTENARIO UNSAAC - 2021**, que se efectuó los días 6, 7,9 y 10 de diciembre del 2021.

El objetivo fundamental de esta edición es poner a disposición de la sociedad interesada las conferencias y ponencias de los científicos y académicos nacionales e internacionales, producto de resultados de investigaciones, desarrollos tecnológicos, innovaciones y emprendimientos.

El contenido de los resúmenes es de estricta responsabilidad de los autores. Como en ocasiones anteriores, queremos expresar nuestro agradecimiento a todos los autores de las resúmenes y ponencias, al personal que han hecho posible esta publicación. Finalmente, la UNSAAC a través de la Dirección de Innovación y Transferencia del Vicerrectorado de Investigación cumple con sus objetivos de difusión y transferencia.

Vicerrectorado de Investigación

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	5
PONENCIAS	9
Vigilancia Tecnológica y la Prospectiva Tecnológica: aportando en los procesos de investigación, innovación y del emprendimiento.....	10
La resistencia bacteriana a antibióticos en ambientes naturales.....	11
App para monitoreo de PM2.5 en zona industrial y urbana de Bucaramanga-Colombia	12
Sistemas Inteligentes de detección de fugas en tuberías por métodos acústicos.....	22
Transformación biológica: Hacia la bioeconomía	23
EXPOSICIONES ORALES	25
EJE TEMÁTICO Ciencias Básicas (Biología, Física, Matemática y Química).....	25
Cálculo de H/V de dos sismos fuertes y de mediciones de ruido sísmico ambiental en Bella Unión, Arequipa.....	26
Análisis preliminar de la tinta del sello de dos manuscritos de 1779 y 1792 mediante espectroscopía de fluorescencia de rayos X.....	33
Análisis multielemental y estudio del proceso de oxidación en columnas de lixiviación de residuos mineros.....	41
Variación de los niveles de 13-hidroxilupanina, esparteína y lupanina de acuerdo al tejido, estado de desarrollo y cultivo, en una variedad precoz de <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet (tarwi)	50
Diseño de prototipo estimulador magnético no invasivo de pulsado uniforme y prueba funcional con fantoma orientado a rápida cicatrización ósea	61
Comparación de una especie nativa y cultivada de <i>auricularia</i> spp por análisis fisicoquímico	79
Ácidos grasos insaturados en <i>Chenopodium quinoa</i> -quínua, mediante cromatografía de gas acoplado a espectrometría de masa.....	86
Efectividad de <i>aspergillus</i> en la degradación de polietileno	91
EJE TEMÁTICO Ciencias Ambientales	105
Efecto del glicerol y dimetilformamida en tres protocolos de criopreservación de semen de llama.....	106
La secuenciación del genoma de las cuatro especies de camélidos andinos.....	111
Intervalo generacional de alpacas Huacaya y Suri, y llamas del Centro Experimental “La Raya” de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.....	121
Composición química de materias primas para la alimentación de cuyes	125
Composición química y digestibilidad de la materia seca e inorgánica de cuatro insumos utilizados en la alimentación de cuyes (<i>Cavia porcellus</i> L.)	130
Ensayo comparativo de siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales de haba (<i>Vicia faba</i> L.).....	138
Variabilidad pluviométrica y saber andino en la Cordillera del Vilcanota.....	147

EJE TEMÁTICO Ingenierías	163
Diseño de un algoritmo metaheurístico paralelo de optimización de enjambre de partículas para resolver el problema de la asignación cuadrática sobre una plataforma GPU	164
Caracterización hidrogeológica en la ciudad del Cusco, uso de plataformas digitales para la interpretación hidrogeoquímica.....	169
COVID19 y Arquitectura.....	176
Dimensiones de la pluma volcánica de los volcanes Etna (Italia) y Popocatépetl (México) en el 2021	188
Efecto de sito no lineal en estación NZ20 usando el sismo del 7-septiembre-2017 M8.2 de Chiapas México	193
Función tiempo fuente de seis sismos del 2021 alrededor de la placa de Nazca	200
Parámetros cinéticos y termodinámicos del proceso de adsorción de iones de cadmio de soluciones acuosas en material cerámico sintetizado	207
Diseño y construcción de una impresora 3D FDM de bajo costo	224
Diseño y dimensionamiento de una Red Mesh Wifi Autosutentable y Administrable para la zonas rurales del Cusco	232
Un algoritmo para la detección de rostros con o sin mascarilla para restringir el acceso a un área	242
EJE TEMÁTICO Salud y Educación	255
Niveles de hemoglobina y caries dental en niños de instituciones educativas del distrito de Ocongate – Cusco 2020.....	256
Comercialización de productos herbarios en casas naturistas de la ciudad de Cusco	263
Conocimiento de la norma técnica del odontograma en estudiantes de odontología de la Unsaac en tiempos de covid-19.....	275
Relación de las habilidades sociales con el rendimiento académico en estudiantes universitarios	281
Aplicación de la estereolitografía en la odontología: Reporte de caso clínico de cuarto molar	290
Ajedrez como herramienta pedagógica en la comprensión de la multiplicación	299
Evaluación de la anemia y del estatus del hierro en gestantes de Lima y Cusco y utilidad del ajuste por altitud.....	306
Eficacia del desarrollo de un plan estratégico de control de Salmonella spp en manipuladores de alimentos de la Unsaac” Cusco. 2011-2013.....	313
EJE TEMÁTICO Ciencias Sociales y Derecho	325
Atención sanitaria de indígenas amazónicos en los hospitales de la ciudad del Cusco - Perú, 2020-2021	326
Percepciones del proceso de reasentamiento de una comunidad indígena en un contexto de explotación minera	344
Las tecnologías de la información y comunicación en la formación profesional de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Turismo de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	349
Los juegos tradicionales y las matemáticas escolares	359

PONENCIAS

Vigilancia Tecnológica y la Prospectiva Tecnológica: aportando en los procesos de investigación, innovación y del emprendimiento.

Eddie Esteban Manotas Rodríguez
Coordinador de Búsquedas e Inteligencia
Competitiva Olarte Moure & Asociados S.A.S (Colombia)

A pesar de haber varias definiciones asociadas a la Vigilancia Tecnológica (VT), así como herramientas útiles para la realización de estos ejercicios, es claro que la puesta en práctica de la misma permite la obtención de información que podría resultar de valor para el solicitante, dependiendo de las fuentes consultadas y el tratamiento objetivo de la información. Es por este aspecto (obtención de información) que se tiende a confundir la VT con otros ejercicios de búsqueda como son el orientado al análisis de patentabilidad y la búsqueda temática, por ello es relevante tener claridad sobre el objetivo de la VT, los tipos de VT y la estructuración de la VT, ya que a partir de esta claridad será posible aportar valor en cada ejercicio de VT que se realice y evitar el no cumplimiento de expectativas por confusión con otros ejercicios de búsqueda; así mismo, teniendo la claridad sobre el objetivo de la VT, los tipos de VT y la estructuración de la VT será posible la apreciación de la importancia de la VT en la investigación, la innovación y el emprendimiento.

Análogamente, la prospectiva tecnológica (PT) también provee información, sin embargo, difiere de la VT en cuanto a las metodologías, herramientas, y marco temporal de la información resultado que se obtiene. Es decir, la PT y la VT tienen alcances temporales distintos y por ende el hacer uso de la uno o la otra dependerá de la motivación asociada a la realización del ejercicio.

Tanto la VT como la PT generan valor en los procesos de investigación, innovación y emprendimiento, al proveer información que influye así en la gestión de recursos y por ende en el destino de las organizaciones que hacen uso de estos ejercicios.

La resistencia bacteriana a antibióticos en ambientes naturales: Una mirada desde el enfoque “One Health”

Aura Falco, Alejandra Mondragón, Miguel Villaquirán, Adriana Correa
Grupo de Investigación en Microbiología, Industria y Ambiente (GIMIA), Facultad de Ciencias
Básicas, Universidad Santiago de Cali, Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia.

La resistencia a los antibióticos es uno de los mayores desafíos a nivel mundial debido a la elevada morbi-mortalidad que causan las infecciones ocasionadas por bacterias resistentes. En Colombia esta problemática se ha estudiado considerablemente desde el área clínica, sin embargo, no en muestras de origen ambiental como los lixiviados que se generan en los rellenos sanitarios. Por esta razón se llevó a cabo la identificación de bacterias Gram-negativas y su perfil de sensibilidad a antibióticos betalactámicos, quinolonas y aminoglucósidos. La identificación bacteriana se realizó utilizando el espectro de masas por tiempo de migración a través de desorción/ionización láser asistida por matriz (MALDI-TOF), mientras que el perfil de sensibilidad a antibióticos a través de la técnica de *Kirby-Bauer* y métodos automatizados (Vitek®). Se analizaron 56 aislados bacterianos, siendo *Vibrio metschnikovii* la bacteria más prevalente (n=23/56), seguida por *Pseudomonas mendocina* (n=10/56). El 57% de los aislados de *V. metschnikovii* presentaron resistencia a amikacina y 13% a ceftazidima, mientras que el 30% de los aislados de *P. mendocina* presentaron resistencia intermedia a aminoglucósidos y a beta-lactámicos. Para finalizar, se está realizando una caracterización genética de los aislados de *V. metschnikovii* y de *P. mendocina* que permita determinar si los aislados son portadores de plásmidos y si estos son conjugativos. Este es el primer reporte de aislados de *V. metschnikovii* y de *P. mendocina* en lixiviados en Colombia, los cuales podrían ser reservorios importantes de bacterias resistentes a antibióticos que pueden afectar la salud humana, animal y ambiental.

App para monitoreo de PM2.5 en zona industrial y urbana de Bucaramanga-Colombia

Walter Pardavé Livia. Grupo Ambiental de Investigación Aplicada GAIA Universidad de Santander. Colombia,

wpardaveudes@gmail.com

Edwar Mauricio Sánchez Galvis. Grupo Ambiental de Investigación Aplicada GAIA Universidad de Santander. Colombia.

mauriciosanchez8711@gmail.com

Resumen

El proyecto de investigación trata sobre la implementación de un aplicativo app denominado SIMBU que permita a cualquier ciudadano observar el comportamiento de la calidad de aire basado en valores de PM2.5 en una red de monitoreo en 10 puntos portátiles del área metropolitana de Bucaramanga y en especial en la comuna centro del Municipio de Bucaramanga, donde se realizará mediciones continuas con dispositivos electrónicos de bajo costo, basado en tecnología Arduino que se están diseñando y desarrollando en la Universidad de Santander.

El objetivo general busca crear una red de monitoreo de PM2.5 en diez puntos estratégicos del área metropolitana de Bucaramanga con herramientas electrónicas de bajo costo, apoyadas en una app denominada SIMBU.

La metodología de trabajo comprende la identificación de los puntos estratégicos mediante sistemas de información geográfica, el diseño y desarrollo de las herramientas electrónicas de medición de PM2.5, mediciones de PM2.5 con su validación mediante equipos convencionales Hi-Vol, el desarrollo del app SIMBU y la aplicación del seguimiento del monitoreo.

Los resultados esperados del proyecto comprende: Prototipo de equipos de monitoreo de PM2.5, Mapas de medición de PM2.5, App de monitoreo de PM2.5 y validación de los datos obtenidos; y el impacto esperado será tener un monitoreo continuo de PM2.5 en la ciudad para planeación y ejecuciones de acciones de mejoramiento y control de calidad de aire que propendan por una mayor calidad de vida y salud adecuada de la población.

En este trabajo se presenta la primera fase del desarrollo del proyecto que comprende el diseño y desarrollo del dispositivo electrónico de bajo costo para medición de PM2.5.

1. INTRODUCCIÓN

Por el acto continuo de respirar, los seres humanos, y otros seres vivos, estamos expuestos tanto a los contaminantes primarios, procedentes directamente de las fuentes de emisión, como a los contaminantes secundarios que se originan por interacción química entre los contaminantes primarios y los componentes normales de la atmósfera [1]. Diferentes estudios epidemiológicos han sugerido que la exposición a las casi 250 sustancias que se han identificado en el aire y se consideran peligrosas para la salud humana, está relacionada con la morbilidad y mortalidad de la población. [2]

Como las ciudades son los espacios de mayor concentración humana y en los que se encuentran las principales fuentes permanentes de emisión de contaminantes a la atmósfera, los indicadores de salud ambiental proporcionan datos sobre la calidad ambiental y su impacto en la salud pública

Sólo cuando se encienden las alarmas ambientales de las ciudades y prohíben usar el vehículo (día del no carro, día del no moto, pico y placa; y pico y placa ambiental), nos percatamos de lo contaminado que puede estar el aire que respiramos.

Actualmente uno de los principales problemas de contaminación en las grandes ciudades de Colombia (Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Cúcuta, etc.), es la presencia de PM2.5 y a su vez es el causante de muchas enfermedades respiratorias como EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica), enfermedades cardiovasculares, enfermedades del sistema nervioso, entre muchas otras [3].

El área metropolitana de Bucaramanga tiene una población superior a un millón de habitantes y con un parque automotor (vehículos y motocicletas) de más de 600 mil unidades, cada vez va presentando como reporta su sistema de vigilancia de la calidad de aire dado por 5 estaciones ubicados en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón (Ver Figura 1), que en el mes de marzo del año 2020 Ver Figura 2) [4] aumentó en las concentraciones de material particulado, lo cual ocasionó que la categoría de la calidad del aire en la ciudad pasara de un rango moderado a dañino (Color rojo). Este sistema actualmente tiene 5 estaciones fijas con equipos costosos pero de tecnología vigente y no se cuenta con un aplicativo para que cada ciudadano conozca la situación de calidad de aire que le permita realizar acciones preventivas.

En general se conoce que la mala calidad del aire en la capital santandereana se debe especialmente a las partículas sólidas y gases emitidos por el parque automotor y, en una proporción del 10 %, a las emisiones contaminantes del sector industrial [5, 6, 7].

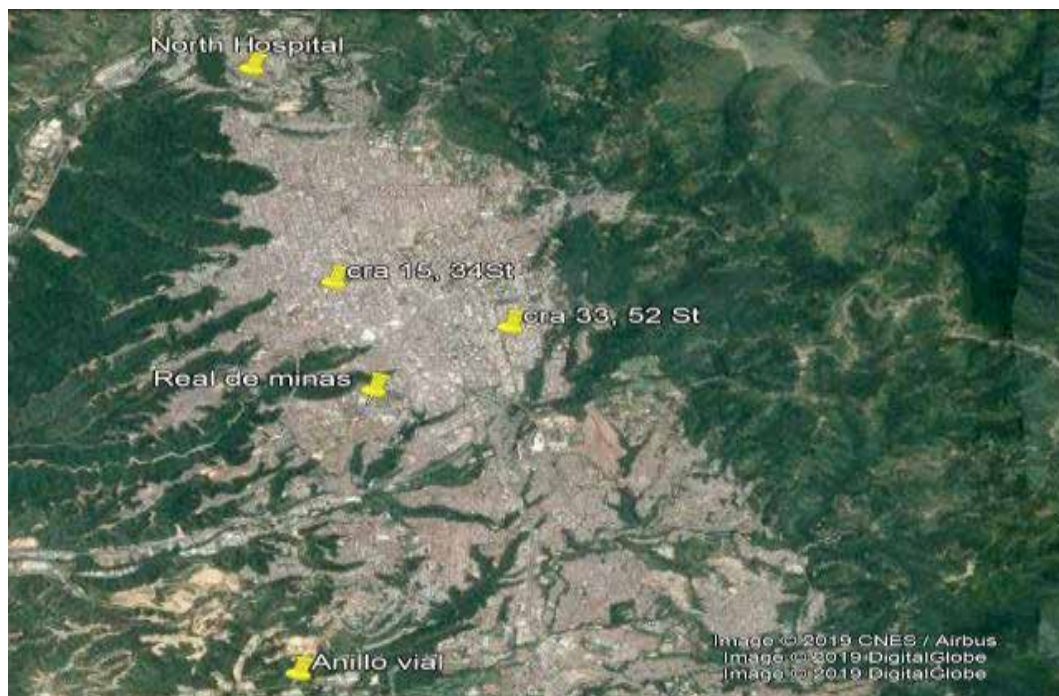


Figura 1. Localización de los 5 estaciones actuales de monitoreo de la red de calidad de aire del área metropolitana de Bucaramanga. Fuente: Google earth

2. MÉTODO

En la figura 2 se presenta la aplicación sistemática de la metodología para realizar un app SIMBU para el monitoreo de PM2.5 mediante dispositivos de bajo costo en 10 puntos estratégicos del área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga.

Figura 2. Metodología de desarrollo del proyecto de investigación

2.1. Diseño del estudio

El proyecto de investigación consiste en las siguientes etapas:

Revisión y análisis bibliográfico. Se realizará la búsqueda, lectura y análisis de libros, artículos científicos, revistas, trabajos de grado, páginas web y demás fuentes enfatizadas que contengan información relacionada con sistemas de vigilancia o monitoreo de la calidad de aire PM2.5 en ciudades, además de equipos de medición de PM2.5, tanto convencionales como modernos, además de la forma de validación estadística de los resultados. También las tecnologías de fabricación de componentes electrónicos de medición de componentes ambientales en el aire. El software y el hardware de elaboración de app serán importante en la recopilación y revisión de bibliografía. [8, 9, 10]

Zonificación de puntos estratégicos de medición. Se Establecerán mediante georreferenciación geográfica

10 puntos de muestreo de PM2.5. Se tendrá en cuenta el flujo del parque automotor, lugares de concentración ciudadana, zonas pobladas y no pobladas y el análisis del POT de la ciudad de Bucaramanga y de los otros municipios del área metropolitana.

Diseño y elaboración de cajas de medición de PM2.5 y datos meteorológicos. Se procederá luego al diseño de los dispositivos de medición de PM2.5 y datos meteorológicos con sensores y sistema de alimentación (Ver figura 3), en un bloque se tendrá una estación de medición, la caja y tendrá notación Udes (Ver figura 4)



Figura 3. Sistema de alimentación del bloque



Figura 4. Caja conteniendo dispositivos

2.2. ¿Qué hará en cada bloque?

Alimentación: Este bloque se encarga de suministrar el voltaje necesario a la estación para su correcto funcionamiento. La alimentación puede provenir directamente de la toma corriente de la casa a través de un cargador de 5 Voltios. Como alternativa se puede usar una batería conectada a un panel solar, para que se recargue con la luz del Sol.

Raspberry Pi: es un dispositivo electrónico que hace las veces de computador, por lo que se le conoce como *computador embebido*. Es de bajo costo y se controla mediante un sistema operativo denominado *Raspbian*.

Arduino: El Arduino (o Arduino Uno) permite el control de la adquisición de los datos provenientes de los sensores conectados a la estación de monitoreo, para su posterior envío a la Raspberry Pi. Cada uno de los sensores se conecta al Arduino Uno por medio de una tarjeta *shield*.

GPS: El sistema de posicionamiento global (GPS) permite tener la ubicación exacta de la estación meteorológica, así como la sincronización temporal de los datos adquiridos para saber los momentos exactos en los cuales fueron registradas las variables climáticas. En este caso se usa un GPS-Venus.

Comunicación WiFi: La estación meteorológica es totalmente autónoma, para ello se estableció una conexión inalámbrica por medio de un módulo WiFi, que permite enviar los datos registrados a través de internet a un repositorio central.

Sensores: Las diferentes variables climáticas como presión, temperatura, iluminancia, irradiación, humedad relativa, ruido entre otras, se registran a través de diferentes sensores, los cuales están conectados a la tarjeta Arduino Uno mediante la *shield*.

2.3. Validación de los resultados de PM2.5 obtenidos

Los datos o resultados de PM2.5, medidos por los dispositivos electrónicos de bajo costo serán validados con el equipo de medición de PM2.5 (figura 5), comparando los datos mediante tratamiento estadístico con el software Statgraphics. El equipo para determinar el material particulado menor a 2.5 micras es el Thermo partisol 2025i, este, equipo funciona con un filtro de 47 mm, el cual después de 24 horas de toma de muestra a un flujo de 16.7 L/min es llevado a pesaje en laboratorio para calcular el material particulado recolectado, es decir, que en un día se obtendrá un solo dato o valor.



Figura 5. Thermo partisol 2025i [11, 12]

Fuente: <https://www.learsiegler.com.au/product/partisol-2025i-d-dichotomous-sequential-air-sampler>

2.4. Desarrollo del app SIMBU

Una vez el sistema de monitoreo esté implementado y las mediciones de PM2.5 sean validadas estadísticamente, se procede a elaborar el app SIMBU que permitirá mostrar a los ciudadanos los datos, reportes y consolidados de PM2.5 en tiempo real en los dispositivos móviles (ver figura 6).



Figura 6. Pantalla principal del App SIMBU en desarrollo

3. RESULTADO Y ANÁLISIS

El objetivo de la primera fase del proyecto de investigación consiste en la creación del dispositivo para proporcionar una herramienta de bajo costo que sea capaz de medir el material particulado suspendido en el aire, para posteriormente almacenarse y transmitirse a un aplicativo de acceso libre y fácil uso. [13, 14, 15]

Para lograr estos resultados es necesario diseñar un sistema completo de censado, recolección y transmisión de datos, apoyados en una plataforma de código abierto como lo es Arduino. El sensor elegido para hacer la medición del PM2.5 es el módulo Pms 5003,

Según el fabricante (PLANTOWER, 2016), Este sensor utiliza el principio de dispersión de la luz láser. Es decir, el láser ilumina las partículas suspendidas en el aire para generar la dispersión, y al mismo tiempo, la luz dispersada se recoge en un cierto ángulo para obtener una curva de la intensidad de la luz dispersada con el tiempo. Además, el microprocesador utiliza un algoritmo basado en la teoría MIE para obtener el tamaño de partícula equivalente de las partículas y el número de partículas de diferentes tamaños de partículas por unidad de volumen.

A continuación, en la figura 7 se presenta un esquema del modo de operación del sensor

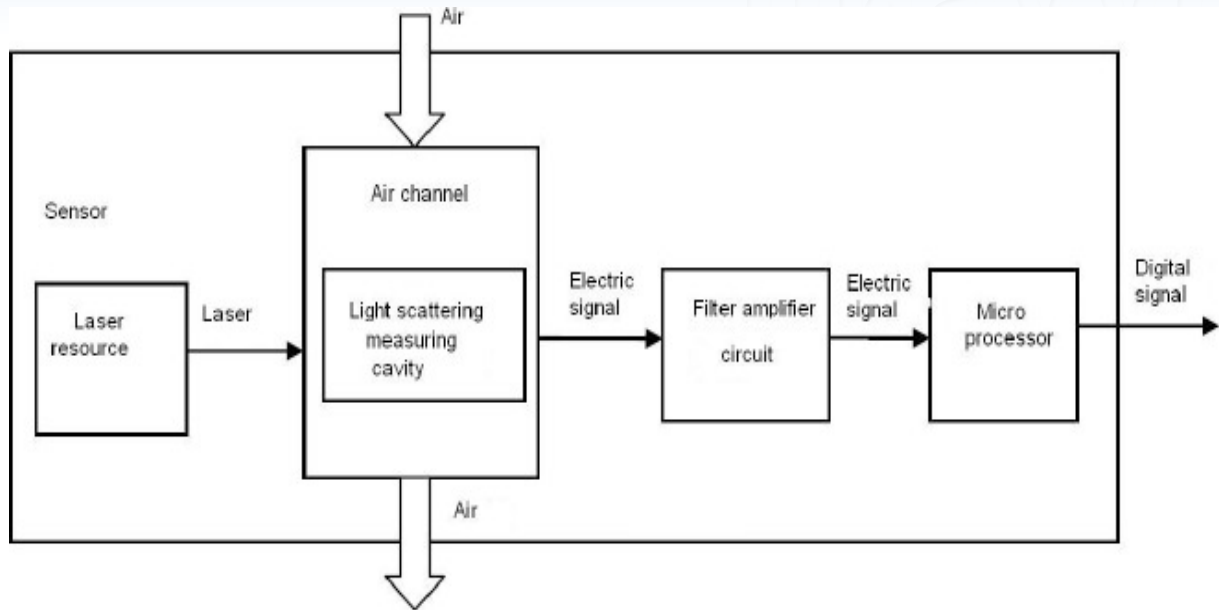


Figure 1 Functional block diagram of sensor

Figura 7. Diagrama funcional de bloques del sensor

De acuerdo con la tabla 1 que también nos proporciona el fabricante PLANTOWER, estas especificaciones son apropiadas para realizar una medición bastante aproximada de las variables de interés, entre las que se destacan el rango efectivo, la resolución, el máximo rango y una eficiencia más que aceptable para los alcances del proyecto. [16, 17]

Tabla 1: Algunas especificaciones técnicas del sensor

Parámetro	Índice	Unidad de medida
Máximo rango de PM2.5	Mayor e igual de 1000	ug/m3
Volumen estándar	0.1	Lt
Rango temperatura de trabajo	-10 +60	°C
Tamaño físico	50X38X21	mm

3.1. Esquemático del diseño del dispositivo electrónico de medición de PM2.5

Una vez seleccionado el sensor, se procedió a integrarlo con la plataforma Arduino con el fin de hacer lectura de los datos y verificar su fiabilidad, para este caso se identificaron las estaciones de medición de calidad de aire que se encuentran ubicadas en la ciudad de Bucaramanga, las cuales servirán como punto de referencia y validación de datos del sensor (ver figura 8).

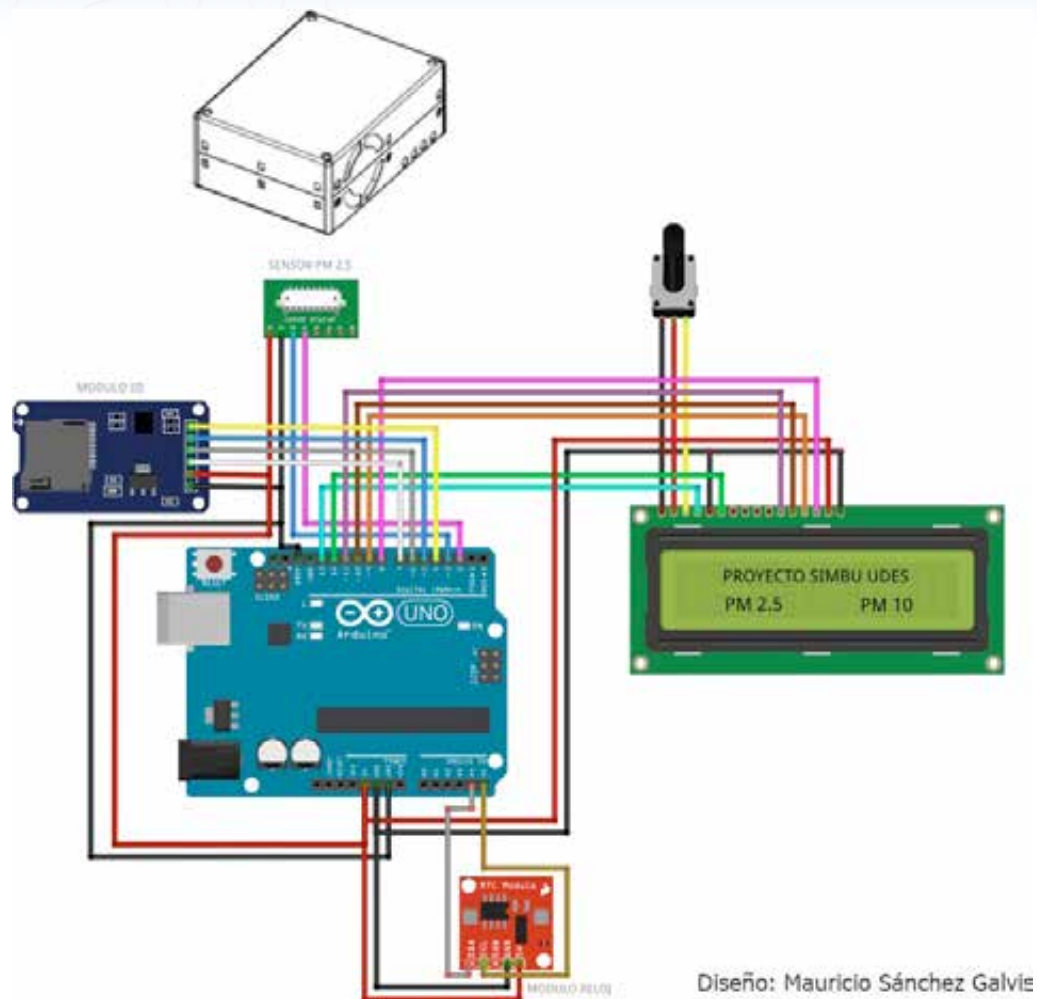


Figura 8. Diseño esquemático del circuito electrónico del dispositivo de medición de PM2.5

Que el circuito electrónico propuesto esté compuesto por diversos componentes, los cuales se mencionan a continuación:

Arduino: Microcontrolador que será programado de acuerdo a las necesidades del proyecto, incluyendo las librerías de los sensores, módulos de almacenamiento, visualización y transmisión.

Sensores: se plantea usar el sensor de calidad de aire Pms 5003, aunque también plantea usar sensores complementarios como el de humedad relativa y temperatura

Datalogger: Se incorpora al diseño un sistema de almacenamiento local que permita almacenar las variables aun si no se lograra hacer una transmisión remota.

Reloj: Se usa un módulo RTC, que se encarga de llevar registro de fecha y hora en la que se leyeron los datos de medición

Módulos de transmisión: también en el diseño está contemplado utilizar módulos de conexión inalámbrica como WIFI o bluetooth.

Visualización: Alternativamente el modulo llevará un display o pantalla para lectura in situ de las variables.

Energía: para garantizar largos periodos de medición, se empleará un sistema de generación de energía solar con su respectivo almacenamiento con batería y control de carga.

Carcasa: Para garantizar la replicabilidad del dispositivo se realizó un diseño 3D que permite ser elaborado mediante fabricación digital por medio de impresoras 3D.

3.2. Modelo 3D

Este diseño busca integrar todos los elementos de la electrónica de una manera compacta, resistente, funcional y estética (Ver figura 9).



Figura 9. Modelo 3D de caja del dispositivo electrónico de medición de PM2.5

En el mismo montaje se contempla la incorporación del sistema de autogeneración de energía, mediante la instalación de un panel solar, batería y control de carga (ver figura 10).

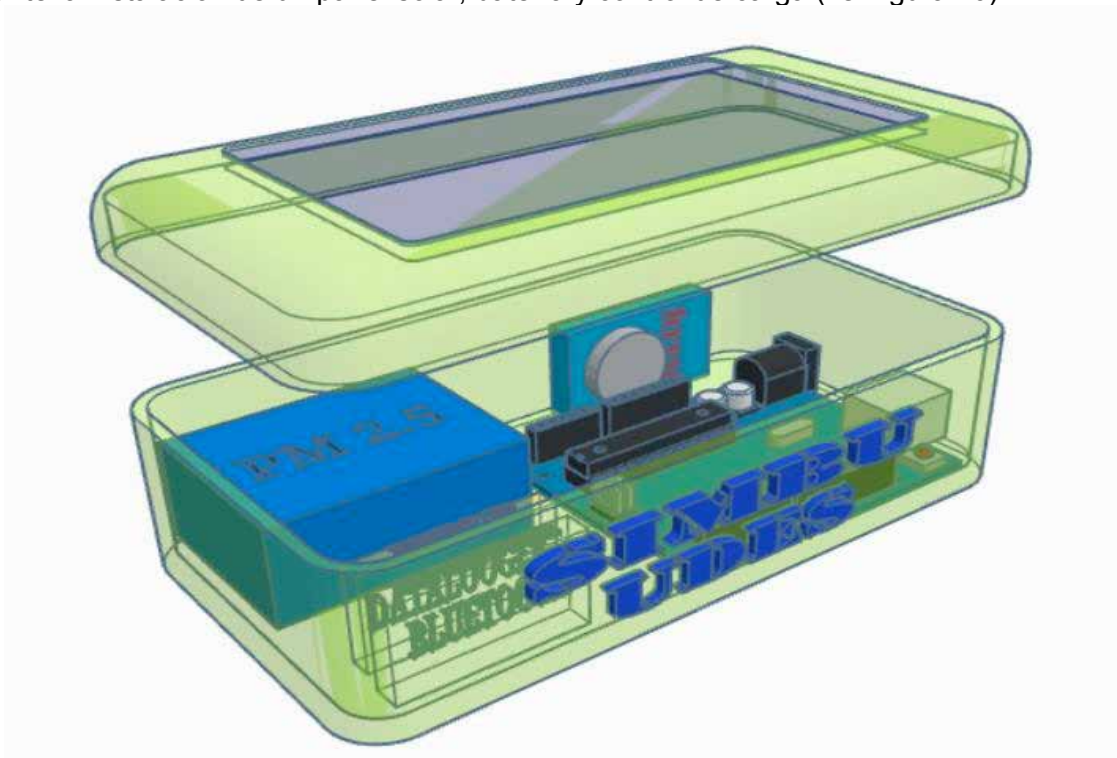


Figura 10. Ensamble de piezas dentro de la carcasa de caja del dispositivo

En la actualidad se ha desarrollado lo correspondiente a la etapa de diseño y simulación, además del modelado 3D y la verificación técnica de cada uno de los elementos incluidos, que se proponen para este diseño, la programación requerida también es un punto en el que se ha avanzado realizando las respectivas simulaciones en el software Arduino IDE 1.8.5.

4. CONCLUSIONES

Se ha avanzado en lo que concierne al diseño y desarrollo del dispositivo electrónico de bajo costo, desde su esquema, diseño 3D de carcasa y partes, y se ha iniciado en las pruebas de rangos del sensor de medición de PM2.5 y de mediciones meteorológicas.

También se ha realizado avances en el desarrollo del apps SIMBU, se ha configurado sus partes, opciones, pantalla principal y las opciones de sus ventanas.

En general se ha progresado en establecer los puntos de medición que serán los mismos establecidos por la autoridad ambiental competente del área metropolitana de Bucaramanga, que apoyará con los registros actuales de PM2.5 en equipos convencionales. [18, 19, 20]

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guido de Wilt. *Air Quality and the EU perspective until 2027*. European Commission DG Env C.3 Clean Air. Bologna. Italy. 2019.
2. Guido de Wilt.. *Clean air for Europe- improving air quality rationale, key elements and state of play of the air package*. DG Environment, Unit C3 Air European Commission. 2015
3. Cayetano Espejo Marín. *Las energías renovables en la producción de electricidad en España*. Edita: Caja Rural Regional <http://www.ruralregional.com>.2006.
4. Denise Mulholland *U.S. Environmental Protection Agency state and local energy and Environment Program*. (2018). Part One | the multiple benefits of energy efficiency and renewable energy. 2018.
5. Donald J. Wuebbles & Swarnali Sanyal. *Air Quality in a Cleaner Energy World*. Curr. Pollution Rep. 1:117–129 doi 10.1007/s40726-015-0009-x. 2015.
6. Emanuele Massetti Marilyn a. Brown Melissa Lapsa Isha Sharma James Bradbury Colin Cunliff Yufei Li. “Environmental Quality and the U.S. Power Sector: air quality, water quality”, land use and environmental justice. January 4, 2017.
7. Fabio Monforti-Ferrario and Others (2018). . *The Impact on air quality of energy saving measures in the major cities signatories of the covenant of mayor’s initiative*. Environment International. Volume 118, Pages 222-234. September 2018.
8. Lingyun He, Zhangqi Zhong, Fang Yin and Deqing Wang. . “Impact of energy consumption on air quality in Jiangsu Province of China”. Sustainability; DOI: 10.3390/su10010094 www.mdpi.com/journal/sustainability. 2018.
9. Arroyave-Maya María de Pilar y otros. “Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá. Colombia” *Forestal*, 22(1), 5-16. doi: <http://dx.doi.org/10.14483/2256201x.13695>. 2018.
10. Peralta Miranda Hugo Antonio. “Contribución a las estrategias de descontaminación atmosférica, considerando el aporte de compuestos orgánicos volátiles biogénicos emitidos por especies arbóreas nativas en la Región Metropolitana”. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 2009.
11. Pimiento Barrios Eulogio y otros. *Servicios ambientales de la vegetación en ecosistemas urbanos en el contexto del cambio climático*. Universidad de Guadalajara México. 2012.

12. Coro Fernández-Feal, Luisa Fernández-Feal, Paola Escudero y José R. Pérez-Prado. “Evolución del contenido de azufre en la gasolina comercializada en Galicia (España) como consecuencia de la aplicación del real decreto 1700/2003”. *Información Tecnológica* vol. 20(1), 53-65. DOI:10.1612/inf.tecnol.3986it.08. 2009.
13. Henry Oswaldo Benavides Ballesteros, Gloria Esperanza León Aristizabal. *Información Técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Colombia. 2007.*
14. Isam A. h. and Lamis Abu Chacra. “Adsorption process of sulfur removal from diesel oil using sorbent materials”. *Journal of Clean Energy Technologies*, Vol. 1, No. 1, January 2013.
15. Jeong W. and Abel E. Navarro. “On the removal and desorption of sulfur compounds from model fuels with modiPed clays”. *Clean Technol.* 2018, 1, 58–69; DOI: 10.3390/cleantechnol1010005 www.mdpi.com/journal/cleantechnol. 2018.
16. María Ariela Peralta. “Eliminación de contaminantes de gases de escape de motores diésel: Estabilidad de catalizadores”. Tesis para obtener el grado académico de doctora en Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Argentina 2012.
17. Juan R. González Velasco y otros. “Catálisis, automóvil y medio ambiente”. *Anales de la Sociedad Española de Química.* 2002.
18. Leidy Leandra Franco Restrepo. “Prefactibilidad técnica y ambiental de tres tecnologías representativas de generación de energía eléctrica en América Latina”. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Administración Ambiental. Bogotá D.C. 2015.
19. Rafael Escobar y otros. *El uso de la energía en los procesos productivos en el área rural. Proyecto Energía, Desarrollo y Vida - endev/giz.* Lima Perú. 2013.
20. Revah S., Pérez F. y Auria R. “Generalidades sobre procesos de purificación biológica de gases de compuestos orgánicos industriales” 1: 17-22 o Instituto de Ingeniería, UNAM México, D.F. 2006

Sistemas Inteligentes de detección de fugas en tuberías por métodos acústicos

Adriana Camino Zapata, Ph.D. P.Eng.

Grupo de investigación SUWSS de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong
Líder de Proyecto: Mohamed S. Ghidaoui (Chair Professor)

Existen aproximadamente tres billones de personas en el mundo que dependen de los sistemas de distribución de agua potable. Estos sistemas de agua potable en la actualidad se encuentran en una condición de permanente deterioro creando deficiencias e ineficiencias globales en su distribución. Las pérdidas por agua pueden crear fallas que paralizan la economía en muchas áreas y provocan inundaciones. El proyecto de Sistemas Inteligentes de distribución de Agua Potable (SUWSS) por sus siglas en inglés Smart Urban Water Supply Systems investiga y desarrolla la tecnología que permita el censado de redes de distribución a través de la generación activa de ondas que viajan a alta velocidad (del orden de varios km por segundo) a través del fluido en las tuberías y cuyos ecos son capturados electrónicamente. Los datos resultantes son procesados con sistemas avanzados transitorios basados en métodos inversos y algoritmos de optimización que caracterizan singularidades tales como fugas, bloqueos y adelgazamientos en las tuberías. Las teorías están siendo calibradas en sistemas de tuberías en laboratorio en HK e Italia y en campo en varias redes existentes en la ciudad de Hong Kong.

En la actualidad, se puede considerar que las tecnologías de diagnóstico de defectos en tuberías son de dos clases, una que comprende métodos intrusivos en donde la excavación para descubrir la tubería es necesaria, ya sea a través de una sección de inspección o creando un punto de inserción para introducir sistemas como una cámara CCTV, una bola inteligente (*Smart ball*) o un sistema Sahara. Estos métodos son costosos, disruptivos, demorados y requieren alta cantidad de mano de obra. La segunda clase de tecnologías de diagnóstico permite la operación normal del sistema de agua e incluye la inspección visual, detección de humedad, radar de penetración a tierra, o correlacionadores acústicos. Esta segunda clase es menos intrusiva; sin embargo, los métodos tienen corto alcance, son sensibles al ruido, costosos y poco confiables. Aun con la tecnología comercial más actualizada, las fugas en HK se redujeron ~ del 25% al 15%, después de una inversión de 20 billones de dólares HKD (~ 2 billones de USD). En general, las tecnologías existentes solo nos brindan limitada información espacial y temporalmente (*snapshots*) del sistema actual.

Los métodos acústicos en cambio usan transductores que miden la presión de la onda de propagación en tuberías. A medida que las ondas viajan, las reflexiones de la onda incidente pueden ser mapeadas con características del sistema (bloqueos y fugas). Existen estudios teóricos que se condujeron anteriormente basados en métodos transitorios por grupos de investigación en Italia, Canadá, México, Nueva Zelanda y China. Sin embargo, por la experiencia previa se observa que existen varios falsos positivos y negativos en las predicciones y existe inhabilidad de asociar las características en señales de la onda con su origen. Al contrario, el proyecto Smart UWSS pretende usar ondas activamente y observar las reflexiones de imperfecciones a varios Km de distancia. El sistema propuesto se basa en la teoría de ondas que está ampliamente usada y caracterizada en varios medios y aplicaciones como, por ejemplo, diagnóstico médico, pruebas en materiales, comunicaciones bajo agua, entre otros. El rango espacial y la resolución son dos propiedades esenciales de la onda, que definen el diseño del sistema de diagnóstico. El rango espacial de las ondas de baja frecuencia (LFW) es alto (del orden de decenas de kilómetros), pero con relativamente baja resolución espacial; mientras que las ondas de alta frecuencia (HFW) tienen atributos opuestos. El estudio de investigación de SUWSS hace uso de ambas técnicas, alta y baja frecuencia para caracterizar las fugas en amplio rango de diagnóstico para después localizar con mayor resolución usando las ondas de alta frecuencia.

Transformación biológica: Hacia la bioeconomía

Marnix Doorn (M.Sc.) – Fraunhofer Chile Research
marnix.doorn@gmail.com

La creciente escasez de recursos naturales, junto con los impactos ambientales nocivos de las emisiones y los materiales desechados en los vertederos y cuerpos de agua son los desafíos actuales más urgentes que se enfrentan a nivel mundial. Esto ha justificado la necesidad de adoptar principios de la economía actual. La naturaleza es una fuente constante de inspiración. Muchos de los ingredientes farmacéuticos tienen su origen en sustancias naturales. Los avances en biotecnología hacen que las bacterias, los hongos y las plantas desempeñen un papel clave en la industria química. Los drones se pilotan según principios derivados del funcionamiento del cerebro de las abejas. De hecho, dondequiera que nos dirijamos, el uso de los principios y materiales de la naturaleza. De la multitud de ejemplos individuales, está surgiendo una tendencia reconocible: una creciente convergencia de la naturaleza y la tecnología, con el objetivo de establecer una economía sostenible. Se explorará durante el seminario conceptos, ejemplos y políticas públicas a nivel internacional relacionados a la transformación hacia una bioeconomía.



EXPOSICIONES ORALES

EJE TEMÁTICO

Ciencias Básicas

(Biología, Física, Matemática y Química)

Cálculo de H/V de dos sismos fuertes y de mediciones de ruido sísmico ambiental en Bella Unión, Arequipa

H / V calculation of two strong earthquakes and environmental seismic noise measurements in Bella Unión- Arequipa

Kellwi Steven Tejada Perfecto¹

Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú, ktejada@unsa.edu.pe

Julio César Cuenca Sánchez²

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, jccsa@pumas.ii.unam.mx

Resumen

Debido a los daños ocasionados en la ciudad de Bella Unión, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa por sismos fuertes recientes de subducción, como en el 2013 (M7.1) y el más reciente en el 2018 (M7.1) es que se realizaron estudios de microzonificación sísmica. Debido a ello, en la actualidad ante el crecimiento urbano es necesario completar las áreas que aún no han sido evaluadas mediante ensayos geofísicos como parte de los estudios de microzonificación sísmica. En el sismo del 28-septiembre-2013 tuvieron Amax en Yauca de 580 cm/seg², en Ica 37.65 cm/seg², en Mayorazgo Lima 4 cm/seg². En el sismo del 14-enero-2018 un Amax en Ica 37.65 cm/seg² y en Ocucaje 78.05 cm/seg². Analizamos en cociente espectral H/V para ambos sismos registrados en Ica un H/V de 0.33 Hz y amplificaciones de 3.9 veces y en Ocucaje H/V de 2.2 Hz y amplificaciones de 12.4 veces. Como un avance de la microzonificación sísmica ampliada de Bella Unión, se realiza mediciones de ruido sísmico ambiental y analizamos la variación de la frecuencia de par de sitios similares de los sitios 155, 157 y 156, 158, para determinar la frecuencia predominante y su amplificación máxima asociada.

Palabras clave: Cociente espectral, sismos fuertes, ruido sísmico ambiental.

Abstract:

Due to the damage caused in the town of Bella Unión close to Acarí, province of Caravelí, Department of Arequipa due to recent strong subduction earthquakes, such as in 2013 (M7.1), seismic microzoning studies were carried out and the most recent in 2018 (M7.1). Due to this, at present, faced with urban growth, it is necessary to complete the geophysical measurements area. In the earthquake of September 28, 2013, they had Amax in Yauca of 580 cm / sec², in Ica 37.65 cm / sec², in Mayorazgo Lima 4 cm / sec². In the earthquake of January 14, 2018 an Amax, in Ica 37.65 cm / sec² and in Ocucaje 78.05 cm / sec². We analyze the H / V spectral quotient for both earthquakes recorded in Ica at an H / V of 0.33 Hz and amplifications of 3.9 times and in Ocucaje H / V of 2.2 Hz and amplifications of 12.4 times. As an advance of the expanded seismic microzoning of Bella Unión, the point measurement of ambient seismic noise is performed and we analyze the variation of the pair frequency of similar sites of the sites 155, 157 and 156, 158, to determine the predominant frequency and its associated maximum amplification.

Keywords: Spectral ratio, strong earthquakes, environmental seismic noise.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Bella Unión se encuentra en la costa del sur del Perú cercano al pueblo de Acarí en el departamento de Arequipa, Perú. Dos sismos fuertes superficiales ocurrieron cerca de Bella Unión: el 25- septiembre-2013 con M=7.1 a 46 km al SSE de Acarí (Tavera et al., 2013) y el 14-enero-2018 con M=7.1 a 38 km al SSW de Acarí (NEIC), Figura 1. Sus epicentros están localizados entre la trinchera y cerca de la línea de costa, como consecuencia de la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana. Ambos sismos tienen mecanismo focal de falla inverso (CMT), cuyos rumbo y buzamiento para el evento del 2013 es de 312° y 23° y para el evento del 2018

es de 314° y 39° . El momento sísmico $5.934e+19$ N-m del sismo 14-enero-2018 es mayor al del 25-septiembre-2013 con $5.025e+19$ N-m.

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP) al evento del 2018 inicialmente se le asignó una $M=6.8$ (IGP) y ocurrió a las 4:18 hora local y su epicentro se localizó a 58 km al sur de Lomas, con una profundidad de 48 kilómetros. El movimiento sísmico fue sentido en varias ciudades del país y dentro de 4 horas siguientes le siguió una réplica de $M=3.8$ con epicentro localizado a 38 km del sur de Lomas (IGP).

El sismo del 2018 ocasionó 2 decesos y unos 65 heridos, además de daños materiales, informó el Centro de operaciones de Emergencia Nacional (COEN). Según el instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci), dependiente del Ministerio de Defensa de Perú, al menos 65 personas resultaron heridas en las regiones Arequipa, Ica y Ayacucho, evitándoseles ayuda a los afectados.

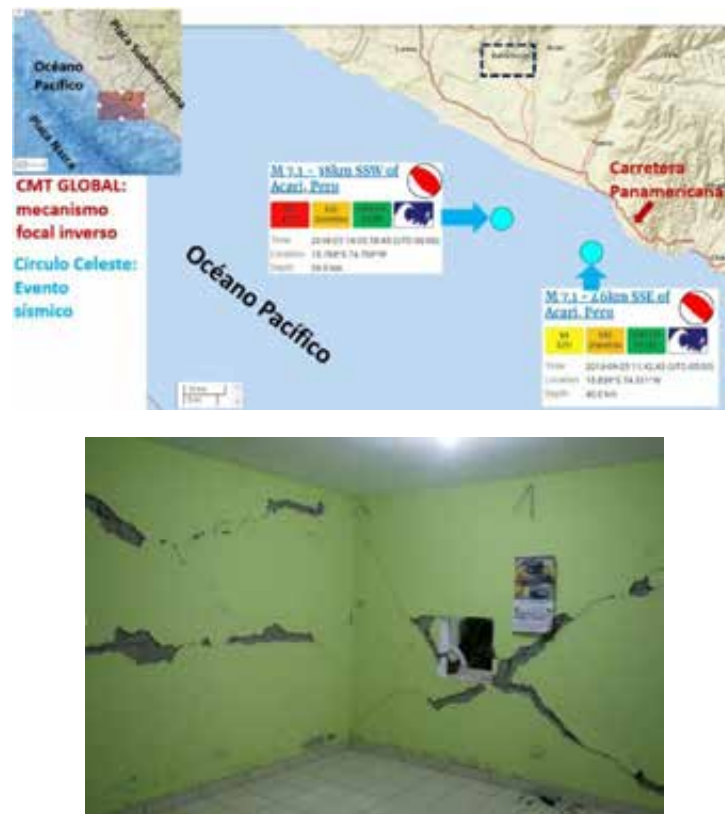


Fig. 1: (Izquierda). Epicentros del 25-septiembre-2013 y 14-enero-2018 (círculos celestes, NEIC), los mecanismos focales inversos, línea roja la carretera Panamericana y las placas según la tectónica de la región. En líneas entrecortadas el pueblo de Bella Unión.

Fig. 2: (Derecha) Casa dañada en Bella Unión por el sismo del 14-enero-2018 $M=7.1$. Ver grietas horizontales y de corte en forma de "X".

El Ministerio de Salud de Perú se reportó que 17 personas están desaparecidas en una mina tras el movimiento sísmico reciente del 2018. Autoridades locales de los distritos de Lomas, Acari, Bella Unión, Yauca, Jaquí, Chala y Cahuacho perdieron la electricidad y además de casas (figura 2) y colegios con daños, se reporten varias casas de adobe derrumbadas o inhabitables en la región.

El objetivo de este trabajo es analizar la sismicidad más fuerte y reciente en el pueblo de Bella Unión. Tavera et al. (2015) presentó un estudio de microzonificación sísmica de Bella Unión que permite conocer el Comportamiento Dinámico del Suelo. Ante el crecimiento poblacional en el año 2021 se realiza más mediciones puntuales de ruido sísmico ambiental para determinar la frecuencia predominante y su amplificación máxima asociada. Se completará un mapa de microzonificación sísmica que servirá para fines regulatorios de construcción en los suelos de Bella Unión.

2. METODOLOGÍA

2.1. Utilizamos el programa libre de GEOPSY para analizar espectralmente las señales sísmicas de eventos o de ruido sísmico ambiental. Es utilizada la transformada de Fourier (FFT) para estudiar el contenido en frecuencia y la mayor propagación de energía del movimiento sísmico. Se determina el efecto de sitio (Aki, 1993), mediante el cálculo del cociente espectral H/V (Nakamura, 1989) para obtener la frecuencia predominante y su amplificación asociada.

Realizamos un análisis espectral elegimos iguales ventanas cada una de 81 segundos de duración. El instrumental y sistema de adquisición para mediciones de ruido sísmico ambiental es un SARA SR04HS (Geobox), que graba en formato SESAME ASCII (extensión SAF) v. 1 y graba a 100 muestras/segundo.

Sismo del 25-septiembre-2013 Mw7.1

En la figura 3 se muestra las aceleraciones máximas en Yauca son de 580 cm/seg^2 en la componente norte y 340 cm/seg^2 en la componente vertical (Tavera et al., 2013). También insertada la localización del epicentro y curvas de igual intensidad (IGP), así como un Amax de 12 cm/seg^2 en la ciudad de Ica. No se dispone de datos digitales para realizar algún procesamiento digital.

Sismo del 14-enero-2018 Mw7.1

Un registro en la figura 4 en la ciudad de Ica del acelerograma en la estación denominada SCICA del sismo del 14-enero-2018, cuyas aceleraciones máximas (Amax) son en sus componentes: Vertical (Z)=25.35, Norte-Sur= 37.65, Este-Oeste= 37.21 en unidades Gal ($\text{cm}/\text{s}^2 = \text{cm}/\text{seg}^2$). Se calcula el H/V del sismo del 14-enero-2018 para determinar su frecuencia predominante y amplificación (ver figura 5). Encontramos 3 picos H/V= 0.18 Hz (periodo T de 5.5 s.), 0.33 Hz (periodo T de 3.0 s.) y 1.4 Hz, (periodo T de 0.7 s.). Este resultado refleja que el suelo reacciona a 3 capas diferentes, los periodos de 5.5 s y 3.9 s a un suelo blando y el periodo de 0.7 s a un suelo firme.

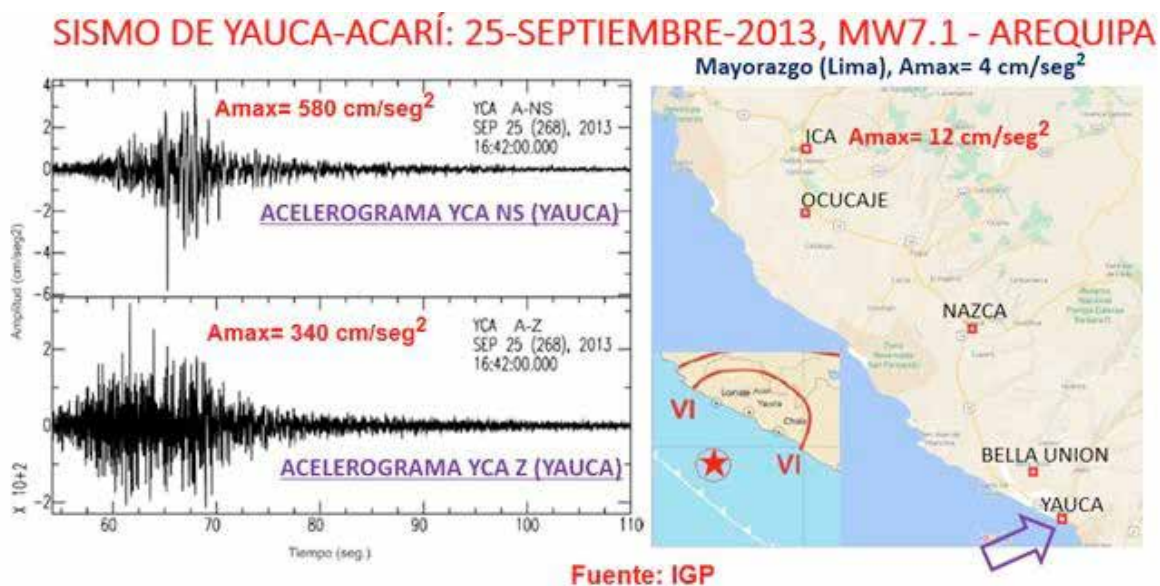


Fig. 3: Acelerograma en la estación YAUCA (YCA) al sur del pueblo de Bella Unión del sismo del 25- septiembre-2013. Aceleraciones máximas (Amax): en sus componentes: Vertical (Z)= 340, Norte-Sur= 580, Este-Oeste= sin data, en cm/seg^2 . En Ica tuvo 12 cm/seg^2 . Insertado el epicentro y líneas de intensidades (según IGP).

ACELEROGRAMA SCICA-ICA 14-ENERO-2018

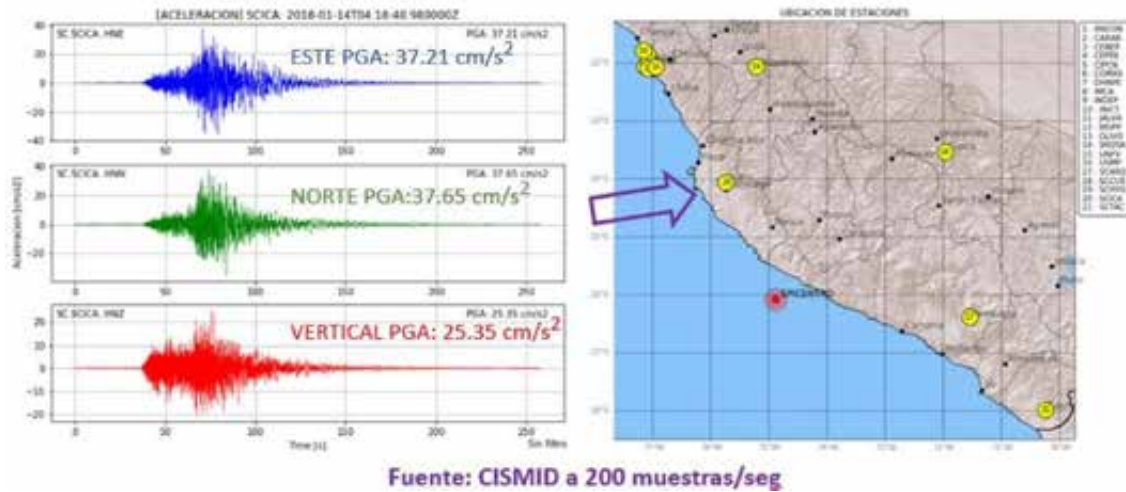


Fig. 4: Acelerograma en la estación SCICA del sismo del 14-enero-2018, cuyas aceleraciones máximas (A_{max}): en sus componentes: Vertical (Z)=25.35, Norte-Sur= 37.65, Este-Oeste= 37.21 en unidades Gal ($cm/s/s = cm/seg^2$).

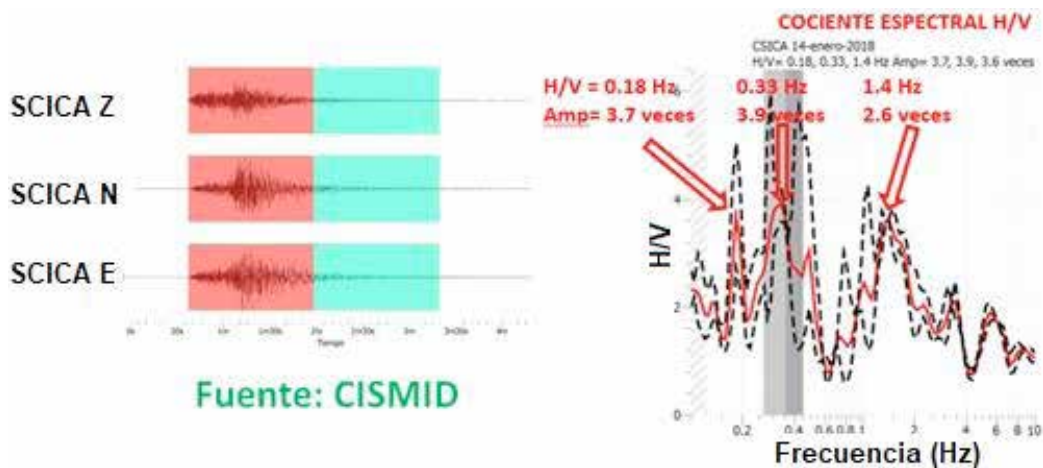


Fig. 5: (Izquierda) Acelerograma en Ica y 2 ventanas de 81 segundos de duración. (Derecha) Cociente Espectral con 3 picos predominantes.

ACELEROGRAMA OCUCAJE-ICA 14-ENERO-2018



Fig. 6: Acelerograma de la estación Ocucaje del sismo del 14-enero-2018, cuyas aceleraciones máximas (A_{max}): en sus componentes: Vertical (Z)= 33.2409, Norte-Sur= 76.8916, Este-Oeste= 78.0508 en unidades Gal ($cm/s/s = cm/seg^2$).

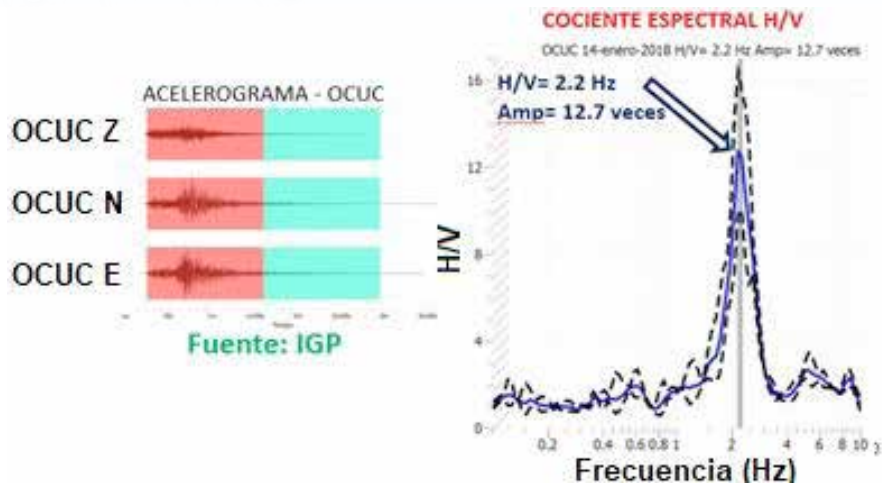


Fig. 7: (Izquierda) Acelerograma OCUCAJE y 2 ventanas de 81 segundos de duración. (Derecha) Cociente Espectral con 1 pico predominante de $H/V= 2.2$ Hz.

El Acelerograma de la ciudad de Ocucaje para el sismo del 14-enero-2018 se presenta en la figura 6, así como el mapa de localización de la estación. Los valores en números redondos de A_{max} son de 78 cm/seg^2 para la componente Norte, 76 cm/seg^2 para la Norte y 33 cm/seg^2 para la vertical. En la figura 7 calculamos el H/V, encontrando una frecuencia predominante de 2.2 Hz (periodo de 0.45 s), la cual correspondería a un suelo entre rígido y transitorio a blando, ya que amplifica hasta 12.7 veces.

2.2. Mediciones de ruido sísmico ambiental en la ciudad de Bella Unión

Este 2021 se realizaron mediciones para completar sitios realizados por Tavera et al. (2015). Se midió en áreas de expansión y donde hubo crecimiento urbano. El resultante mapa de microzonificación sísmica servirá para fines regulatorios de construcción tanto geotécnico como sísmico. La figura 8 muestra 4 sitios con sus cocientes espectrales usando ruido sísmico ambiental a manera de curvas familia BU-155, BU-157 y BU-156, BU-158.

En lado izquierdo de la figura 8 están ubicados el par de sitios BU-158 y BU-156 correspondiente según el perfil en línea roja a una altura de 221 metros, 11 metros más alto que los otros 2 puntos. La frecuencia predominante de ambos está entre 8 y 11 Hz, es decir periodos de 0.12 y 0.09 s. Es decir que estos periodos corresponden a suelo firme teniendo una amplificación menor de 3 veces. Entre 0.1 Hz y 8 Hz se muestra el H/V con una tendencia plana, correspondiente a un suelo firme, como debe de ser en la parte alta hacia el norte del pueblo de Bella Unión.

Los puntos BU-157 y BU-155 están en la parte baja del perfil mostrado en la parte inferior de la figura 8, están a una altura de 210 metros, localizados junto a la carretera (lado sur del pueblo Bella Unión en dirección hacia la costa). La frecuencia predominante está alrededor de 1.8 Hz para ambos sitios. El periodo estaría en 0.55 s, correspondiendo a un suelo firme y una amplificación entre 2 y 3 veces.

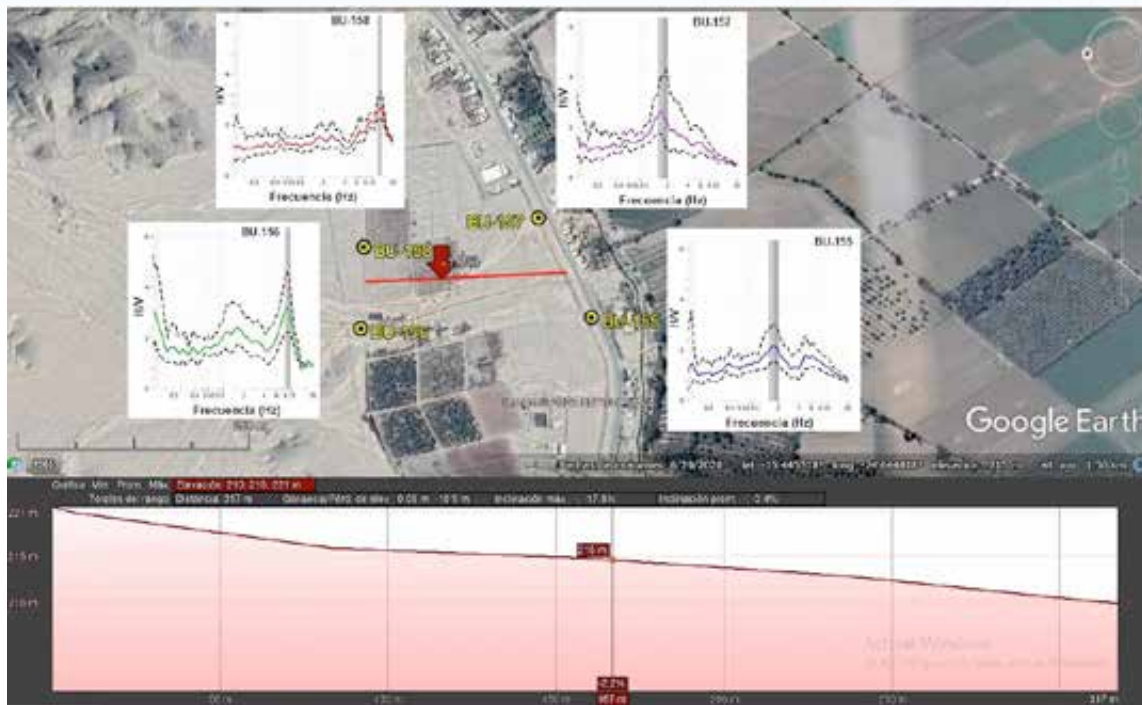


Fig. 8: Sector este del pueblo Bella Unión (el norte señala a la izquierda). Ver la variación en frecuencia de 4 sitios. El par BU-156 y BU-158 en la parte más alta (altura 221 m) y el par BU-155 y BU-157 en la parte baja del perfil (altura 210 m) sobre la carretera. Línea roja es el perfil. La flecha roja señala la mitad del perfil total de 317 m de largo.

3. CONCLUSIONES

El sismo del 28-septiembre-2013 tuvieron Amax en Yauca de 580 cm/seg^2 , en Ica 37.65 cm/seg^2 y en Mayorazgo, Lima, 4 cm/seg^2 . El sismo del 14-enero-2018, en Ica 37.65 cm/seg^2 y en Ocucaje 78.05 cm/seg^2 . La estación de aceleración en ICA tuvo 3 picos H/V= 0.18 Hz (periodo de 5.5 s.), 0.33 Hz (periodo de 3.0 s.) y 1.4 Hz, (periodo de 0.7 s.) con amplificaciones de 3.7, 3.9 y 2.6 veces respectivamente. En Ica le corresponde geotécnicamente un suelo de transición y suelo blando. En la estación de Ocucaje un pico de H/V en 2.2 Hz (periodo de 4.45 s.) y una amplificación de 12.7 veces, corresponde a un suelo blando.

Las mediciones de ruido sísmico ambiental de 4 sitios muestran que el suelo es más firme hacia el norte donde hay una diferencia de altura de 11 metros. Los valores de amplificación son similares entre 2 a 3 veces. Las frecuencias predominantes son de 1.8 Hz ó periodo de 0.55 segundos para BU-157 y BU-155. Para los sitios BU-158 y BU-156 con frecuencias entre 8 y 11 Hz ó periodos de 0.12 segundos y 0.09 segundos respectivamente. Para ambos pares de sitios según la geotécnica están en suelo firme (valores de periodo menor a 1 segundo). Sin embargo, los sitios BU-157 y BU-155 podrían clasificarse en suelos de transición (para periodo de 0.6 s, entre suelo duro y suelo blando).

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aki K (1993). Local site effects on weak and strong ground. Tectonophysics, Vol. 218, pp. 93-111. GEOPSY, software libre disponible en www.geopsy.org

Nakamura Y (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quarterly Report of Railway Technical Research, 30(1), 25-33.

NEIC, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>

Tavera, Hernando, Efraín Fernández, Patricia Guardia, Juan Carlos Villegas, Mohamed Chlieh, Sheila Yauri, Luz Arredondo, Cristhian Flores, Julio Martínez (2013). Sismo de Yauca-Acarí del 25 de septiembre del 2013 (7.0 Mw) – Arequipa. Aspectos sismológicos. Informe Técnico N° 03-2013. Lima-Perú septiembre, 2013. 23 páginas.

Tavera, Hernando y colaboradores (2015). Zonificación sísmica – Geotécnica ciudad de Bella Unión. (Comportamiento Dinámico del Suelo) Bella Unión - Caraveli – Arequipa. Instituto Geofísico del Perú. 96 páginas.

Reconocimiento

Agradecemos al IGP y al CISMID por el uso de datos digitales de sus estaciones en aceleración localizadas en las ciudades de Ica y Ocucaje.

Análisis preliminar de la tinta del sello de dos manuscritos de 1779 y 1792 mediante espectroscopía de fluorescencia de rayos X

Celina Luízar Obregón^{1*}, Marco A. Zamalloa Jara², Yuri J. Chura Huayllani³, Mariela Álvarez Cabeza⁴, Kelly L. Zúñiga Arque⁵, Janet F. Gonzales Bellido⁶

1. * Laboratorio de Espectroscopía Óptica no Destructiva - LEOnoD – Facultad de Ciencias – UNSAAC. Ciudad Universitaria de Perayoc. Pab. C-358. E-mail: celina.luizar@unsaac.edu.pe - ORCID: 0000-0001-9340-9478
2. Laboratorio de Espectroscopía Óptica no Destructiva - LEOnoD – Facultad de Ciencias – UNSAAC. Ciudad Universitaria de Perayoc. Pab. C-358. E-mail: marco.zamalloa@unsaac.edu.pe - ORCID: 0000-0002-7216-4659
3. Laboratorio de Investigación, Análisis y Preparación de Productos Orgánicos - LAbOr – Facultad de Ciencias – UNSAAC. Ciudad Universitaria de Perayoc. Pab. LQ-203. E-mail: 111131@unsaac.edu.pe - ORCID: 0000-0002-3577-0385
4. Laboratorio de Investigación, Análisis y Preparación de Productos Orgánicos - LAbOr – Facultad de Ciencias – UNSAAC. Ciudad Universitaria de Perayoc. Pab. LQ-203. E-mail: 144156@unsaac.edu.pe - ORCID: 0000-0001-7363-9532
5. Laboratorio de Investigación, Análisis y Preparación de Productos Orgánicos - LAbOr – Facultad de Ciencias – UNSAAC. Ciudad Universitaria de Perayoc. Pab. LQ-203. E-mail: 121410@unsaac.edu.pe - ORCID: 0000-0001-7925-537X
6. Laboratorio de Investigación, Análisis y Preparación de Productos Orgánicos - LAbOr – Facultad de Ciencias – UNSAAC. Ciudad Universitaria de Perayoc. Pab. LQ-203. E-mail: janet.gonzales@unsaac.edu.pe - ORCID 0000-0003-2479-5736

Resumen

La evolución de las tintas de escritura en el Perú es un tema que aún no se ha abordado desde la visión de la química, la física y la historia. Este tema está vinculado con el análisis de materiales con el fin de salvaguardar el patrimonio cultural material que yace en los archivos históricos del Perú. Este trabajo tuvo como objetivo establecer diferencias entre la composición elemental de tintas de sellos y membretes del siglo XVIII en dos manuscritos de valor del Archivo Regional del Cusco: la demanda de Tupac Amaru II (1779) contra Diego Betancour como descendiente de los incas, y una carta de Mateo Pumacahua (1792) dirigida al rey de España. Se usó un equipo de fluorescencia de rayos X y microscopía óptica, *in situ*, en el mismo local del archivo. Los resultados muestran que se trata de tintas mixtas. El primer manuscrito contiene además resinas, y el segundo es rico en Zn, ambos componentes otorgan a las tintas la durabilidad e intensidad de su color negro. Estos hallazgos son indicios del cambio en la formulación de las tintas de impresión en el Perú a lo largo de 13 años.

Abstract

The evolution of writing inks in Peru is a subject that has not yet been approached from the chemistry, physics and history view. This topic is linked to the analysis of materials to safeguard the material cultural heritage that lies in the historical archives of Peru. This work aimed to establish differences between the elemental composition of stamp and letterhead inks from the 18th century in two valuable manuscripts of the Cusco Regional Archive: the lawsuit of Tupac Amaru II (1779) against Diego Betancour as a descendant of the Incas and a letter from Mateo Pumacahua (1792) addressed to the King of Spain. X-ray fluorescence was used with portable equipment and optical microscopy in the same place as the Archive. The results show that it is mixed inks. The first manuscript also contains resins, and the second is rich in Zn. Both components give the inks the durability and intensity of their black colour. These findings are indications of the change in the formulation of printing inks in Peru over 13 years.

Palabras clave:

Espectroscopía de Fluorescencia de Rayos X; XRF, análisis elemental; tinta ferrogálica; Tupac Amaru II; manuscrito antiguo

Keywords:

Ray fluorescence spectroscopy, XRF, elemental analysis, iron gall ink; Tupac Amaru II, ancient manuscript

1. INTRODUCCIÓN

Los sellos de piedra y madera son los ancestros de la imprenta, y el arribo de esta a los diversos países ocurrió en épocas diferentes. En un inicio solía usarse barro o una cera como materia colorante que se impregnaba en los sellos y después sobre el papel. Las primeras impresiones fueron hechas en China, antes del año 200 d.C. usando tintas solubles en agua, mientras que en Europa se inició recién alrededor del siglo XV usando tintas solubles en aceites.

En España por el siglo XVII la impresión era un oficio controlado por el rey, tanto las tintas como el papel no tenían tan buena calidad como los producidos en Italia y Francia. Estas restricciones se aplicaban a los territorios dominados por España, que controlaba el arribo de papel y tinta a América como un medio de dominio. En Perú, la primera imprenta habría llegado alrededor de 1584 y al igual que en el resto de la América hispana (siglo XVIII) es probable que fuera frecuente el uso de prensas de impresión para la elaboración de panfletos con fines religiosos o políticos.

En el siglo XVI, época de introducción de la imprenta en Europa, la formulación de las tintas de escribanos contenía tinta ferrogálica: agallas como fuente de taninos y caparrosa (sulfato de hierro), para aumentar fluidez se añadía goma, y para disminuirla vinagre, vino o agua, para este último caso se complementaba con lejía (Trojan-Bedynski et al., 2020; Wagner & Czajka, 2021). El color se intensificaba por la adición de goma arábiga y/o alumbre (Pellón et al., 2004). Sin embargo, las tintas para las prensas e imprentas eran las negras, tinta china o de carbono, elaboradas con negro de hollín o negro de humo disuelto en un aglutinante (resina o goma). El negro de hollín actualmente contiene partículas de C de tamaños de alrededor de 10 a 500 nm. En el siglo XVIII, en Europa, también existían tintas mixtas, tintas incompletas, y el negro de imprenta. No obstante, en la literatura no hay evidencia de su producción en Perú. Las tintas para impresiones eran dispersiones menos fluidas, que las tintas de los escribanos, por lo que se elaboraban a partir de negro de humo, un aceite hervido como el de la linaza y algunas veces un agente secante. La composición variaba dependiendo del tipo de prensa/imprenta a usar, pues a mayor velocidad de impresión y variando las características del papel, era posible impregnar la tinta, en diferentes características.

La influencia de la Corona en el dominio del papel y la tinta entre los siglos XVI a XVIII era tal, que incluso se suministraba a América con papel sellado, aunque la escasez de estos materiales en la misma España podría haber influenciado a que en América, después de la autorización del uso de la imprenta, se hubiera iniciado la producción de papel, tinta, papel membretado y otros, como lo demuestra su interés en la producción de lino y cáñamo en América, para la elaboración de papel en España.

Por otro lado, la tipografía era única para cada imprenta, hacia 1778 ya existían tipografías históricas: la gótica que era alargada y angular (al estilo de la Biblia de Gutenberg), la humanista que era arredondada (siglo XV), la Real o de Transición (siglos XVII a XVIII) y la de Didot o de Bodoni en el siglo XIX.

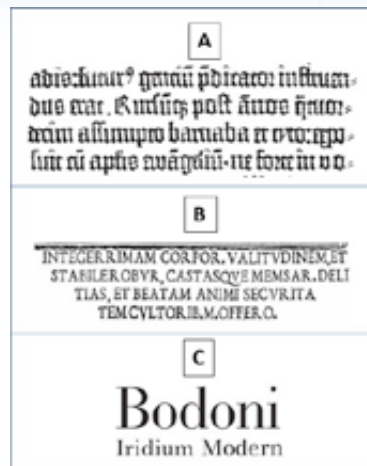


Figura 1. Algunas tipografías históricas (Fritiger, 2007). A) Gótica; B) Humanista arredondada; C) Bodoni (siglo XIX)

En este contexto, el Archivo Regional del Cusco alberga distintos escritos de valor histórico, que pueden darnos información sobre el uso del papel y las tintas en los siglos XVI a XIX, estableciendo pruebas fisicoquímicas de como España habría influenciado en el desarrollo de la industria del papel y las tintas en el Perú y América del Sur. Así, en este estudio, se seleccionaron dos manuscritos con papeles membretados con el objetivo de evaluar la composición de la tinta de los sellos y membretes. El primer documento, de 1779 es una demanda de Tupac Amaru II, y el segundo un carta de Mateo Pumacahua dirigida al rey de España (1792), ambos fueron escritos y firmados en la ciudad del Cusco, Perú.

Considerando que los dos manuscritos se diferencian en 13 años, cabe preguntarse ¿cómo habría variado la composición de las tintas usadas por los notarios en papeles membretados de este tipo?, ¿los papeles notariales con estos sellos contenían los mismos materiales, después de 13 años? ¿los notarios cusqueños, al igual que los europeos, fueron modificando sus formulaciones? ¿eran papeles membretados que venían de Europa?

Es importante resaltar que este estudio es el primero en Perú al evaluar la composición de las tintas de sellos y membretes en documentos históricos. Ya que es necesario proteger los documentos históricos de valor, es necesario el uso de técnicas fisicoquímicas de análisis no destructivo o mínimamente invasivo. Este es el caso de la espectroscopía de fluorescencia de rayos X, y de la microscopía óptica. Ambos presentan equipos portátiles que pueden ser llevados fuera del laboratorio. Y además existe en la literatura amplios ejemplos de su aplicación sobre la composición química de tintas (Díaz Hidalgo et al., 2018; Povolotckaia et al., 2020, 2020; Zamorano, 2018).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Manuscritos estudiados

Los manuscritos evaluados pertenecen al acervo del Archivo Regional del Cusco. El primero se refiere a una demanda interpuesta por Tupac Amaru II para el reconocimiento de su ascendencia inca (Tupac Amaru II, 1779). El segundo es una carta escrita por Mateo Pumacahua al rey de España informando sus victorias sobre los rebeldes (Pumacahua, 1792). Para ambos documentos se seleccionaron los sellos que constan en el extremo superior de los papeles, se dio preferencia a aquellos puntos con color más intenso y homogeneidad (fig. 2). Las micrografías se tomaron con un microscopio digital Dino Lite 900x, bajo luz natural, en el mismo Archivo Regional.



Figura 2. Sellos de los dos manuscritos. A) Demanda de Tupac Amaru II (1779): A.1) micrografía de la tinta del sello; A.2) micrografía del papel. D) Carta de Mateo Pumacahua (1792): B.1) micrografía de la tinta del sello; B.2) micrografía del papel

2.2. Análisis elemental por fluorescencia de Rayos X

Se utilizó un espectrofotómetro portátil de fluorescencia de rayos X Delta Premium, con fuente de Rodio, 4 W. Los análisis se realizaron en el mismo local del Archivo Histórico bajo la supervisión del responsable. Primero, se configuró el equipo en modo soil, (que permite identificar algunos elementos ligeros), que incluye tres disparos con diferentes energías, esto se repitió por duplicado en cada punto de análisis seleccionado (tabla 2). Es decir que para un mismo punto se obtuvieron 6 valores expresados como cuentas/s. En total se analizaron 4 puntos en el documento de Tupac Amaru, y 6 puntos en el documento de Pumacahua. Se colocó el documento sobre una placa de poliestireno blanco de espesor de 2.5 cm. En seguida se ubicó el equipo sobre el documento, y a través de una cámara se observó la ubicación correcta sobre el punto de análisis seleccionado. El diámetro del punto focal fue de aproximadamente 3 mm.

Tabla 2. Condiciones experimentales de análisis por XRF

Parámetro	Modo Soil		
	Beam 1	Beam 2	Beam 3
Rango de energía (keV)	0 a 40	0 a 40	0 a 15
Tiempo (s)	30	45	45

El software InovX permitió la adquisición de los espectros y la generación de dos archivos con los datos. El primer archivo contiene el número de cuentas para cada energía o canal. Se graficaron los espectros y se confirmó la presencia de los elementos listados en la tabla 3. En el segundo archivo, el software reporta las concentraciones de los elementos, expresado en ppm. En la tabla 3, se reportan estos valores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de las micrografías

Las imágenes fueron tomadas en el local del archivo, ya que no fuimos autorizados para coleccionar fibras o realizar raspados, las imágenes son de la superficie, bajo luz natural y sin disolución o tinción (fig. 2). Se puede observar que el sello del manuscrito de Tupac Amaru II contiene una resina amarillenta y que la tinta tiene un color marrón oscuro (fig. 2-A.1), además parece que el papel que está debajo del sello ha absorbido la resina (fig. 2-A.2). Este tipo de tinta está relacionada con las tintas europeas del siglo XV a XVII que contenían negro de humo disuelto en una resina.

La micrografía del manuscrito de Pumacahua muestra una tinta de color negro (fig. 2-B.1), sin presencia de resina, de tal manera que el color del papel por debajo del sello, tiene el mismo color del papel en otra área del manuscrito (fig. 2-B.2). Este tipo de tinta parece ser una tinta de negro de humo. Esos hallazgos muestran que desde 1779 hasta 1792, la composición de las tintas de sellos fue cambiando, usándose menos resinas orgánicas, y tal vez adicionando otras sustancias que intensificaban el color, lo que se discutirá más adelante.

3.2. Identificación de los elementos en el espectro XRF

A continuación, se muestran los espectros de fluorescencia de rayos X (fig. 3) de las tintas de sello de ambos documentos. Si bien los dos manuscritos muestran los mismos elementos: Ca, Cl, K, Fe, S, Mn, Pb, Cu, As, V, Zn, y Sr, el número de cuentas es diferente. Aunque la intensidad de la línea $K\alpha$ (2.309 keV) del S (249 cuentas/s en el Beam-3) es menor a lo esperado, la presencia simultánea de la línea $K\alpha$ (6.405 keV) del Fe (807 cuentas/s en el Beam-3) indica que la tinta del sello del documento de Tupac Amaru II puede ser considerada como ferrogálica, pero es muy posible que tenga algún otro componente, que ha permitido que el color negro permanezca hasta la actualidad, y no se haya tornado en un marrón o pardo perceptible al ojo. Así, es más probable que se trate de una tinta mixta constituida por una mezcla de tinta ferrogálica y negro de humo, disueltas en una resina. Los espectros de XRF de la tinta de sello del segundo documento (Mateo Pumacahua), revelan los mismos elementos químicos, conduciéndonos a afirmar que es una tinta ferrogálica. Los sets de espectros de XRF son semejantes, sus diferencias son muy sutiles y solo en algunos elementos.

Análisis complementarios podrían dar más información, sin embargo, solo se podría considerar equipos portátiles de técnicas no destructivas como Raman o FTIR. También, bajo la autorización del curador o responsable del Archivo Histórico, podrían usarse técnicas semi-destructivas mínimamente invasivas, que requieran la colecta de una porción de muestra en ese sector del documento, pero que den información complementaria de la existencia de otras sustancias químicas, tal vez SEM o LIBS.

En base al espectro de XRF, el color negro de la tinta del sello del documento de Mateo Pumacahua podría ser explicado por la presencia del Zn, que era usado para oscurecer las tintas. Sin embargo, el manuscrito de Tupac Amaru (fig. 3B) parece tener más zinc que el manuscrito de 1792 (fig. 3E).

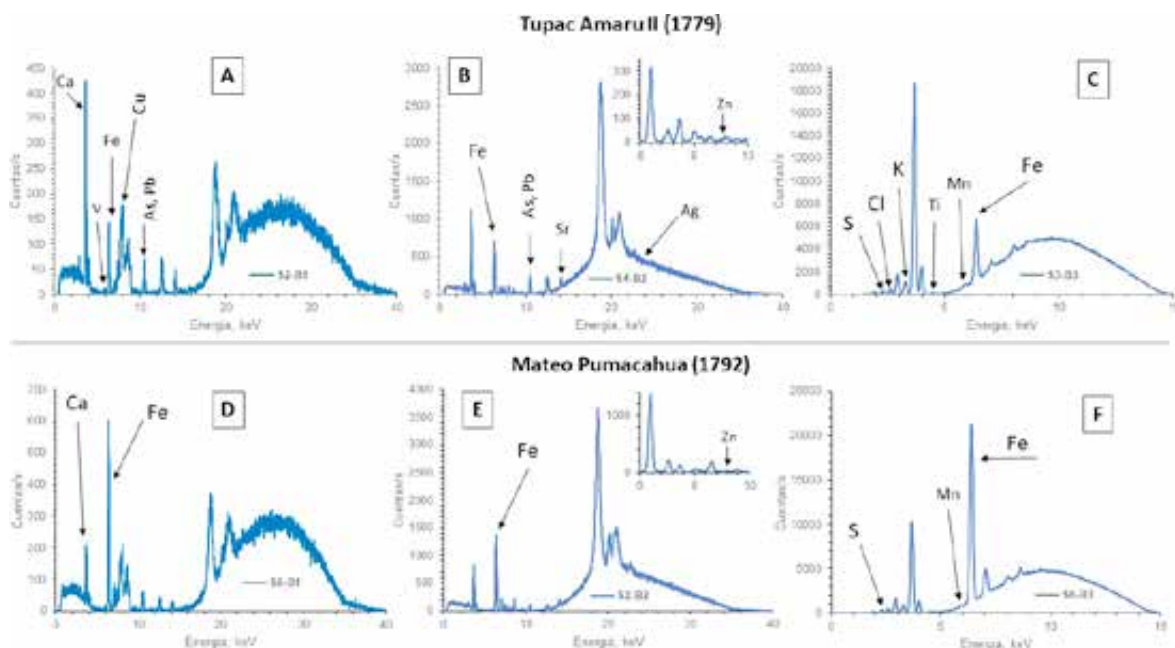


Figura 2. Elementos identificados en el espectro de XRF X de las tintas de sello. Tupac Amaru II: A) Beam-1; B) Beam-2; C) Beam-3. Mateo Pumacahua: D) Beam-1; E) Beam-2; F) Beam-3.

Lo que, si queda claro, es que ambas tintas fueron elaboradas con diferente formulación y también en proporciones diferentes. Considerando que los dos manuscritos se diferencian en 13 años, se ve la necesidad de hacer más análisis a dichos documentos y a otros para verificar mayor variabilidad de la composición. Y un análisis tipográfico para verificar la similitud con la tipografía española de la época.

3.3. Comparación de la concentración (ppm) de los elementos identificados

Después de confirmar la identidad de los elementos presentes, se obtuvo el promedio de sus concentraciones en cada manuscrito (tabla 2). Para el manuscrito de Tupac Amaru, el promedio se calculó a partir de cuatro puntos de análisis, dos en la página 1, y dos en la página 2, las desviaciones estándar (tabla 2) indican cierta homogeneidad en la composición, indicando que tendrían el mismo origen. Lo mismo se aplica al manuscrito de Mateo Pumacahua (seis puntos de análisis). Esto significa que los sellos y membretes de cada uno de los documentos habrían sido elaborados simultáneamente. Pero que ambos documentos pertenecen a periodos históricos diversos. Además, todos los valores de concentración reportados están por encima del LOD de la literatura para el XRF Olympus Delta Premium (OLYMPUS, 2014), indicando que nuestros resultados son consistentes y representativos.

La tinta del sello del primer documento presenta mayor concentración de Fe (1140 ± 341 ppm) y S (8376 ± 2403 ppm) que el documento de Pumacahua con Fe (2692 ± 499 ppm) y S (13332 ± 2799 ppm); sin embargo, esta observación puede estar influenciada por la heterogeneidad en la aplicación de la tinta sobre el papel y el diámetro del punto de impacto del haz del XRF, que además podría cubrir menos tinta.

Para disminuir la influencia de la heterogeneidad producida por la diferencia de cantidad de tinta aplicada sobre el papel, en el momento de impregnar la tinta, se normalizaron las concentraciones respecto al contenido de Fe (Fig. 3). Esto permitió visualizar la influencia del Ca, que probablemente proviene del blanqueamiento del papel, al igual que el Cl y K.

Tabla 2. Concentración (ppm) promedio de los elementos encontrados en las tintas de los sellos de ambos manuscritos

Elemento	Concentración promedio para las tintas de los sellos en ambos manuscritos					
	Tupac Amaru II (ppm) ^a			Mateo Pumacahua (ppm) ^b		
Ca	40634	±	2667	23047	±	3042
S	8376	±	2403	13332	±	2799
Cl	2730	±	933	3148	±	595
K	2365	±	831	1600	±	549
Fe	1140	±	341	2692	±	499
Mn	358	±	34	258	±	14
Pb	144	±	8	53	±	14
Cu	60	±	36	43	±	12
As	32	±	3	20	±	5
V	30	±	1	30	±	3
Zn	24	±	15	110	±	6
Sr	23	±	2	16	±	3

T = Manuscrito de Tupac Amaru II; **M** = Manuscrito de Mateo Pumacahua. El promedio se obtuvo a partir de ^a) 4 puntos de análisis, 12 valores por elemento; ^b) 6 puntos de análisis, 18 valores por elemento.

Sin embargo, el uso del Cl para blanqueamiento se descubrió recién en 1777, lo que significa que el Cl provendría de la tinta, pues la lejía era adicionada también para intensificar el color. También se observa que el Mn y el Pb presentan gran diferencia entre ambas tintas de sello. Y que, en casi todos los elementos, a excepción del Zn, la relación entre la concentración de cualquier elemento y la de Fe, siempre es mayor en el manuscrito de Tupac Amaru II (fig 3C). Esto podría implicar que, en el segundo manuscrito se usó más FeSO_4 , al elaborar la tinta ferrogálica, y mayor cantidad de compuestos con Zn, como el ZnSO_4 , usado para oscurecer más la tinta.

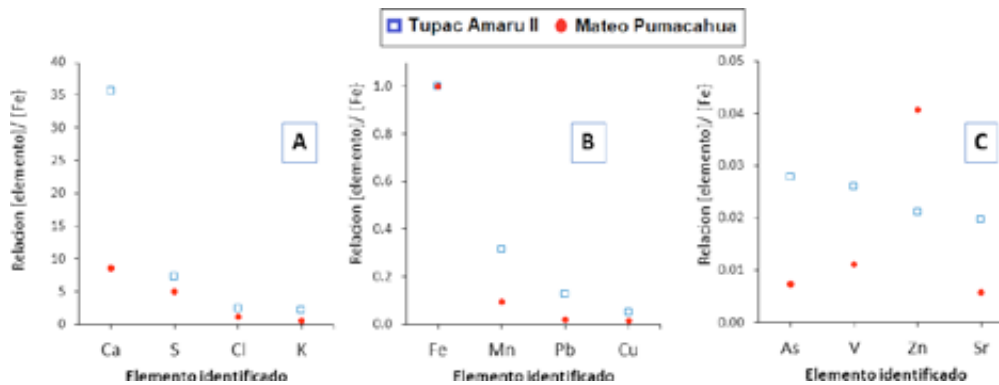


Figura 3. Comparación de la concentración (ppm) de los elementos identificados normalizados respecto al Fe. A) Elementos mayoritarios; B) elementos intermedios; C) elementos minoritarios.

Las dos tintas de sello son mixtas, ambas son ferrogálicas y aun no podemos demostrar la presencia de negro de humo. A pesar de ello, podemos afirmar que las dos tintas de sello no son semejantes, corresponden a diferentes notarias en Cusco y con 13 años de diferencia reflejan el desarrollo de las tintas europeas usadas en las imprentas. Esto sería indicio de quien(es) elaboró(aron) las tintas usaría(n) recetas semejantes, pero que al pasar el tiempo se fue adicionando más zinc en su formulación, produciendo una tinta más oscura, y que se eliminaron las resinas.

4. CONCLUSIONES

A partir de estos resultados preliminares se puede observar la necesidad de realizar más análisis de tintas de sello en diversos documentos. Esta información podría contribuir no solo para realizar dataciones relativas de los manuscritos, sino también como análisis químico forense de estos materiales. Enfocándonos en las tintas evaluadas, este estudio ha revelado que a lo largo de 13 años ya hubo una interesante variación en la formulación de las tintas ferrogálicas, si bien ambos manuscritos fueron firmados en la ciudad del Cusco, se trata de escribanos diferentes, implicando que cada uno tenía una fuente diferente para sus tintas y/o papeles, o que cada uno tal vez, habría podido elaborar sus propias tintas. También podemos proponer la hipótesis de que los papeles usados provenían de España, ya membretados, y ello reflejaba el desarrollo de las tintas de impresión europeas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Díaz Hidalgo, R. J., Córdoba, R., Nabais, P., Silva, V., Melo, M. J., Pina, F., Teixeira, N., & Freitas, V. (2018). New insights into iron-gall inks through the use of historically accurate reconstructions. *Heritage Science*, 6(1), 63. <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0228-8>

Fritiger, A. (2007). *El libro de la tipografía* (Edición Castellana). Gustavo Gili.

Makertan. (2014). *La escritura humanística*. <https://personal.us.es/tallafigo/humanistica%20.htm>

Non-destructive portable X-ray fluorescence analysis of the Portrait of a Young Man with a Golden Chain (c. 1635) by Rembrandt and/or atelier. (2020). *Applied Radiation and Isotopes*, 165, 109346. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109346>

OLYMPUS. (2014). *DELTA PREMIUN DCP 6000 Handheld XRF. Limits of Detection for Geochemical Analyzers*. https://pvp-snk.ru/brosh/products/professional/DELTA_Mining.pdf

Pellón, I., García Castresana, L. Á., & Basterretxea, A. (2004). *De la tinta China al toner. Evolucion de una tecnica ancestral: La fabricación del «negro de humo»*. *Octubre-Diciembre*, 45-54.

Povolotckaia, A., Korogodina, M., Pankin, D., Podkovyrova, V., Kurganov, N., Tileva, E., Tseveleva, I., Mikhailova, A., Petrov, Y., Povolotskiy, A., Borisov, E., & Kurochkin, A. (2020). Investigation of the encapsulated XIIIth century French Legendarium F-403 from the Library of Russian Academy of Science. *Journal of Cultural Heritage*, 46, 298-303. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.06.011>

Pumacahua, M. (1792). *Documentos justificativos a los últimos servicios del coronel don Mateo Pumacahua*. *Archivo Regional del Cusco. Archivo Histórico. Fondo Documentario. Real Audiencia del Cusco. Causas Ordinarias. Leg. N.11 (1792) 96, Exp N.07. Folios .24*.

Trojan-Bedynski, M., Kalbfleisch, F., Tse, S., & Sirois, P. (2020). *The Use of Simmering Water in the Treatment of a Nineteenth Century Sketchbook of Iron Gall Ink Drawings by James G. Mackay*.

Tupac Amaru II, J. G. (1779). *Demanda de José Gabriel Tupac Amaru II*. *Archivo Regional del Cusco. Archivo Histórico. Palacios Joseph De. Prot 232, 1779. Registro No.10*.

Wagner, B., & Czajka, A. (2021). Non-invasive approximation of elemental composition of historic inks by LA-ICP-MS measurements of bathophenanthroline indicators. *Talanta*, 222, 121520. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121520>

Zamorano, G. M. C. (2018). The presence of iron in inks used in Valencian manuscripts from the 13th to 17th century. *Microchemical Journal*, 143, 484-492. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.07.043>

Agradecimientos

Los autores agradecen al Archivo Regional del Cusco por las facilidades al realizar este estudio y al Programa Yachayninchis Wiñarimpaq del Vicerrectorado de Investigación de la UNSAAC por el financiamiento con recursos canon.

Análisis multielemental y estudio del proceso de oxidación en columnas de lixiviación de residuos mineros

Multi-elemental analysis and study of the oxidation process in mining waste leaching columns

¹Dino L. Quispe Guzmán, ²Laureano Puma Huarayo, ³Anali Chávez Cruz, ⁴Saida Sánchez Espirilla, ⁵Norma Tisoc Latorre, Daniel Coavoy Ferro Escuela Profesional de Química, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Cusco, Perú dino.quispe@unsaac.edu.pe, 0000-0003-2295-1141

111136@unsaac.edu.pe, 0000-0002-0959-1922

131561@unsaac.edu.pe, 0000-0002-7153-0653

140139@unsaac.edu.pe, 0000-0003-4179-9085

norma.tisoc@unsaac.edu.pe, 0000-0001-8400-0961

daniel.coavoy@unsaac.edu.pe 0000-0000-0000-0000

RESUMEN

En la última década, la actividad minera en el sur del Perú ha tenido un crecimiento exponencial, específicamente en provincias cusqueñas. Sin embargo, en estas provincias, el incremento ha sido de emprendimientos mineros informales, lo que para la población aledaña supone un riesgo. El presente estudio tiene como objetivo realizar experimentos de cinética de oxidación y el análisis elemental en muestras de residuos mineros procedentes de la actividad minera informal de dos provincias de la Región Cusco, para determinar su composición elemental y poder identificar elementos potencialmente tóxicos y/o elementos de importancia económica. En este estudio, se han montado columnas de lixiviación en las que se simula temporadas secas y húmedas, y de las cuales se han monitoreado los parámetros de pH, conductividad eléctrica y potencial redox (ORP). Para el análisis elemental se han utilizado dos técnicas analíticas, elementos mayoritarios se han analizado por espectroscópica de emisión atómica con plasma generada por microondas (MP-AES), este análisis se realizó en la Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa, mientras que los elementos traza, se han analizado mediante espectrometría de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). De ambas técnicas de análisis se puede observar concentraciones importantes de hierro, plomo, zinc, cadmio, mercurio, arsénico, cobalto, níquel y paladio, de los cuales algunos son considerados potencialmente tóxicos. Los bajos niveles de pH, indican que estos elementos contaminantes entran en solución, con mayor facilidad, en periodos secos, lo cual se ha comprobado con los datos de conductividad eléctrica. Otro aspecto importante de este trabajo es el alto contenido de paladio, debido a la concentración en la que se encuentra y por el alto valor económico que posee.

PALABRAS CLAVE: residuos mineros, MP-AES, ICP-MS, Cusco, oxidación, tóxico.

ABSTRACT

In the last decade, there has been a notable growth in mining activity in southern Peru, among which several provinces of Cusco stand out. However, in these provinces there has been an increase in informal mining enterprises, which represents a risk for the surrounding population. The objective of this study to conduct kinetics of mining waste oxidation experiments and the multi-elemental analysis in mining waste samples from informal mining activity in two provinces of Cusco Region, to determine their elemental composition and to be able to identify potentially toxic elements and elements of economic importance. In this study, we have designed a leaching equipment to simulate climatic seasons (rainy and dry season), during the experimentation pH, ORP and conductivity have been controlled. Microwave plasma atomic emission spectroscopy (MP-AES) and Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) has been used to elemental analysis. As result of bough analytical techniques, shows significant concentrations of iron, lead, zinc, cadmium,

mercury, arsenic, cobalt, nickel, and palladium, of which some are considered potentially toxic therefore; these wastes are considered a threat to the environment. Low pH levels indicate that these pollutants are in solution more easily in dry periods, which has been verified with electrical conductivity data. The highlight of this work is the high content of palladium due to the concentration in which it was found and the high economic value, it has.

KEYWORDS: mining waste, MP-AES, ICP-MS, Cusco, oxidation, toxicant.

1. INTRODUCCIÓN

La minería en el Perú, es una actividad que está en constante crecimiento, debido a la fuente de riqueza que representa. Por lo que, Perú es uno de los países con más reservas y mayor producción minera metálica en Latinoamérica (Larrain Vial SAB, 2012). Según informe del Ministerio de Energía y Minas al 2019, se ha recuperado principalmente: cobre, oro, zinc, plata, molibdeno y estaño. Los yacimientos de estos metales se encuentran especialmente localizados en la zona sur del país, entre las que destacan varias provincias cusqueñas. Motivo que ha llevado al incremento de la actividad minera informal, causando problemas de tipo social y ambiental (Mendoza, Passuni, & De Echave, 2014).

La minería informal explota los depósitos minerales para extraer minerales que contienen elementos económicos primarios (normalmente oro), sin embargo, estos aún pueden contener otros elementos de importancia química y/o económica, que son normalmente desechados en los residuos mineros (Seal II, Foley, & Wanty, 2000). La actividad minera implica la remoción de grandes volúmenes de material que, debido a su naturaleza, contienen el o los minerales de importancia asociados a otros sulfuros de elementos contaminantes (Pb, Fe, As, Cd). Al término de la concentración de los minerales con el elemento de valor económico, el resto de sulfuros metálicos pasan a formar parte de los residuos. Según lo expuesto por Escobar, la actividad minera de tipo informal no cumple con las exigencias de carácter medioambiental y social, como las que se disponen en la Ley N° 27314, ley general de residuos mineros (Escobar, 2013) por lo que, quedan expuestos los residuos ricos en pirita (mineral abundante en los ambientes geológicos asociados a yacimientos de sulfuros) (FeS_2) y otros sulfuros metálicos.

La pirita (FeS_2) es el sulfuro más abundante que contienen los residuos mineros, es muy estable e insoluble en las condiciones reductoras que existen en el subsuelo. Sin embargo, al quedar expuesto a condiciones atmosféricas inicia un proceso de oxidación (Rimstidt & Vauchan, 2002) (figura 1) que inicia con la liberación de Fe^{2+} , SO_2 y dos protones 2H^+ (Ec.1), en presencia de oxígeno el catión Fe^{2+} se oxida a Fe^{3+} y la formación de una molécula H_2O (Ec. 2), finalmente el catión Fe^{3+} actúa como agente oxidante de la pirita (Ec. 3), que genera más Fe^{2+} , oxidándose de nuevo a Fe^{3+} , de modo que estas reacciones se retroalimentan en un ciclo sin fin (Bernd, 2007) (Zhu, y otros, 2018), originando lixiviados con bajos valores de pH, produciendo drenajes ácidos de mina (DAM) en el cual los elementos potencialmente tóxicos están en solución (Chandra & Gersen, 2010).

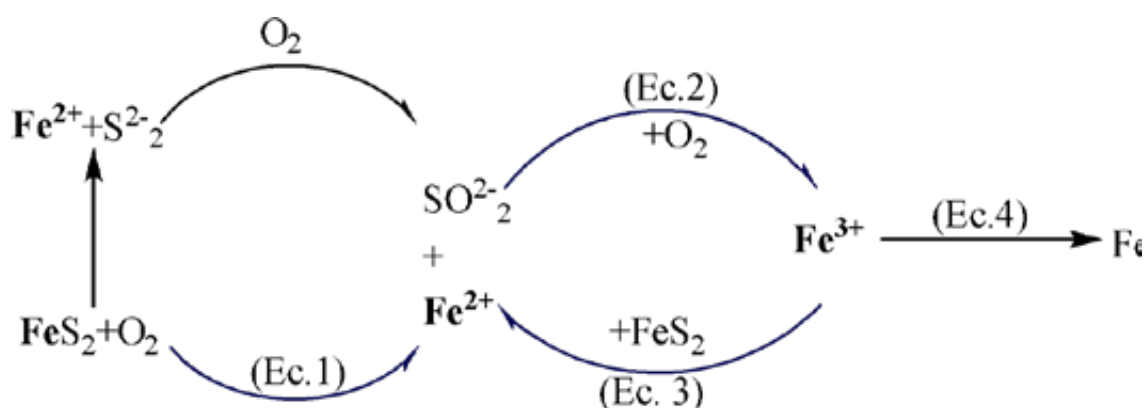


Fig. 1: Proceso de oxidación de la pirita

En la Región Cusco se vienen generando conflictos socio ambientales que preocupan a la población, es así que en las provincias cusqueñas los principales conflictos están vinculados a la contaminación de las fuentes hídricas y la degradación de los predios de cultivo. De igual forma, la actividad minera informal es un foco de conflictos sociales entre comunidades e incluso al interior de ellas. (Mendoza, Passuni, & De Echave, 2014)

Debido a que la contaminación por drenajes ácidos de mina puede persistir durante cientos de años, este estudio tiene como objetivo realizar experimentos de cinética de oxidación y el análisis elemental de los residuos mineros provenientes de dos provincias de la Región Cusco, con la finalidad de conocer la dinámica de oxidación en función del clima y corroborar la generación de drenajes ácidos de mina. De igual modo, la cuantificación de los elementos potencialmente tóxicos presentes en los residuos mineros y elementos con valor económico que se pueda recuperar de los mismos. Esperando que los datos, resultado de la experimentación, ayuden a plantear acciones preventivas frente a la contaminación ambiental que supone el desarrollo de la actividad minera.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestras

Las muestras de residuos mineros, empleadas en este estudio, provienen de zonas mineras situadas en las provincias de Paucartambo y Quispicanchis de la Región Cusco, debido a que, en los últimos años la actividad minera de tipo informal se ha intensificado en dichas provincias. Las muestras se han recolectado mediante muestreo aleatorio, depositando estas en bolsas de polietileno con un peso aproximado de 3 Kg por punto de muestreo. Las muestras, debidamente rotuladas, se han llevado al laboratorio de Mineralogía de la Escuela Profesional de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, para realizar el respectivo tratamiento de muestras.

2.2. Análisis multielemental

El análisis multielemental de los residuos mineros se ha realizado por dos técnicas diferentes, los elementos mayoritarios se analizaron mediante Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma de Microondas (MP- AES), en tanto que, los elementos trazan o minoritarios se han analizado en un espectrómetro de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).

La cuantificación elemental de mayoritarios se ha realizado siguiendo las recomendaciones del método EPA 3051A, en el laboratorio de Hidrometalurgia de la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, México. Para ello, se sometieron a digestión ácida 0.25 gramos por muestra, la digestión se ha realizado con agua regia en un digestor por microondas marca Anton Paar modelo Multiwave 3000. Las muestras digestadas (disoluciones), previamente filtradas, fueron analizadas directamente en un MP-AES marca Agilent Technologies modelo 4210. Se realizaron lecturas por triplicado, para cada muestra, usando entre lecturas solución en blanco de calibración.

El análisis de elementos minoritarios se realizó mediante ICP-MS, en el laboratorio de minerales SGS del Perú S.A.C bajo el método SGS-MN-ME-138. Se pesaron 0.20 gramos de muestra en vasos de teflón, al cual se adicionó ácido nítrico y ácido perclórico y se llevó a digestión. Una vez frío se adicionó ácido fluorhídrico y se digestó a sequedad. Finalmente se adicionó ácido clorhídrico y se enrasó con agua ultra pura, para luego leer en el espectrómetro de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente.

2.3. Cinética de oxidación

Para el estudio de la cinética de oxidación de los residuos mineros, se montó en el laboratorio de Mineralogía, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, columnas experimentales

de lixiviación, para lo cual se han construido columnas de lixiviación con tubos de polietileno transparentes. La figura 2 muestra el esquema general del diseño y montaje de las columnas experimentales. El objetivo de estas columnas de lixiviación es exponer, a las muestras de residuos mineros, a simulación de temporadas secas y húmedas (temporales climáticos propios de la Región Cusco).

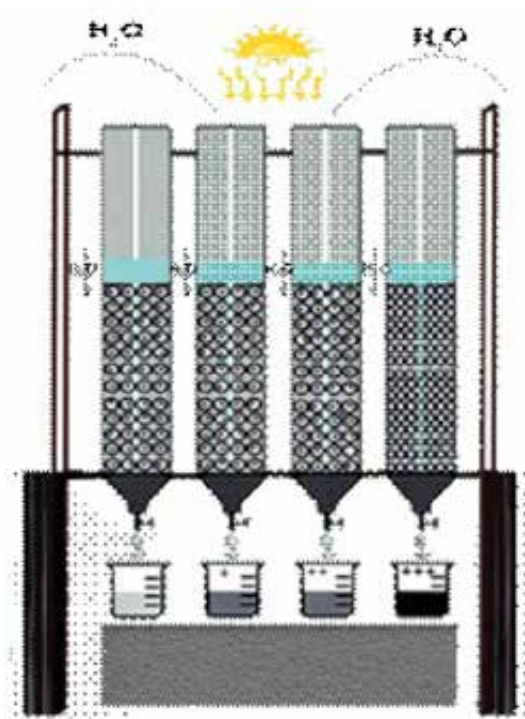


Fig.2: Esquema de montaje de las columnas de lixiviación

Durante el proceso experimental de lixiviación se han colectado muestras periódicamente, en las que se han controlado los parámetros de pH, conductividad eléctrica (uS), potencial redox (mV) y temperatura (T°). El monitoreo de este experimento de lixiviación se ha realizado durante 15 meses.

3. RESULTADOS

ANÁLISIS ELEMENTAL

Tabla 1. Resultados del análisis multielemental mediante MP-AE

MUESTRA	Pd (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	As (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Co (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (%)	Fe (%)
C1	20.803	7.929	31.273	5.296	30.866	2.617	<0.01	0.153
C2	24.170	7.179	21.217	7.949	52.593	2.963	<0.01	0.279
C3	19.192	3.827	136.811	4.907	29.883	5.664	<0.01	0.216
C4	19.594	4.638	20.662	3.755	28.448	1.638	<0.01	0.152
C5	17.148	29.132	17.725	1.734	28.213	3.012	<0.01	0.019
C6	17.023	8.702	17.925	2.237	56.625	3.180	<0.01	0.171
C7	87.888	26.453	386.143	6.880	108.430	2.713	<0.01	1.003
C8	65.051	18.786	418.704	8.503	178.883	3.883	<0.01	1.358
C9	137.126	26.578	656.146	11.628	146.678	3.322	<0.01	1.506
C10	100.127	4.116	119.548	67.751	201.613	1.129	<0.01	2.093
C11	112.398	148.882	56.806	925.813	120.122	1.220	0.142	1.128
C12	50.994	168.918	82.316	282.056	117.218	2.140	0.069	0.924
C13	122.321	60.317	22.917	1313.492	137.500	1.587	0.009	1.152
C14	172.360	24.219	54.392	994.988	372.981	10.577	<0.01	3.001
C15	30.019	67.735	51.090	19.880	32.570	2.092	0.018	0.354

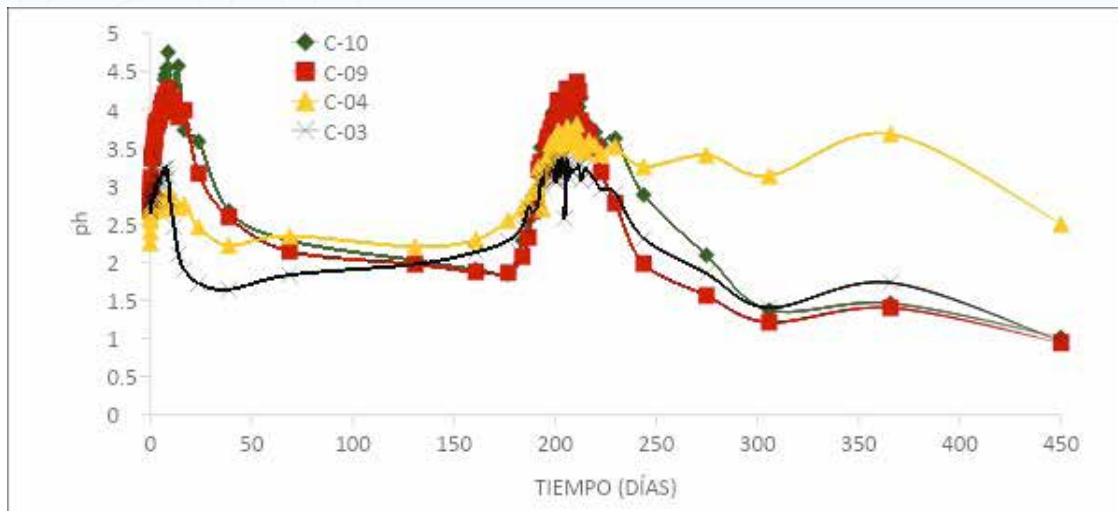
Mediante ambas técnicas analíticas, se han analizado un total de 41 elementos. Ag, Al, As, Au, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Pb, Pt, Pd, Rh, V y Zn mediante MP-AES y Be, Bi, Cd, Ga, Ge, Hg, In, La, Lu, Nb, Rb, Re, Se, Ta, Tb, Te, Th, Ti, U, W, Y, Yb y Zr mediante ICP-MS. Las tablas 1 y 2 muestran los resultados obtenidos, respectivamente, de los elementos más resaltantes expresadas en % y/o en mg/Kg.

Tabla 2. Resultados del análisis multielemental mediante ICP-MS

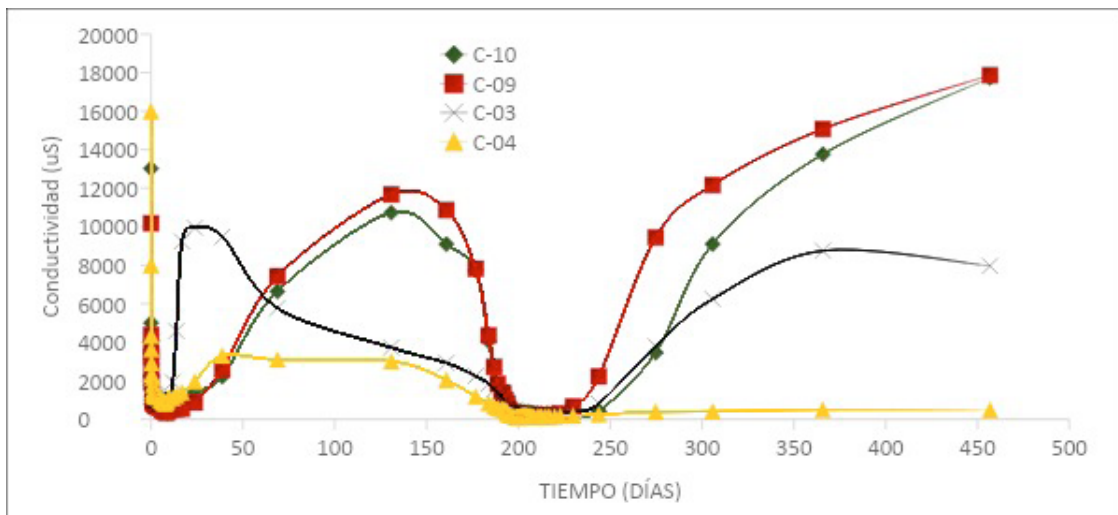
MUESTRA	Cd (mg/Kg)	Hg (mg/Kg)	Th (mg/Kg)	Tl (mg/Kg)	U (mg/Kg)	Y (mg/Kg)	Yb (mg/Kg)
C1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
C2	0.07	30.53	6.10	0.07	0.45	2.55	0.20
C3	0.04	35.91	5.50	0.06	0.36	1.42	0.10
C4	0.04	13.44	3.00	0.07	0.28	1.39	0.10
C5	0.07	2.10	7.70	0.08	0.58	2.99	0.20
C6	0.06	1.08	7.20	0.07	0.50	3.06	0.20
C7	0.10	155.03	2.90	0.06	0.26	1.47	0.10
C8	0.14	258.28	4.30	0.06	0.35	2.10	0.20
C9	0.16	291.80	4.30	0.06	0.34	1.94	0.20
C10	0.27	0.33	1.10	<0.02	1.74	4.36	0.60
C11	5.15	108.58	2.30	0.05	15.29	1.01	0.10
C12	4.30	30.66	0.70	0.44	26.23	1.83	0.30
C13	0.49	0.20	0.60	0.19	4.34	3.93	0.40
C14	0.35	0.10	0.10	0.05	0.75	0.59	<0.1
C15	0.03	0.01	4.00	<0.02	0.51	1.58	0.20

CINÉTICA DE OXIDACIÓN

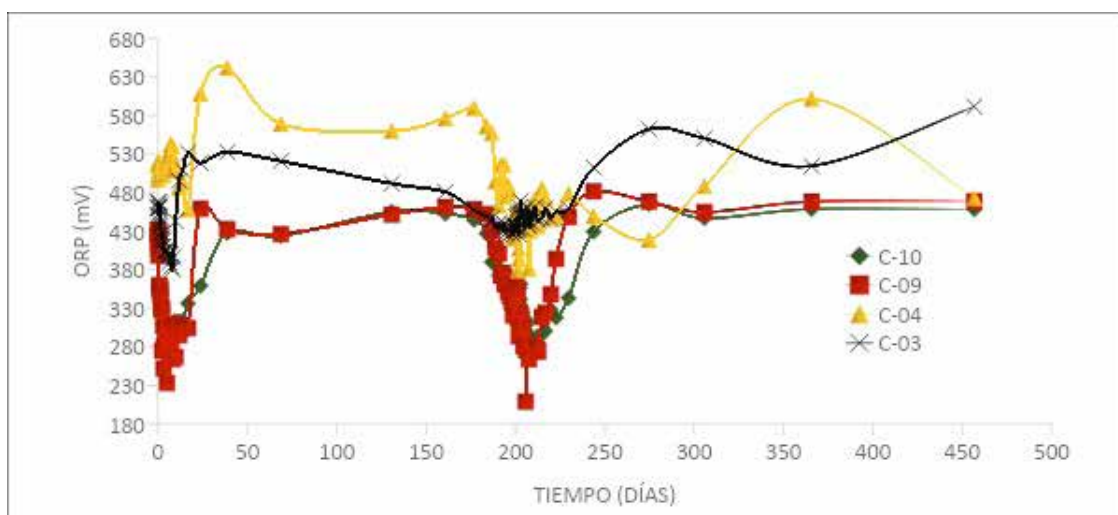
Las gráficas 1, 2 y 3 muestran la evolución de los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad y ORP), de las muestras colectadas de las columnas de lixiviación.



Graf. 1. Evolución de los valores de pH



Graf. 2. Evolución de valores de conductividad (μS)



Graf. 3. Evolución de potencial Redox (mV)

4. DISCUSIÓN

Las tablas 1 y 2 muestran que los elementos presentes en las muestras se encuentran en concentraciones variables, pero algunas se encuentran en cantidades importantes. Un ejemplo

de ello es el hierro, que se encuentra hasta en 2% en las muestras, su presencia sería la fuente principal para que se desencadenen reacciones de oxidación, que conlleve a generar drenajes ácidos. Puesto que, el hierro en forma de pirita, al entrar en contacto con agua y oxígeno es capaz de liberar protones, lo que provoca que los valores de pH disminuyan; en condiciones ácidas, los metales asociados a los minerales (principalmente sulfuros) entran en solución. Esto se refleja en la gráfica 1, en la que se puede observar la evolución de los valores de pH, los picos (valores altos de pH) corresponden a las temporadas húmedas, en tanto que los valores bajos de pH corresponden a las temporadas secas. Los valores de pH disminuyen hasta 1.5, esto hace suponer que, en temporada seca se concentra por evaporación, lo que se considera como drenajes ácidos de mina con alta carga de elementos contaminantes. De forma contraria sucede en periodo húmedo, el volumen de agua es mayor por lo que entra en dilución, el pH asciende y con esto, disminuye la concentración de contaminantes.

El Pb, Zn, Cd, Fe, As, Hg y Cu que se identificaron en las muestras de residuos mineros de la Región Cusco, son típicos cationes de sulfuros metálicos. Por lo tanto, a bajos niveles de pH (en temporadas secas), estos elementos potencialmente tóxicos son liberados con mayor facilidad, su presencia en solución se puede comprobar con los valores de conductividad eléctrica y potencial redox elevada. Como se puede observar en la gráfica 2, en temporadas secas los valores de conductividad ascienden hasta 630 μS , lo que comprueba que están en solución mayor cantidad (concentración) de cationes que en temporada húmeda. En cambio, sucede lo contrario en periodo húmedo, en la que los valores de conductividad eléctrica disminuyen debido al exceso de agua (dilución).

Los residuos mineros que se analizaron en este estudio, no sólo son fuente de metales pesados, sino que también presentan en su composición metales radioactivos. La tabla 2 muestra que todas las muestras presentan Th y U en concentraciones altas, hasta 7.70ppm de Th y 26.23ppm U, por lo que estos residuos pueden también ser fuente natural de contaminación radioactiva, ya que la concentración natural de Th y U, en los suelos, es de hasta 6 ppm y 2.7 ppm, respectivamente (Colmerejo & Montero, 2003).

Algunos elementos identificados son de importancia económica, el Cu, Ni, Co y Pd son un ejemplo de ello. El Cu se encuentra hasta en 2412.791 mg/Kg, es decir; hasta 2.4 Kg por tonelada. Cabe resaltar que, en el Perú se encuentra la segunda mayor reserva de cobre del mundo, después de Chile (Larrain Vial SAB, 2012). La recuperación de Cu podría potenciar la producción de este metal a partir de los residuos desechados por la minería informal. Por otro lado, la presencia de Co y Ni alcanzan concentraciones de hasta 372.981 y

10.572 mg/Kg, respectivamente, su recuperación también podría ser significativa, ya que para el 2035, se estima la demanda mundial de Co aumentará en 10.2% y se estima que la demanda de Ni alcance las 3.2 Mt (49% más respecto al año 2017) (Unidad de Planeación Minero Energética, 2018).

Lo más importante de este estudio, son las concentraciones elevadas de Pd en los residuos mineros, que van desde 17.023 mg/Kg hasta 172.360 mg/Kg, como se muestra en la tabla 1. Las muestras más representativas son S7, S9, S10, S11, S13 y S14 con concentraciones de 87.888 mg/Kg; 137.126 mg/Kg; 100.127 mg/Kg; 112.398 mg/Kg; 122.321 mg/Kg y 172.360 mg/Kg respectivamente. Es decir que, la producción por tonelada sería de 3.100 Oz; 4.836 Oz; 3.531 Oz; 3.964 Oz; 4.314 Oz y 6.079 Oz, los cuales indican que podrían considerarse menos importantes de este metal. La importancia del Pd radica en su costo ya que, según los precios internacionales tiene un constante crecimiento. Es así que para febrero del 2020 el precio de Pd por onza ha alcanzado los 2754 USD. Cabe destacar, que el precio de este metal es superior al de otros metales preciosos como el oro y platino (Kitco Metals Inc, 2020).

Otro aspecto resaltante es la presencia de algunos elementos conocidos como tierras raras, las muestras empleadas en este estudio, presentan en particular Y e Yb en concentraciones de hasta 4.36 mg/Kg y 0.4 mg/Kg, respectivamente. La importancia de estos elementos recae en que desempeñan un papel fundamental en el diseño y fabricación de materiales avanzados o nuevos materiales en la industria, por ejemplo, en catalizadores y materiales ópticos (Sáez, Cascales, Porcher, & Mestro, 2000).

5. CONCLUSIONES

En el análisis elemental de los residuos mineros procedentes de la actividad minera informal de la Región Cusco se han encontrado, como elementos mayoritarios, cobre, cobalto, níquel, hierro, zinc, plomo, cadmio y arsénico. De los resultados obtenidos es necesario resaltar las elevadas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos como: hierro, zinc, plomo, cadmio, mercurio y arsénico.

La oxidación de la pirita presente en los residuos mineros se da con mayor facilidad en temporadas secas, a diferencia de las temporadas húmedas, los niveles de pH son bajos, por lo que es en esta temporada que la velocidad de oxidación es mayor, por tanto, a estos bajos valores de pH, los elementos potencialmente tóxicos presentes en los residuos mineros entran en solución, afectando el medio ambiente, en especial los ríos y suelos.

Lo resaltante de los resultados es el elevado contenido de paladio (hasta de 172.360 g/T) en los residuos, esto permite revalorar los residuos debido a que el precio y demanda internacional está en constante crecimiento, por lo que se puede considerar como una fuente importante de paladio. De modo que la recuperación de este metal precioso conllevaría a su puesta en valor los residuos y su vez en la reducción de la contaminación generada por los mismos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernd, L. (2007). *Mine Wastes: Characterization, Treatment and Enviromental Impacts*. Springer-Verlag Berlín Heidelberg. doi:10.1007 / 978-3-642-12419-8

Chandra, A. P., & Gersen, R. A. (2010). The mechanisms of pyrite oxidation and leaching: A fundamental perspective. *Elseiver*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.surfrep.2010.08.003>

Colmerejo, L., & Montero, M. E. (2003). Radiactividad natural en suelos de las principales ciudades del estado de Chihuahua. *XIV Congreso Anual de la SNM/XXI*. Guadalajara.

Escobar, R. (2013). La otra cara del oro: La minería informal e ilegal un problema aún por resolver. *Sociedad Peruana de Derecho Ambiental: XII Taller de Derecho Ambiental*, (pág. 4). Lima, Perú.

Kitco Metals Inc. (20 de Julio de 2020). Obtenido de <https://www.kitco.com/charts/livepalladium.html> Larrain Vial SAB. (2012). *Minería en el Perú realidad y perspectivas*. Lima: El Comercio S.A.

Mendoza, A., Passuni, S., & De Echave, J. (2014). *La minería en el sur andino: El caso de Cusco*. Lima, Perú: Sonimágenes del Perú S.C.R.L.

Rimstidt, J. D., & Vauchan, D. J. (2002). Pyrite oxidation: A state-of-the-art assessment of the reaction mechanism. *Pergamon*. doi:10.1016/S0016-7037(02)01165-1

Sáez, R., Cascales, C., Porcher, P., & Mestro, P. (2000). Tierras raras: materiales avanzados. *Anales de la Real sociedad Española de Química*.

Seal II, R., Foley, N., & Wanty, R. (2000). *Introduccion to Geoenviromental Models of Mineral*

Deposits. En U. G. Survey, *Progress on Geoenvironmental Models for Selected Mineral Deposit Types*.

Unidad de Planeación Minero Energetica. (2018). *Níquel, Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en corto, mediano y largo plazo con vigencia al año 2035*. Santiago.

Zhu, J., Xian, H., Lin, X., Tang, H., Du, R., Yang, He, H. (2018). Surface structure-dependent pyrite oxidation in relatively dry and moist air: Implications for the reaction mechanism and sulfur evolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. doi:10.1016/j.gca.2018.02.050

Agradecimientos

Este trabajo se pudo realizar gracias al proyecto: “Estudio de la cinética de oxidación de residuos mineros generadores de lixiviados con elevada carga de elementos contaminantes en la Región Cusco”. Así también, gracias al financiamiento de pasantías, del concurso denominado: “Movilizaciones, Pasantías y Ponencias” Primera Convocatoria 2019, realizada por el programa Yachayninchis Wiñarinanpaq. Finalmente, al laboratorio de Hidrometalurgia de la UAM- Iztapalapa, México, por su acogida y disponibilidad de material y equipo.

Variación de los niveles de 13-hidroxilupanina, esparteína y lupanina de acuerdo al tejido, estado de desarrollo y cultivo, en una variedad precoz de *Lupinus mutabilis* Sweet (tarwi)

Variation of the levels of 13-hydroxylupanin, sparteine and lupanin according to the tissue, stage of development and culture, in an early variety of *Lupinus mutabilis* Sweet (tarwi)

Emma Jesús Urrunaga de Rozas ¹, Juana Graciela Torres Polanco ¹

¹Dirección de Departamento Académico de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco, Cusco, Perú

emma.urrunaga@unsaac.edu.pe, código ORCID 0000-0002-93608052
juana.torres@unsaac.edu.pe, código ORCID 0000-0002-7711-516

Resumen

Lupinus mutabilis (tarwi), es un recurso potencial para la seguridad alimentaria por su alto contenido en proteínas, grasas y otros nutrientes de importancia para el ecosistema; sin embargo, contiene alcaloides quinolizínicos (AQ) tóxicos que restringen su uso en la alimentación animal y humana. El objetivo de la investigación fue determinar el contenido de alcaloides totales, identificar y determinar los niveles de 13- hidroxilupanina, esparteína y lupanina, en cotiledones, hojas, empedernado, flores, vainas verdes y vainas secas, durante su etapa fenológica, a fin de proponer, mediante el manejo de una variedad precoz de *L. mutabilis*, su uso por bajo contenido de alcaloides, menor toxicidad y reducción de agua en su desamargado. Se utilizó el cultivo a campo abierto y en cada fase fenológica se muestrearon los tejidos de catorce plantas con N₂ líquido las que fueron conservadas a -76.8 °C, hasta su liofilización y molido. Los alcaloides de las harinas de tarwi fueron extraídos, siguiendo el método de Muzquiz y posteriormente 0,1 µl de extractos fueron inyectados a un GC-MS. Como resultados se observaron, que los alcaloides totales en los diferentes tejidos, fluctuaron entre 0,49 % en el empedernado, y 1,86 % en vainas secas, resaltando una concentración de 1,07 % en las hojas en función a las etapas de crecimiento y desarrollo del tarwi. Reportamos los espectros de masa y la abundancia relativa de la lupanina como el mayor contribuyente, así, en cotiledones 70,92 % y en vainas secas 51,30 % , seguida de la esparteína que se presenta con 0,64 % en hojas, hasta 22,18 % en vainas secas, haciendo un total de 73,5 % en la fructificación, mientras que los alcaloides minoritarios α- isolupanina y 11,12-dehidrolupanina y otros compuestos, estarían representados en el 26.5 %, mientras que la 13-hidroxilupanina estuvo ausente en todas las etapas de desarrollo de lupíno andino.

Palabras claves: *Lupinus mutabilis*; leguminosas; tarwi-precoz; alcaloides quinolizidínicos; GC-MS.

Abstract

Lupinus mutabilis (tarwi), is a potential resource for food security due to its high content of proteins, fats and others of importance for the ecosystem; however, it contains toxic quinolizine alkaloids (AQ) that restrict its use in human and animal feed. The objective of the research was to determine the content of total alkaloids, identify and determine the levels of 13-hydroxylupanin, sparteine and lupanin, in cotyledons, leaves, invertebrate, flowers, green pods and dry pods, during their phenological stage, in order to propose, through the management of an early variety of *L. mutabilis*, its use due to low alkaloid content, less toxicity and reduction of water in debittering. Open field culture was used and in each phenological phase the tissues of fourteen plants were sampled with liquid N₂ and preserved at -76.8 ° C, until they were lyophilized and ground. The alkaloids of the tarwi flours were extracted, following the Muzquiz method and later 0.1 µl of extracts were injected into a GC-MS. As results, it was observed that the total alkaloids in the different tissues fluctuated

between 0.49% in the hardened one, and 1.86% in dry pods, highlighting a concentration of 1.07% in the leaves depending on the stages of growth and development of the tarwi. We report the mass spectra and the relative abundance of lupanin as the largest contributor, thus, in cotyledons 70.92% and in dry pods 51.30%, followed by sparteine which occurs with 0.64% in leaves, up to 22.18% in dry pods, making a total of 73.5% in fruiting, while the minor alkaloids α -isolupanin and 11,12-dehydrolupanin and other compounds, would be represented in 26.5%, while 13-hydroxylupanin was absent in all stages of development of Andean lupine.

Key words: *Lupinus mutabilis*; legume; precocious-tarwi; quinolizidine alkaloids; GC-MS.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el planeta está viviendo una pandemia generada por el COVID-19, que nos ha llevado a reflexionar sobre temas fundamentales: Salud y Nutrición. Quiroga (2020) afirma que el estilo de vida, los patrones dietéticos y el comportamiento del consumidor han estado cambiando en los últimos años, impulsados por la globalización, la urbanización, el crecimiento de los ingresos y los sistemas alimentarios modernos, lo que ha generado un impacto en la malnutrición en todas sus formas. Es necesario, volver la mirada a los cultivos alimentarios desatendidos y subutilizados de las regiones andina y amazónicas, así como de otras especies que aún no han sido domesticadas, y que ofrecen enormes oportunidades para combatir la pobreza, el hambre y la desnutrición, a nivel local y mundial. Knecht, Sanchez y Kinder (2020) aseguran que los *Lupinus* son una familia de leguminosas valiosas para la agricultura debido a su capacidad de fijar nitrógeno, tolerar condiciones de crecimiento adversas, y producen semillas con alto contenido de proteína, fibra, y ácidos grasos mono y poliinsaturados. Las semillas de varias especies de *Lupinus* en particular *Lupinus albus*, *Lupinus luteus*, *Lupinus angustifolius*, y *Lupinus mutabilis*, se han utilizado como fuente de alimento tanto para el ganado como para los seres humanos y como medio de enriquecimiento del suelo. El uso de las semillas de los lupinos como alimento está limitado por la deficiencia relativa del aminoácido metionina y la presencia de cantidades variables de antinutrientes, incluidos los alcaloides, inhibidores de proteasas, lectinas y saponinas que no solo pueden tener efectos nocivos, sino también propiedades, medicinales útiles (reduce el riesgo de la diabetes tipo 2).. El grano es también una fuente de minerales, principalmente calcio, y en menor grado, vitaminas (Quiroga, 2020).

Berru et al.,(2021) indican que las semillas de lupino andino (*Lupinus mutabilis*) son apreciadas por su alto contenido de proteínas y lípidos y tienen aplicaciones potenciales como ingredientes en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica. Su investigación consistió en evaluar las características morfológicas, composición química, contenido de tocoferol y carotenoides de las semillas de 33 ecotipos de lupino andinos de diferentes regiones del Perú, junto con *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus*. Los lupinos andinos tenían mayor contenido de proteínas, lípidos y tocoferol que *L. albus* y *L. angustifolius*; los valores de *L. luteus* estaban dentro del rango de *L. mutabilis*. Estos resultados sugieren que *L. mutabilis* alberga características nutricionales que se adaptan bien a las tendencias alimentarias modernas. Al respecto, Camarena et al., (2012) había reportado que el tarwi es una leguminosa de alto valor nutritivo, puede alcanzar hasta un 50% de proteína en el grano y presenta mayor contenido de triptófano y tirosina frente a otras leguminosas como la soya y el frijol. Sin embargo, Villacrés et al. (2020) reporta que el consumo de lupinos está limitado por un alto contenido de alcaloides amargos y otros antinutricionales, como el ácido fítico y los inhibidores de tripsina, tienen efectos fisiológicos indeseables y pueden causar una toxicidad aguda.

Galek, et al., 2017 consideran que una desventaja del lupino andino (*Lupinus mutabilis* Sweet) incluyen la maduración demasiado larga y no uniforme de las vainas en una planta, la caída de flores y yemas y un alto contenido de alcaloides (hasta 5 %).

De lo mencionado anteriormente se deduce, que el gran problema para la explotación y comercialización del lupino andino a gran escala, es la presencia en las semillas de los alcaloides

quinolizidínicos (AQ), que le confieren cierto grado de toxicidad, dependiendo del tipo de alcaloide y su concentración, lo que le atribuye un sabor muy amargo; sin embargo, sabemos que estas sustancias son importantes porque protegen a la planta de los factores bióticos (Latif, et al., 2017)..

Rayo (2020) también refiere que el alcaloide predominante y la concentración puede variar debido a distintos factores como la especie, variedad, fluctuaciones climáticas, fenología y órgano de la planta. Si bien para las especies del género *Lupinus*, los alcaloides no son indispensables para el metabolismo primario, son importantes en el mecanismo de defensa de las plantas contra el ataque de plagas, organismos patógenos y virus, ayudándolas a prosperar en su medio natural.

En la Facultad de Agronomía de la UNSAAC, se han obtenido variedades dulces de aproximadamente 0.5% de alcaloides totales. Pero, Frick et. al., (2017) indican que el nivel de AQ en la semilla de lupino, para propósito, alimentario debe permanecer para la industria por debajo del promedio (0.02 %) lo que a menudo es superado.

También, por mejoramiento genético se obtuvo en el CICA-UNSAAC una variedad precoz, esto es, con ciclos de desarrollo de 6 meses y una concentración en las semillas de alcaloides totales promedio de menos 2,5 %, (Urrunaga y Torres, 2020).

Otro problema crítico, es que el tarwi para su uso en la alimentación debe ser detoxificado mediante sucesivos lavados con agua. En el Cusco-Perú, para el desamargado, se pesan 3 kilos de tarwi más 18 litros de agua por 12 horas, luego son cocidos por una hora, con cambio de agua cada 30 minutos y finalmente se elimina la mayoría de los alcaloides colocando el tarwi húmedo en una bolsa y se sumerge bajo agua en movimiento por 2 a 3 días, aun así la cantidad de alcaloides totales es de 0.2 % (datos no publicados de un muestreo realizado en el mercado central del Cusco), como se puede apreciar el uso de abundante agua y su contaminación no es compatible con la conservación y preservación de medio ambiente. Al respecto, Calupiña & Tipán (2020) plantean que, la fermentación puede ser una alternativa complementaria para la detoxificación del lupino, sin embargo este proceso elimina componentes que son beneficiosos para la salud humana.

Galek et.al, 2016 trabajaron identificando en los genotipos de material tratado post-mutágeno, treinta líneas, las que fueron examinadas por el contenido y composición de alcaloides por cromatografía de gases. Los alcaloides predominantes en las semillas del lupino andino contenían de 7 a 9 alcaloides diferentes, siendo los más predominantes la 4-hidroxilupanina y lupanina.

Nosotros utilizamos una variedad precoz de tarwi, (CTC-0001) de la cual obtuvimos muestras estabilizadas de los diferentes tejidos de la planta, durante su desarrollo y crecimiento, para ser liofilizadas y así conocer la concentración de alcaloides totales, identificar y cuantificar la 13 hidroxilupanina, esparteína y lupanina. Trabajos similares, fueron reportados por Zamora, et. al., 2009, en *Lupinus exaltatus* Zucc, durante su crecimiento y desarrollo utilizando hojas, tallos, flor y vainas inmaduras y la acumulación de los alcaloides totales en cada uno de los tejidos, con el fin de prever la intoxicación del ganado que ocasionalmente consume esta especie en EE.UU. y Canadá. Lee et. al., 2006, investigó el contenido de alcaloides tóxicos y teratogénicos (anagirina) en *Lupinus leucophyllus* , por tres años, en diferentes partes de la planta y durante su desarrollo fenológico.

El objetivo de este estudio fue evaluar en una variedad precoz de *L. mutabilis* , durante su crecimiento y desarrollo, la concentración total de alcaloides en los diferentes tejidos del material vegetal, así mismo determinar los niveles de los alcaloides 13-hidroxilupanina, esparteína y lupanina, por GC-MS, con el propósito de determinar la etapa de crecimiento en la que el tarwi acumula los niveles más bajos de alcaloides quinolizidínicos, a fin de sugerir realizar estudios para conocer el metabolismo activo de transporte y acumulación de estos compuestos en las partes de la planta y en particular aquellos con efectos tóxicos en el tarwi, durante su ciclo fenológico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Siembra y Cultivo

El material vegetativo perteneció a la colección CTC-0001 del banco de germoplasma de tarwi del CICA (Centro de Investigación de Cultivos Andinos-UNSAAC). La accesión correspondió a la localidad de Piscobamba, distrito San Antonio, provincia; Grau. Región Apurímac. País Perú. La siembra se realizó en Larapa Grande-San Jerónimo de la ciudad del Cusco, a una altitud 3244 m. El área de la parcela fue de 3 m x 2,5 m = 7,5 m² (un solo bloque con 4 surcos por línea). Fig. 1. La siembra se efectuó el 18 de octubre de 2018, donde se iniciaron las primeras precipitaciones. Las semillas de tarwi fueron seleccionadas por su buen poder germinativo. El tipo de siembra fue en línea, a chorro. Durante el desarrollo de la planta se ejecutó el deshierbe y aporque, esto es, cuando los especímenes se hallan retrasadas en su crecimiento, sufriendo la competencia de malezas (13 de diciembre del 2018 a las 15.30 h.). No se practicó la fertilización, debido a las características del tarwi, que fija el nitrógeno atmosférico a través de las bacterias *Rhizobium*.

El suelo para el crecimiento de las plantas mostró pH 7,70, conductividad eléctrica 3,47 mmhos/cm, materia orgánica 3,55 %, nitrógeno total 0,170 %, concentración de P 8,12 ppm P₂O₅, K 230,00, Capacidad de intercambio iónico (C.I.C.) 11,00 meq/100, carbonatos 2,95 %, densidad aparente 1,662 g/cc; la textura de suelo fue 70 % de arena, 26 % de limo y 4 % de arcilla. No se realizaron riegos durante el desarrollo del tarwi debido a la época de lluvia en Cusco, excepto al inicio, para acortar el tiempo de la germinación obtención del material vegetal

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con 10 repeticiones de los tejidos muestreados en cada etapa de crecimiento, utilizando N₂ líquido y fueron separadas cada parte de las plantas según su ciclo fenológico en: cotiledones, hojas, pleno crecimiento del botón floral (empedernado), floración, vainas verdes y madurez fisiológica. En la tabla 1 se muestran las características principales del muestreo realizados durante las diferentes etapas de crecimiento de *L. mutabilis*.

Tabla 1: Fechas, ciclos fenológicos y tejidos muestreados de *Lupinus mutabilis* Sweet durante su crecimiento

Fecha de muestreo	Tejidos muestreados	Ciclos fenológicos	Características morfológicas
1. 05/11/2018	Cotiledón	Plena germinación	Cotiledon extendido
2. 03/01/2019	Hojas	Antes de la floración	Tallo corto, con 6 pares de hojas
3. 13/01/2019	Empedernado	Inicio de la floración	Tallo principal con inflorescencia
4. 30/01/2019	Floración	Floración	Tallo principal con flores
5. 09/03/2019	Vainas verdes	Desarrollo de vainas	Tallo principal con frutos inmaduros
6. 17/04/2019	Vainas secas	Madurez fisiológica	Frutos con semillas maduras

2.2. Preparación de las muestras

Las muestras provenientes de cada ciclo fenológico se conservaron en un congelador ILSHIN BIOBASE CO, a -76.6 °C. Posteriormente fueron liofilizados utilizando un liofilizador LIOBRAS (-44 a -48 °C y presión final entre 360 a 552 mm de Hg por 96 a 72 h respectivamente, dependiendo de la humedad y textura de la muestra vegetal). Al término de la liofilización (11 % de humedad relativa) las muestras fueron molidas hasta consistencia de harina en un mortero de porcelana y almacenadas bajo refrigeración para el análisis posterior de alcaloides.

Alcaloides totales

Se homogenizaron 200 mg de harina con 50 ml de agua, se calentaron y se les agregó 1 ml de solución de ácido tricloro acético al 50 %, se volvió a calentar por 1 min y se centrifugaron a 3000 rpm, lo que se repitió por dos veces más. En cada caso, los sobrenadantes fueron evaporados a sequedad y se redisolviéron con 20 ml de agua, seguidamente se realizaron las extracciones en peras de decantación con 10 ml de cloroformo de Sigma-Aldrich, esto fue repetido por dos veces más. Todos los extractos fueron trasvasados a balones de digestión. Se determinó el N₂ total por el método de Kjeldahl, correspondiendo a los alcaloides totales. El factor de conversión fue en porcentaje de lupanina (246 g/mol).

Extracción de alcaloides

La extracción de alcaloides se realizó siguiendo la técnica descrita por Muzquiz *et al.* (2011). De cada tejido por separado, fueron homogenizados 500 mg de harina liofilizada con 5 ml de ácido tricloroacético al 5 % durante 1 min.. La mezcla se centrifugó a 14000 rpm a 4 °C por 15 min y se decantó el sobrenadante. La extracción se repitió por dos veces más y el volumen de los tres sobrenadantes juntos, fueron neutralizados con aproximadamente 0.8 ml de NaOH 10 M. Los alcaloides se extrajeron en un embudo de decantación con diclorometano de Merck (3x15 ml). Los extractos crudos se concentraron en un rotavapor a 30 °C hasta sequedad. El residuo se disolvió en 1 ml de metanol Sigma y se pasó por un filtro de 0.45 µm.

Análisis de alcaloides

La cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS), se desarrolló utilizando el método establecido por Przybylak *et al.* 2005, con algunas modificaciones. Se inyectó 0,1 µl del filtrado a un cromatógrafo de gases capilar marca Agilent Technologies 5975b inert XL EI/CI. Se utilizó una columna DB-1MS 1&W Scientific (30 m x 0.25 mm x DI 0.25 m), como gas de arrastre helio a un flujo de 1.0 ml/min. La programación de temperatura empezó a 150 °C , incrementándose a una tasa de 5 °C/min hasta alcanzar los 235 °C. La abundancia relativa de los alcaloides se determinó, considerando las áreas de los picos del perfil cromatográfico obtenido para cada muestra de tejido.

La identificación de los alcaloides se realizó comparando los espectros de masas obtenidos, con los de la librería Nistv.11 y algunas referencias bibliográficas sobre los alcaloides del género *Lupinus* (Frick *et al.*, 2017; Urrunaga y Torres, 2017).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cuantificación de alcaloides totales

El contenido de alcaloides totales mostró variaciones entre los diferentes tejidos muestreados en relación a las etapas fenológicas (tabla 2). Se puede apreciar que el valor más bajo de alcaloides se presenta al inicio de la de reproducción con 0,49 % esto es en la etapa del empedernado, mientras que la concentración más alta se encuentra al final de la fructificación con 1,86 % en las vainas verdes, este valor se aproxima a 1,95

% reportado por Zamora *et al.*, (2009) en frutos inmaduros (vainas verdes) en *Lupinus exaltatus*. Se observa que la concentración de los alcaloides totales en hojas de 1,07 % , lo que es relativamente alto en relación a los demás tejidos, excepto en vainas verdes y secas es debido a que los alcaloides de los *lupinus* son producidos por los cloroplastos de las hojas que luego son distribuidos a otras partes de la planta, vía el floema y almacenado en células epidermales y en las semillas, lo que también considera Stephen *et al.*, (2007) al concluir que los alcaloides quinolizidinicos (AQ) en *lupinus* estarían en un estado metabólicamente activo. Frick *et al.*, (2017) al respecto, manifiestan

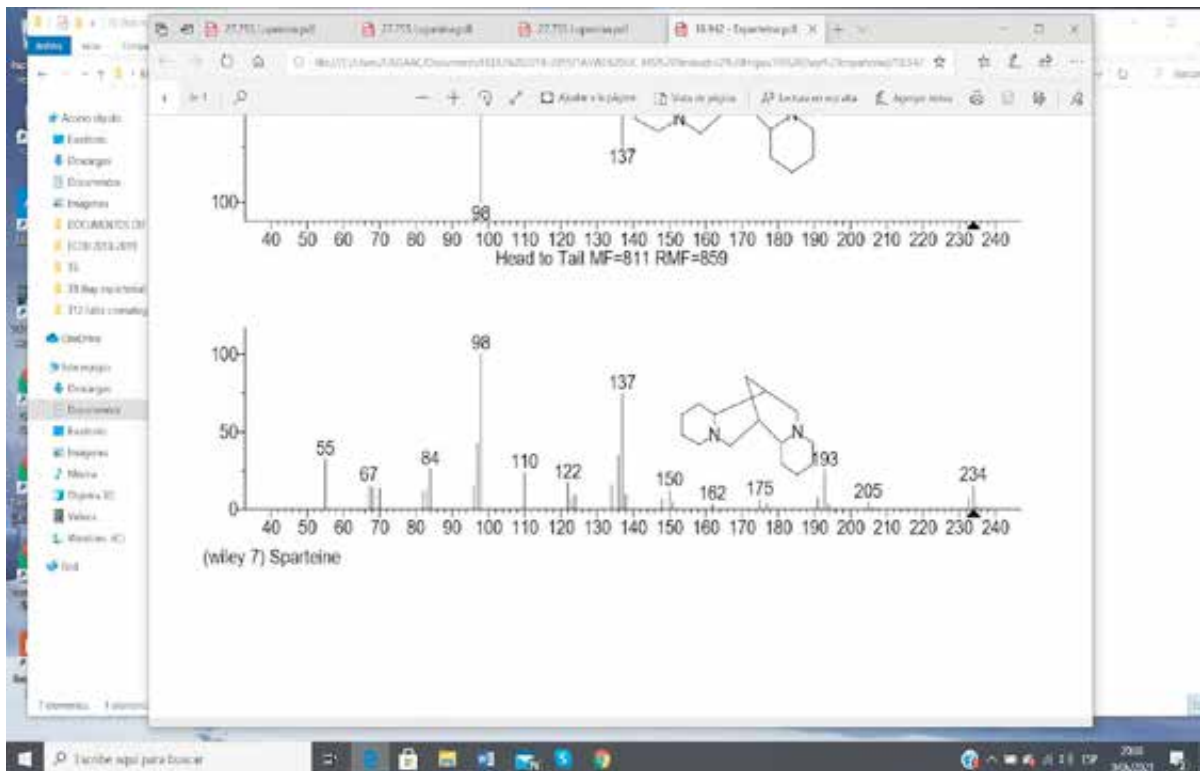
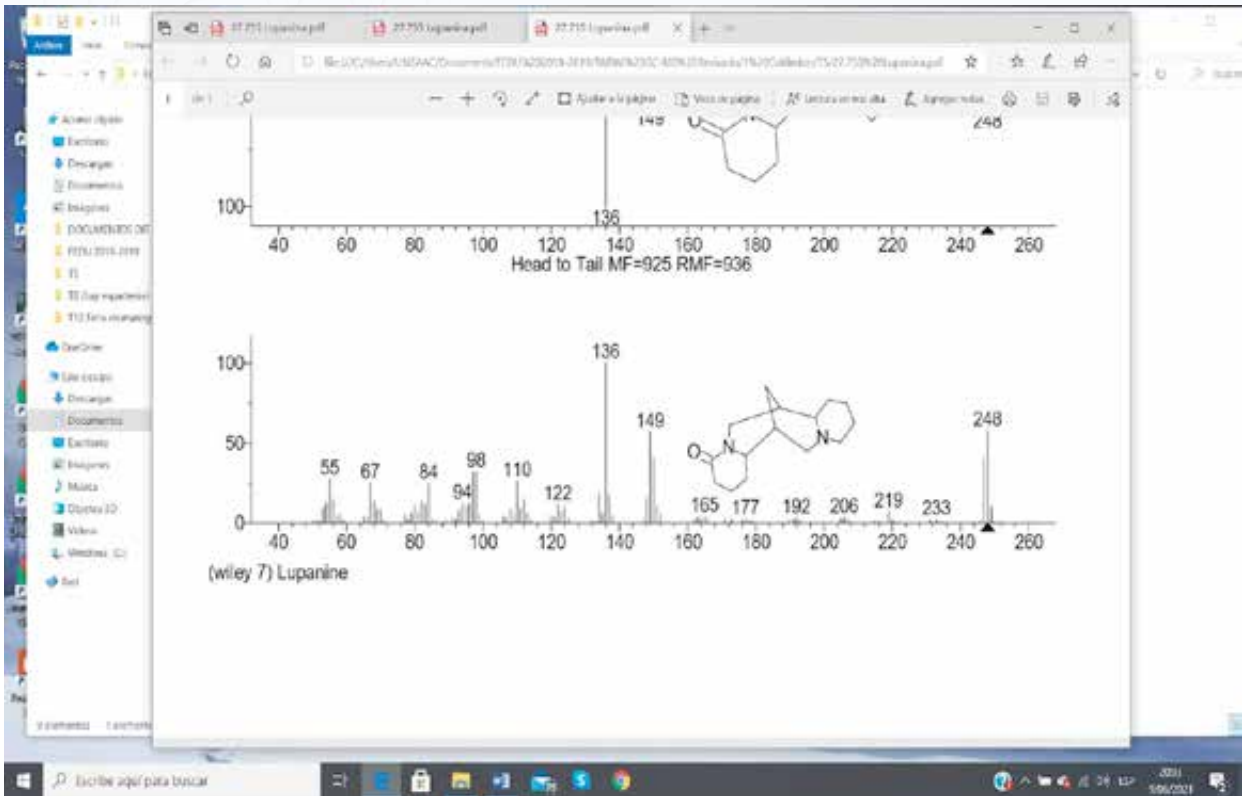
que es posible una estrategia de mejoramiento para los *lupinus*, producir plantas con altos AQ en tejidos vegetativos mientras que bajo en la semilla para conferir resistencia a insectos a las plantas, mientras se mantienen los niveles de QA en la semilla dentro de las regulaciones de la industria, esto es por debajo de 0,02 %.

Tabla 2: Contenido de alcaloides totales (% de lupanina) en tejidos vegetativos y reproductivos de *Lupinus mutabilis* Sweet durante su crecimiento

Año	Cotiledón	Hojas(Sexto par)	Empedernado	Floración	Vainas verdes	Vainas secas
2018-2019	1,06	1,07	0.49	0.53	1,38	1.86

Variación de alcaloides a lo largo del ciclo fenológico de *L. mutabilis* Sweet

El artículo reporta resultados de la determinación del contenido total de alcaloides y la composición del extracto obtenido de los diferentes tejidos durante el crecimiento de *L. mutabilis*, variedad precoz (CTC 0001, del banco de germoplasma de la UNSAAC). Los extractos fueron analizados en su conjunto sin separar cada componente. Utilizando el equipo, CG-MS fue posible detectar cuatro componentes, los que fueron identificados por comparación de sus espectros de masa de la base de datos del programa (anexo 3) e índices de retención (anexo 4) que utiliza la librería Nistv 11 y se complementó con la plataforma del PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/2021>). El patrón de fragmentación de los alcaloides identificados en el extracto de *L. mutabilis*, se muestran en la Fig. 1. En relación a la etapa fenológica, las variaciones de lupanina y esparteína en el tarwi fueron similares en hojas, empedernado, flores, vainas verdes y vainas secas, durante su crecimiento; resultados similares fueron reportados por Zamora et al., (2009); sin embargo, en ninguna de las etapas de desarrollo fueron identificadas la 13-hidroxi-lupanina, debido a que los alcaloides hidroxilados se encuentran predominantemente en las semillas, lo que ha sido corroborado por Urrunaga y Torres,(2021); de otro lado De Cortes. et al, (2005) reportaron que durante la germinación, se produce cierto grado de transformación de alcaloides en otros compuestos más bioactivos, como los ésteres, habiendo encontrado en esta fase, que en *L. albus*, la lupanina aumentó y la albina y la 13-hidroxi-lupanina disminuyeron sustancialmente, así también en *L. angustifolius*, la 13-hidroxi-lupanina disminuyó. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en especies silvestres como, *L. hintonii* y *L. campestris*, los alcaloides mayoritarios fueron 13 α -hidroxilupanina e hidroxiafilidina. Por tanto, concluimos que estas variaciones en el perfil y composición de alcaloides en las semillas de las diferentes especies del género *Lupinus* están relacionadas con la especie, lugar y fecha de colecta. También se identificaron dos alcaloides minoritarios: 11,12-dehidrolupanina y α -isolupanina. En la presente investigación reportamos a la lupanina como el mayor contribuyente en términos de abundancia relativa, así, en cotiledones 70,92 % y en vainas secas 51,30 % , seguida de la esparteína que se presenta con 0,64 % en hojas, hasta 22,18 % en vainas secas, haciendo un total de 73,5 % en la fructificación, mientras que los alcaloides minoritarios α -isolupanina y 11,12-dehidrolupanina y otros compuestos, estarían representados en el 26.5 % (tabla 3). Según el reporte de la EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM),(2019), considera que mediante una revisión extensa de la ocurrencia de AQ en semillas, *L. mutabilis* presentó una concentración de lupanina entre 47-58 %, esparteína 7,5-16 % y α -isolupanina 0.3 % o < 1, por GC-MS de dos autores consultados.



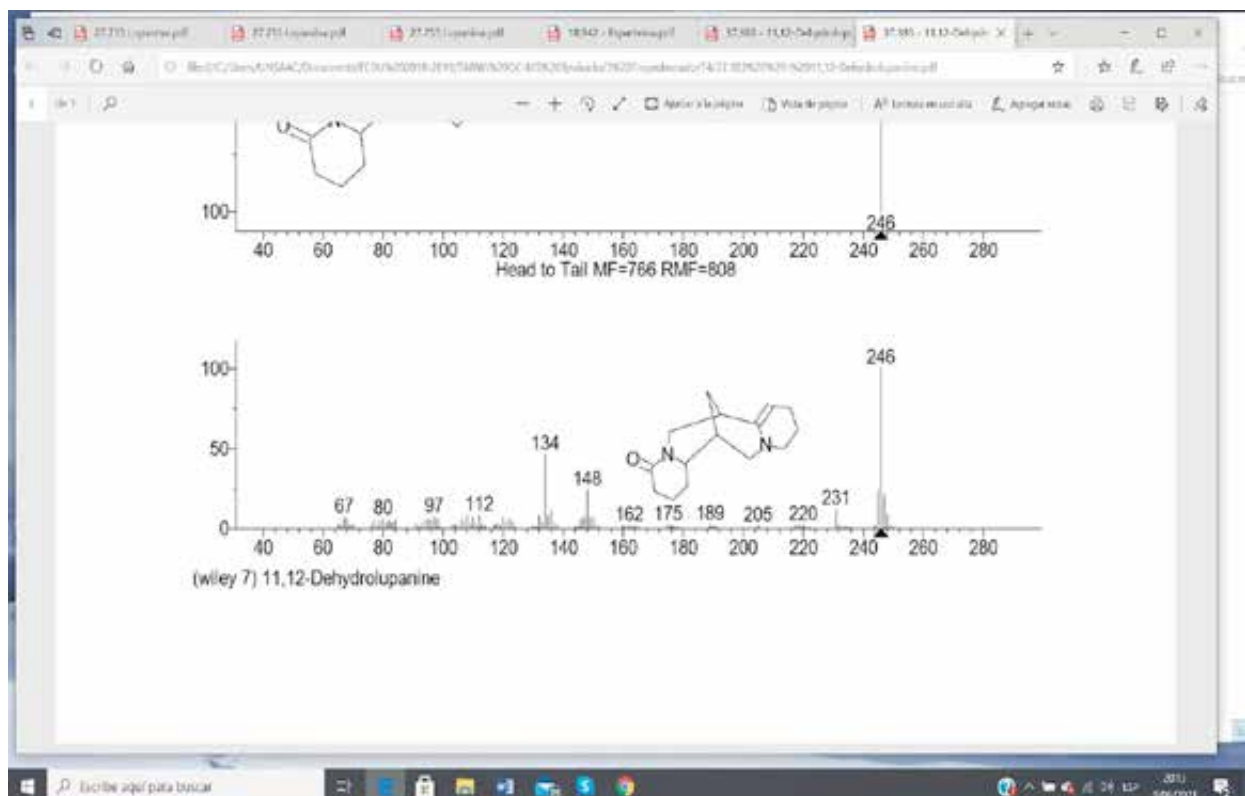
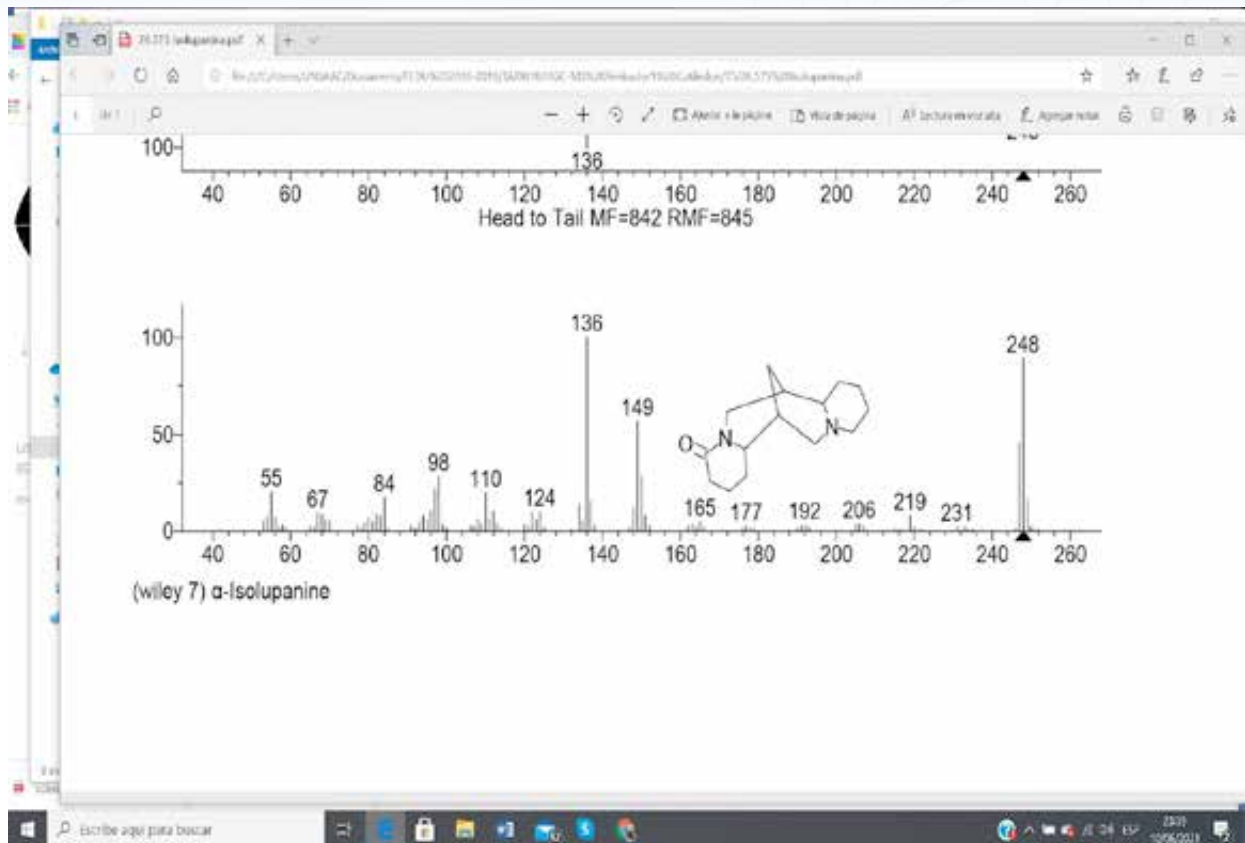


Fig. 1 Espectros de masa que muestran el patrón de fragmentación de los alcaloides quinolizidinicos identificados en *Lupinus mutabilis* Sweet.

En la presente investigación reportamos a la lupanina como el mayor contribuyente en términos de abundancia relativa, así, en cotiledones 70,92 % y en vainas secas 51,30 % , seguida de la esparteína que se presenta con 0,64 % en hojas, hasta 22,18 % en vainas secas, haciendo

un total de 73,5 % en la fructificación, mientras que los alcaloides minoritarios α -isolupanina y 11,12-dehidrolupanina y otros compuestos, estarían representados en el 26.5 % (Tabla 3). Según el reporte de la EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM),(2019), considera que mediante una revisión extensa de la ocurrencia de AQ en semillas, *L. mutabilis* presentó una concentración de lupanina entre 47-58 %, esparteína 7,5-16 % y α -isolupanina 0.3 % o < 1, por GC-MS de dos autores consultados.

Tabla 3 Abundancia relativa de alcaloides quinolizidinicos individuales (%) con respecto al contenido total en tejidos diferentes de *Lupinus mutabilis* Sweet, durante su desarrollo*.

Alcaloides Quinolizidinicos	Cotiledones	Hojas	Empedernado	Flores	Vainas verdes	Vainas secas
Lupanina	70,92	29,79	34,56	44,51	48,58	51,30
Esparteína	ND	0,64	3,24	2,89	21,62	22,18
α -Isolupanina	0,8	ND	ND	0,85	ND	0,86
11,12-Dehidrolupanina	1,09	2,02	1,35	0,38	1,25	0,91
Nutalina	ND	ND	ND	ND	1,58	ND

* Promedio

ND no detectado

Cabe destacar que en el análisis realizado en todos los tejidos de *L. mutabilis* no se han encontrado alcaloides teratogénicos, anagirina y amondentrina los que están relacionados con modificaciones al DNA, pero es necesario recalcar que la presencia de la esparteína y lupanina considerados como sustancias tóxicas, limitan la alimentación en animales y humanos, habiéndose comprobado en estudios de toxicidad aguda en ratones y cobayas que la esparteína es aproximadamente dos o tres veces más tóxica que la lupanina (Reporte de la EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain, 2019).

3.2. Perspectivas futuras

Actualmente se investigan diferentes métodos para disminuir el nivel de los AQ en el *Lupinus mutabilis*, por la importancia que tiene en la seguridad alimentaria, una de ellas es reportada por Calupiña (2020) que utiliza tres métodos, el tradicional, por fermentación y germinación; para la reducción del contenido de alcaloides en el tarwi, ya que estos compuestos provocan el sabor amargo y son tóxicos. La investigación identificó los mejores métodos de extracción de alcaloides en función de la Norma Técnica Ecuatoriana “establece un rango de 0,02 - 0,07 % de contenido de alcaloides para poder consumirlo sin riesgo de intoxicación”. Cortez,

2020 evaluar el perfil y los niveles residuales de alcaloides quinolizidinicos (QA) en *Lupinus mutabilis* Sweet, después del desamargado acuoso. Con base en los resultados obtenidos por cromatografía de gases y espectrometría de masas, identificaron ocho alcaloides antes del proceso de desamargado, y posteriormente solo encontraron pequeñas cantidades de lupanina (promedio 0.0012 g / 100 g MS) y esparteína (promedio 0.0014 g / 100 g MS) y no se identificaron otros alcaloides. El proceso de desamargado acuoso redujo el contenido de alcaloides a niveles muy por debajo del nivel máximo permitido por las regulaciones internacionales (\leq 0,2 g / kg de MS).

Sin embargo, se aprecia que se sigue utilizando agua, por lo que frente a estas investigaciones se reportan los trabajos de investigación de Vasconcelos, (2021) que trabajó un método verde alternativo para extraer alcaloides de lupino, con la intención de reducir el consumo de agua. La extracción con agua subcrítica fue el método elegido, en un reactor discontinuo, con agua a presión para que permanezca en estado líquido. Finalmente, Czepiel, et al.,(2021), caracterizaron los perfiles de expresión de genes relacionados con QA, junto con el contenido de alcaloides, en varios

órganos del lupinus dulce y amargo de hoja estrecha (NLL, *Lupinus angustifolius* L.). Se prestó atención al factor de transcripción RAP2-7, un regulador candidato de la vía QA. Demostraron la regulación positiva de RAP2-7 y otros genes relacionados con QA, a través de los órganos aéreos de un cultivar amargo y las correlaciones significativas entre sus niveles de expresión, apoyando así el papel de RAP2-7 como un gen regulador importante.

4. CONCLUSIONES

Los niveles de variación de los AQ, 13-hidroxilupanina, esparteína y lupanina, así como el contenido total de alcaloides fueron investigados durante el crecimiento y desarrollo de *Lupinus mutabilis* Sweet, en la variedad precoz CTC-0001, procedente del banco de germoplasma de la UNSAAC, Cusco-Perú, cuyo ciclo fenológico desde cotiledones hasta la obtención de las vainas secas (madures fisiológica) se mantuvo dentro de la condición de precocidad estimada (180 días, como máximo).

El contenido de alcaloides totales fue relativamente alto en las hojas con respecto a los diferentes tejidos de la planta utilizados, excepto en el caso de vainas verdes y vainas secas; sin embargo, en general los contenidos de alcaloides no fueron elevados. El control de la concentración de alcaloides totales es esencial en la prevención del problema potencial para la seguridad alimentaria.

Se empleó el método GC-MS para identificar y cuantificar por medio de su abundancia relativa individual, encontrando cuatro AQ, de los cuales lupanina y esparteína fueron los componentes mayoritarios, mientras la α -isolupanina y 11,12-dehidrolupanina se constituyeron en los alcaloides minoritarios, pero estuvo ausente en todas las etapas de desarrollo de la planta la 13-hidroxilupanina. Estos resultados proporcionan información sobre la naturaleza química, toxicidad y la etapa de crecimiento en la que el tarwi acumula los niveles más bajos de AQ, a fin de profundizar sobre el metabolismo activo de transporte y acumulación de estos compuestos en las partes vegetativas de la planta, así de esta manera regular, mediante manipulación genética, se podría desviar la acumulación de alcaloides en la semilla, evitando el uso de grandes volúmenes de agua en el proceso de desamargado.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berru LB, Glorio-Paulet P, Basso C, Scarafoni A, Camarena F, Hidalgo A, Brandolini A. Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. *Plant Foods Hum Nutr.* 2021 Mar;76(1):98-104. doi: 10.1007/s11130-021-00880-0. Epub 2021 Feb 1. PMID: 33523360.
- Calupiña Jácome, X. A., & Tipán Tipán, F. L. (2020). *Estudio del estado del Arte de tres tipos de desamargado (tradicional, fermentación y germinación), de dos Ecotipos de Chocho (lupinus mutabilis sweet) y de dos Índices de madurez, para determinar su factibilidad* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC.).
- Camarena F, Huaranga A, Jiménez J, Mostacero E.(2012). Revaloración de un cultivo subutilizado: Chocho o Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Edita CONCYTEC. La Molina.
- Czepiel, K., Krajewski, P., Wilczura, P., Bielecka, P., Święcicki, W., & Kroc, M. (2021). Expression Profiles of Alkaloid-Related Genes across the Organs of Narrow-Leafed Lupin (*Lupinus angustifolius* L.) and in Response to Anthracnose Infection. *International journal of molecular sciences*, 22(5), 2676.
- De Cortes Sánchez, M., Altares, P., Pedrosa, M. M., Burbano, C., Cuadrado, C., Goyoaga, C., ... & Dávila-Ortiz, G. (2005). Alkaloid variation during germination in different lupin species. *Food chemistry*, 90(3), 347-355.
- Cortés-Avenidaño, P., Tarvainen, M., Suomela, J. P., Glorio-Paulet, P., Yang, B., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Profile and content of residual alkaloids in ten ecotypes of *Lupinus mutabilis* Sweet after aqueous debittering process. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 184-191.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Dieter Schrenk, Laurent Bodin, James Kevin Chipman, Jesus del Mazo, Bettina Grasl-Kraupp, Christer Hogstrand, Laurentius

- (Ron) Hoogenboom, Jean-Charles Leblanc, Carlo Stefano Nebbia, Elsa Nielsen, Evangelia Ntzani, Annette Petersen, Salomon Sand, Tanja Schwerdtle, Christiane Vleminckx, Heather Wallace, Jan Alexander, Bruce Cottrill, Birgit Dusemund, Patrick Mulder, Davide Arcella, Kathleen Baert, Claudia Cascio, Hans Steinkellner and Margherita Bignami (2019). Scientific opinion on the risks for animal and human health related to the presence of quinolizidine alkaloids in feed and food, in particular in lupins and lupin- derived products. *EFSA Journal*.
- Frick, K. M., Kamphuis, L. G., Siddique, K. H., Singh, K. B., & Foley, R. C. (2017). Quinolizidine alkaloid biosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement. *Frontiers in Plant Science*, 8, 87.
 - Knecht, K., Sanchez, P., y Kinder, D. (2020). Lupine Seeds (*Lupinus* spp.): History of Use, Use as An Antihyperglycemic Medicinal, and Use as a Food Plant. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, Second Edition. Chapter 27. doi: org/10.1016/B978-0-12-818553-7.00027-9
 - Galek, R., Sawicka-Sienkiewicz, E., Zalewski, D., Stawiński, S., & Sychała, K. (2017). Searching for low alkaloid forms in the Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) collection. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 53(2), 55-62.
 - Latif, S., Chiapusio, G., y Weston, L. A. (2017). Allelopathy and the Role of Allelochemicals in Plant Defence. *Advances in Botanical Research*, Volume 82. ISSN 0065-2296. . doi:10.1016/bs.abr.2016.12.001
 - Lee, S. T., Ralphs, M. H., Panter, K. E., Cook, D., & Gardner, D. R. (2007). Alkaloid profiles, concentration, and pools in velvet Lupine (*Lupinus leucophyllus*) over the growing season. *Journal of chemical ecology*, 33(1), 75-84.
 - Múzquiz, M., Fernández, E. G., Juana, C. B., Pacual, H., Cabellos, B., Hoyo, C. C., & Pedrosa, M. M. (2011). Chemical composition of a new *Lupinus* species found in Spain, *Lupinus maria-josephi* H. Pascual (Fabaceae). *Spanish Journal of Agricultural Research*, (4), 1233-1244.
 - Przybylak, J. K., Ciesiołka, D., Wysocka, W., García-López, P. M., Ruiz-López, M. A., Wysocki, W., & Gulewicz, K. (2005). Alkaloid profiles of Mexican wild lupin and an effect of alkaloid preparation from *Lupinus exaltatus* seeds on growth and yield of paprika (*Capsicum annuum* L.). *Industrial Crops and Products*, 21(1), 1-7.
 - PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. Búsqueda Mayo 2021.
 - Quiroga, C.C. (2020) Native food crops for present and future generations: their role in nutrition and health. *Sustainability of the Food System*. Chapter 1. doi: [org/10.1016/B978-0-12-818293-2.00001-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818293-2.00001-X)
 - Rayo, C.A. (2020). *Los alcaloides del tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.) y su uso en el control de malezas de costa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
 - Villacrés, E., Quelal, Mari.Belé., Fernández, E., Garcia, G., Cueva, G., Rosell, C.M. (2020) Impact of debittering and fermentation processes on the antinutritional and antioxidant compounds in *Lupinus mutabilis* sweet, *LWT - Food Science and Technology*. doi: [org/10.1016/j.lwt.2020.109745](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109745)
 - Urrunaga, E. y Torres, J. (2020). Cuantificación de alcaloides totales de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) variedad precoz, a lo largo de su ciclo biológico. *Vademécum 2017* [http://vrin.unsaac.edu.pe/data/455-VADEMECUM%20DE%20INVESTIGACION%20FEDU%202017%20\(2\).pdf](http://vrin.unsaac.edu.pe/data/455-VADEMECUM%20DE%20INVESTIGACION%20FEDU%202017%20(2).pdf)
 - Vasconcelos, M. D. M. (2021). *Debittering of Lupinus albus L. using subcritical water extraction* (Doctoral dissertation).
 - Zamora, F., García, P., Ruiz, López, M., Rodríguez, M., y Salcedo, E. (2009). Composición y concentración de alcaloides en *Lupinus exaltatus* Zucc. durante su crecimiento y desarrollo. *Interciencia*, 34(9), 672-676.

Reconocimiento

Agradezco a mi institución por el financiamiento otorgado durante los periodos 2018-2019. Agradecemos a nuestra Institución por el financiamiento otorgado durante los periodos 2018-2019.

Diseño de prototipo estimulador magnético no invasivo de pulsado uniforme y prueba funcional con fantoma orientado a rápida cicatrización ósea

Magnetic stimulator prototype design non-invasive uniform pulsed and test functional with fantoma fast oriented bone healing

Gonzalo Suárez Sánchez⁽¹⁾

Betty Alegre Ramos⁽²⁾

1. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

<https://orcid.org/0000-0003-0542-5203> , gonzalo.suarez@pucp.edu.pe

2. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

<https://orcid.org/0000-0003-2933-279X> , betty.alegre@unsaac.edu.pe

Resumen

El prototipo es de naturaleza no invasiva y está conformado por un circuito electrónico generador de pulso, que será amplificado por una fuente de potencia de 1500 W. El pulso eléctrico de potencia alimentará a 3 pares de bobinas de Helmholtz en disposición triaxial. Estas bobinas producirán un campo magnético uniforme cruzado sobre un volumen definido que interaccionará con la fractura para conseguir la regeneración de tejido óseo.

El aporte y la innovación del equipo radica en que produce un campo magnético uniforme cruzado en tres dimensiones, mejorando la terapia considerablemente ya que el campo magnético se distribuirá e interaccionará en todo el volumen del hueso fracturado.

Primero, se desarrolló un modelo matemático con respecto al comportamiento del campo magnético. Segundo, se simuló el comportamiento del campo magnético en todo el volumen del hueso fracturado, es decir la parte donde el paciente recibirá el campo magnético como terapia. Para tal objetivo, se construyeron tres pares de bobinas de Helmholtz.

Es preciso resaltar que previamente se hizo un estudio y simulación de la disposición triaxial de las bobinas con el software Solid Work; así mismo para tal fin, se adquirió una fuente eléctrica conmutada (switching) de 1500 W de potencia y un modulador de ancho de pulso PWM con un rango de ajuste de frecuencia de 1 Hz a 100 kHz, ambos se conectaron a un transistor de potencia para amplificar la potencia del pulso.

Con respecto, al campo magnético estacionario, se estudió la homogeneidad del campo en cada bobina de Helmholtz, conocida la homogeneidad del campo magnético en los tres pares de las bobinas se realizaron estudios de disposición triaxial para la homogeneidad del campo magnético sobre la cabeza de un fémur, de un fantoma de acrílico relleno con agua, y en el plastinado de una pierna con la finalidad de estudiar el comportamiento del campo magnético sobre las características de un tejido humano. Finalmente procesamos los datos con el software Matlab para evaluar la homogeneidad del campo magnético.

Palabras claves: campo magnético pulsado, disposición triaxial, fantoma, plastinado, fuente switching, PWM.

Abstract

The prototype is non-invasive nature and is made up of an electronic pulse generator circuit, which will be amplified by a 1500 W power source. The electrical power pulse will feed 3 pairs of Helmholtz

coils in a triaxial arrangement. These coils will produce a uniform magnetic field crossed over a defined volume that will interact with the fracture to achieve bone tissue regeneration.

The equipment contribution and innovation is that it produces a uniform magnetic field crossed in three dimensions, considerably improving the therapy so that the magnetic field will be distributed and interact throughout the volume of the fractured bone.

First, a mathematical model was developed regarding the behavior of the magnetic field. Second, the behavior of the magnetic field in the entire volume of the fractured bone was simulated, that is, the part where the patient will receive the magnetic field as therapy, and where the two Helmholtz coils will separate. For this purpose, three pairs of Helmholtz coils were built.

It should be noted that a study and simulation of the triaxial arrangement of the coils was previously made with the Solid Work software. Likewise, for this purpose, a switched electrical source (switching) of 1500 W of power and a PWM pulse width modulator with a frequency adjustment range of 1 Hz to 100 kHz were acquired, both were connected to a power transistor. to amplify the pulse power.

Regarding the stationary magnetic field, the homogeneity of the field in each Helmholtz coil was studied, knowing the homogeneity of the magnetic field in the three pairs of coils, triaxial disposition studies were carried out for the homogeneity of the magnetic field on the head of a femur, of an acrylic phantom filled with water, and in the plastination of a leg in order to study the behavior of the magnetic field on human tissue characteristics. Finally we process the data with Matlab software to evaluate the magnetic field homogeneity.

key words

Pulsed magnetic field, triaxial arrangement, phantom, plastinated, source switching, PWM.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación que se presenta en este artículo recoge el modelamiento físico matemático, diseño y construcción de un dispositivo generador de campo magnético pulsado, siguiendo el proceso metodológico que consiste en modelar de manera física el comportamiento del campo magnético, simular en un ordenador el modelo físico matemático, diseñar y construir a partir de la simulación, recoger datos experimentales del campo magnético, procesar los datos experimentales en un ordenador y por último analizar dichos datos. Se plantea la problemática referida al uso recurrente de técnicas invasivas en el tratamiento de las fracturas óseas, teniendo un abanico de métodos no invasivos para ayudar al paciente. Se plantea el uso de un equipo de magnetoterapia, el cual puede ser construido en nuestro país con algunas mejoras como la distribución homogénea del campo magnético sobre la fractura, que es el objeto de investigación del presente trabajo de tesis, como un aporte al estado del conocimiento en la materia. Se hizo una recolección de información bibliográfica del tratamiento con campo magnético pulsado.

La Terapia de Campo Electromagnético Pulsado (PEMFT, por sus siglas en inglés) es una alternativa para acelerar el proceso de curación de las fracturas y también para disminuir el dolor y mejorar la calidad de vida de los pacientes. El Campo Electromagnético Pulsado (PEMF, por sus siglas en inglés) proporciona una alternativa segura en la terapia del paciente y no utiliza medicamentos. Los dispositivos con PEMF cuestan menos que muchas cirugías, lo que las convierte en una forma asequible y eficaz de promover la recuperación, mantener el bienestar y mejorar la calidad de vida del paciente.

Una de las principales aplicaciones clínicas de los PEMF se centra en las fracturas tardías de consolidación o pseudoartrosis, el 5-10 % de las fracturas pueden desarrollar consolidación tardía o pseudoartrosis con el tratamiento habitual. Estas fracturas óseas sin consolidación no solo traerán

consigo dolor prolongado y discapacidad para los pacientes, sino que también resultarán en una pesada carga social y económica (Galkowski, 2009). La cirugía es actualmente el tratamiento preferido para las uniones tardías y las fracturas por pseudoartrosis, pero probablemente puede provocar complicaciones graves, como daño neurovascular, infección o problemas relacionados con los implantes (Huac, 2020). Como alternativa, la terapia PEMF, ha atraído la atención de los médicos en los últimos años ya que tiene el potencial de reducir el riesgo de estas complicaciones (Markov, 2007). Con base en los hallazgos actualmente positivos de los estudios publicados emergentes, los PEMF muestran un gran potencial para convertirse en una modalidad de tratamiento independiente o complementario para tratar los trastornos musculoesqueléticos, debido a su no invasividad, seguridad y eficacia. Numerosos estudios han explorado los mecanismos celulares y subcelulares subyacentes de la estimulación PEMF en diversas enfermedades musculoesqueléticas, proporcionando una base molecular para extender su aplicación clínica (Huac, 2020).

A pesar de esto, los dispositivos de terapia electromagnética de pulso no son muy populares en el Perú. Nuestro país no cuenta con nuevas alternativas para el tratamiento de fracturas óseas, en algunos casos se recurre a tratamientos invasivos cuando la fractura no ha podido sanar después de un tratamiento estándar de ajuste y estabilización con yeso, este es el caso de la inserción de clavos para ayudar a la cicatrización del tejido óseo. Ante esta problemática, este artículo tiene como objetivo construir un prototipo de equipo terapéutico con campo magnético uniforme pulsado en disposición triaxial que ayude de manera muy significativa y acelere el proceso de cicatrización de tejido óseo fracturado del paciente.

En el año 1979 fue aprobado el primer dispositivo PEMF para el tratamiento de fracturas tardías por el Food and Drug Administration (FDA)¹ dando así inicio a los tratamientos con PEMF y sus beneficios. Millones de personas en todo el mundo han recibido ayuda para el tratamiento del sistema musculoesquelético, así como para aliviar el dolor (Markov, 2007). Polk en el Handbook Biological Effects of Electromagnetic Fields presenta los primeros estimuladores de crecimiento óseo aprobados por la FDA de los EE.UU. (Polk, 1996, pág. 233).

La utilización de los PEMF no es un tratamiento nuevo en la terapia del tejido óseo, en el congreso de la Asociación de Bioelectromagnetismo Europeo (EBEA), celebrado en Zagreb a finales de 1998, el Dr. Pilla señala que la respuesta clínica a los campos electromagnéticos pulsados PEMF no suele ser inmediata, sino que requiere de un tratamiento diario durante varios meses, especialmente en el caso de las fracturas óseas con soldadura retardada (Bardasano, 2000, pág. 197).

La mayoría de los PEMF que se utilizan en magnetoterapia trabajan entre frecuencias de 1- 100 Hz con una inducción magnética de 1-100 Gauss (Valero, 1994) esto depende de la patología a tratarse, estos equipos trabajan con un solenoide alimentado por una corriente alterna.

Se han hecho estudios si los campos magnéticos pulsados afectan el ADN en dichos estudios los datos generales sugirieron que en 8 semanas de exposición continua a PEMF no indujeron genotoxicidad y citotoxicidad significativamente en ratones experimentales (Siddharth, 2010). Se han desarrollado diferentes disposiciones de bobinas para la exposición, el estudio y experimentación de los PEMF (Kirschvink, 1992), uno de los más utilizados para diferentes estudios son los diseñados en la conocida disposición de las bobinas de Merritt² estas bobinas están aisladas con acrílico e incorporan todas las características actualmente reconocidas que implican la exposición de sistemas biológicos a sistemas magnéticos (Bary, 1994). También se utilizan equipos que proporcionan un buen control de la temperatura de la cámara de exposición magnética, construidas con bobinas de Helmholtz (Christopher, 1999). Los equipos actuales pulsan el campo magnético en una sola dirección en la zona dañada, el presente trabajo de investigación propone un prototipo cuyo pulso de tratamiento sea en tres direcciones con la finalidad de cubrir

1 Es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos, aparatos médicos, medicamentos, cosméticos, productos biológicos y derivados sanguíneos.

2 Es una disposición de bobinas cuadradas en serie que producen campos magnéticos uniformes.

todo el volumen de una fractura ya que el pulso en una sola dirección no cubre el volumen total de la fractura. Además, el campo magnético debe ser uniforme en todo el volumen de la fractura.

A un futuro se piensa en aplicar los PEMF en el tratamiento de la osteoporosis posmenopáusicas (PMOP) ya que se tienen ensayos clínicos, estudios celulares y pruebas en animales (Siyi, 2017). Los PEMFT es una alternativa no invasiva para el tratamiento de fracturas, en nuestro país poco se conoce de su aplicación. Según información del Ministerio de Salud la osteoporosis está considerada como la causa principal de las roturas de huesos, especialmente de cadera, de vértebras o de muñecas, que producen un gran número de hospitalizaciones e invalidez, registrándose un promedio de 10 fracturas mensuales en los hospitales del Ministerio de Salud.

Según datos del Ministerio de Salud, la osteoporosis en nuestro país se ha incrementado de manera progresiva durante esta última década y actualmente constituye un problema de salud pública en el Perú.

La NASA ha estado probando el efecto de PEMF como una contra medida para la pérdida ósea y la degeneración muscular encontrada por los astronautas en misiones espaciales largas y se ha observado la rápida regeneración del tejido a una velocidad superior a la velocidad normal de regeneración del tejido. Por tal razón, los científicos de la NASA tienen una patente de un dispositivo PEMF que utiliza campos magnéticos de onda cuadrada para mejorar la tasa de regeneración de tejidos del cuerpo humano (Goodwin, 2009).

Durante los últimos 50 años se ha hecho paulatinamente más claro que diferentes tipos de células no excitables modifican su comportamiento cuando ocurren cambios apropiados en su micro ambiente eléctrico. Existe una gran cantidad de evidencia que demuestran que los PEMF tiene influencia sobre los diferentes tipos de células no excitables (Xu, 2010) tanto a nivel de laboratorio como a nivel clínico (Bassett, 1989).

En un estudio de casos y controles de 40 pacientes con artrosis cervical atendidos en el Servicio de Rehabilitación Integral del Hospital Provincial Docente “Dr. Joaquín Castillo Duany” de Santiago de Cuba, a fin de evaluar la efectividad de la magnetoterapia para aliviar el dolor. El uso de la magnetoterapia combinada garantizó mejores niveles de recuperación en la escala del dolor, incluso más rápidos que en el grupo tratado convencionalmente (Niubó, 2010). En un estudio con 34 pacientes con diagnóstico de osteoartritis que fueron atendidos en el Centro Nacional de Control del Dolor y Cuidados Paliativos. En el estudio un elevado porcentaje de pacientes con osteoartritis disminuyeron su nivel de dolor con el tratamiento de campos magnéticos pulsados. Otro dato de importancia fue que luego de iniciado el régimen, los pacientes alegaron mejorar su patrón de sueño (Abadía, 2008).

Diferentes configuraciones de PEMF se han utilizado para demostrar su eficacia en la reparación de fracturas óseas (Daish, 2018).

2. HOMOGENEIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO (H)

La homogeneidad del campo magnético, H, es una medida de la variabilidad del campo magnético dentro de una región definida del espacio. Se cuentan con diferentes enfoques para cuantificar este parámetro, siendo una de las formas más comunes definir la no homogeneidad del campo magnético en términos de la variación relativa de la inducción magnética en un punto del espacio dentro del volumen de interés en relación al valor de la inducción magnética en el punto central del sistema de bobinas (Sato, 2000). Esta definición considera a H como un índice que depende de la posición del punto del espacio considerado y no suministra información global acerca de la homogeneidad dentro de un volumen de interés (Azpúrua, 2012).

$$H = 1 - \frac{B_{max} - B_{min}}{\bar{B}}$$

Donde B_{max} y B_{min} son los valores máximo y mínimo respectivamente, tomados de la inducción magnética dentro del volumen de trabajo. Así, H se mide como la desviación máxima de la inducción magnética en relación al promedio de la inducción, \bar{B} , dentro del volumen V .

2.1. Frecuencia de la Onda del PEMF

El bioelectromagnetismo es el estudio de la interacción entre los campos electromagnéticos no ionizantes y los sistemas biológicos. Con frecuencias extremadamente bajas ($ELF \leq 300\text{Hz}$) del espectro electromagnético, surgen terapias experimentales para una variedad de afecciones médicas, como fracturas óseas no consolidadas, úlceras cutáneas, etc (Shupak, 2003). Según otra literatura, los campos electromagnéticos que ocupan la banda de frecuencia entre 3 Hz y 3 KHz se denominan frecuencia extremadamente baja (ELF) (Campbell, 1967). Persinger y colaboradores, desde un punto de referencia más psicofisiológico, han indicado que los campos magnéticos y eléctricos variables en el tiempo y ondas electromagnéticas de frecuencia extremadamente baja (ELF), ocupan la banda de frecuencia de 0.01 a 100 Hz (Persinger, 1973).

2.2. Intensidad de la Onda del PEMF

Desde el punto de vista de la salud y la seguridad, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha elaborado directrices de seguridad sobre la densidad de flujo magnético que produciría densidades de corriente potencialmente peligrosas en los tejidos. A partir de los datos disponibles sobre exposición humana a campos magnéticos variables en el tiempo, en el rango de $10 - 100 \frac{mA}{m^2}$ (de campos superiores a 5 – 50 mT a 50 – 60 Hz), se superan varios umbrales de estimulación que conducen a riesgos para la salud.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Las bobinas de Helmholtz es un dispositivo utilizado en ciencias e ingeniería para generar un campo magnético uniforme en una pequeña región, muy utilizada en los laboratorios de experimentación. Las bobinas de Helmholtz consisten en dos bobinas circulares planas, cada bobina tienen N espiras y transportan una misma cantidad de corriente eléctrica fluyendo en el mismo sentido.

La disposición de las bobinas de Helmholtz permite realizar experimentos que requieren un campo magnético central uniforme. Decimos que el campo magnético es uniforme cuando el vector inducción magnética \vec{B} es el mismo en toda la zona de experimentación tanto en módulo, dirección y sentido.

La generación de campo magnético en las bobinas de Helmholtz puede ser estática o variable en el tiempo dependiendo de la corriente que transporta cada bobina en conjunto. Las bobinas de Helmholtz se utilizan con frecuencia para el estudio de la exposición de los campos magnéticos sobre los sistemas biológicos, tales como células, plantas y seres humanos, considerando de que el campo magnético en la región ocupada por el sistema biológico es relativamente uniforme (Glenn, 1989). Los PEMF utilizan un solenoide en magnetoterapia trabajan con frecuencias comprendidas entre 1-100 Hz con una intensidad de inducción magnética de 1-100 Gauss (Valero A. , 1994, pág. 60). Esto depende de la patología a tratarse.

3.1. Inducción magnética en el eje de simetría de la bobina de Helmholtz

La disposición de la bobina de Helmholtz consiste en colocar en planos paralelos dos conductores circulares en serie; pero con arrollamientos opuestos. La inducción magnética total en cualquier punto sobre el eje de la bobina de Helmholtz será:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 a^2 i}{2} \left\{ \frac{1}{(a^2 + (b+x)^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{(a^2 + (b-x)^2)^{\frac{3}{2}}} \right\} \hat{i}$$

Si la separación entre ambos conductores circulares es $a=2b$. El módulo de la inducción magnética en el punto medio (cuando $x = 0$) de la bobina de Helmholtz, será:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 i}{a}$$

3.2. Error relativo de la uniformidad de campo magnético en el eje de simetría de la bobina de Helmholtz

El error relativo es un índice de la precisión de la medida, **cuanto menor es dicho error mayor es la precisión**. Se define como el cociente entre el error absoluto de la inducción magnética (ΔB) y la cantidad medida de la inducción magnética (B).

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta B}{B}$$

Para determinar el error relativo en el centro de la bobina de Helmholtz tenemos:

$$\varepsilon_r = \frac{B(0) - B(x)}{B(0)}$$

La función $B(x)$ se expresa como una serie de Taylor alrededor del punto c . Como se quiere determinar la mínima variación de B en el origen de coordenadas $(0,0)$, entonces la serie de Taylor estará alrededor del punto $c = 0$. Entonces $B(x)$ será expresada como una serie de Maclaurin. Podemos expresar el error relativo en función del eje X por la siguiente expresión (Suárez, 2022):

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta B}{B} = 1.15x^4$$

Tabla 1: Error relativo porcentual de la uniformidad del campo magnético

x	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$
$\varepsilon_r \% = \frac{\Delta B}{B} 100\%$	7 %	1,42 %	0,73 %	0,18 %	0,09 %

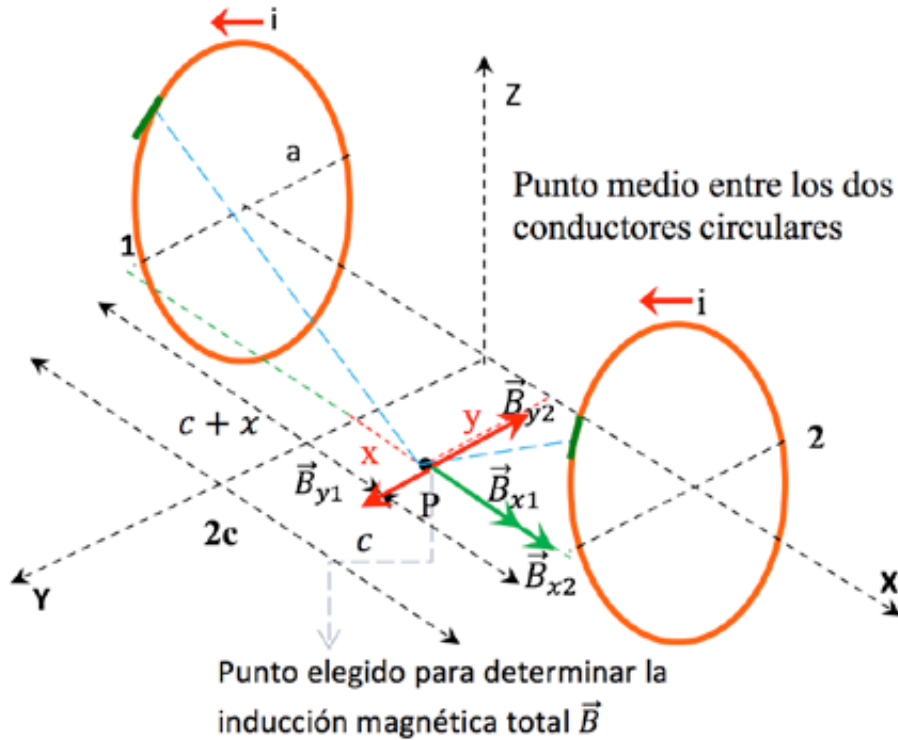
Se observa en la tabla 1 que a medida que el valor de x tiende a cero, el error relativo de la inducción magnética ε_r es menor a la unidad. Lo que confirma la precisión de la medida de la inducción magnética B , es decir, el campo magnético es más uniforme a medida que x tienda a cero.

3.3. Inducción magnética en un punto fuera del eje de simetría de una bobina de Helmholtz

Para determinar la inducción magnética en un punto fuera del eje de la bobina de Helmholtz se parte de la figura 1.

Figura 1.

Vista de las bobinas de Helmholtz, en el punto P se determina la inducción magnética total.



La inducción magnética generada por las dos bobinas en el punto P será:

$$\vec{B} = (B_x, B_y)$$

Las componentes B_x y B_y de la inducción magnética total en función del número de vueltas N y en función de las integrales elípticas serán (Suarez, 2022):

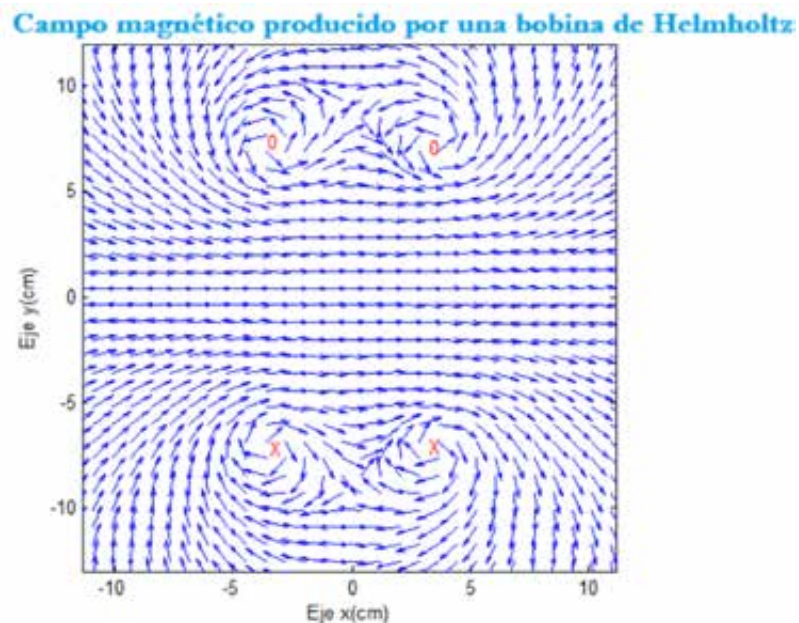
$$B_x = \frac{\mu_0 i N a^2}{2\pi(2ay)^{3/2}} \left(\frac{m_1}{2-2m_1} \sqrt{2m_1} E(m_1) + \frac{m_2}{2-2m_2} \sqrt{2m_2} E(m_2) \right) + \frac{\mu_0 i N a y}{2\pi(2ay)^{3/2}} \left(\sqrt{2m_1} K(m_1) + \sqrt{2m_2} K(m_2) - \frac{2-m_1}{2-2m_1} \sqrt{2m_1} E(m_1) \right) + \frac{\mu_0 i N a y}{2\pi(2ay)^{3/2}} \left(\frac{2-m_2}{2-2m_2} \sqrt{2m_2} E(m_2) \right)$$

$$B_y = \frac{-\mu_0 i N a (x+c)}{2\pi(2ay)^{3/2}} \left(\sqrt{2m_1} K(m_1) - \frac{2-m_1}{2-2m_1} \sqrt{2m_1} E(m_1) \right) + \frac{\mu_0 i N a (c-x)}{2\pi(2ay)^{3/2}} \left(\sqrt{2m_2} K(m_2) + \frac{2-m_2}{2-2m_2} \sqrt{2m_2} E(m_2) \right)$$

Teniendo las componentes de la inducción magnética en cualquier punto fuera del eje de la bobina de Helmholtz, se trazan las líneas de inducción magnética en el plano XY. Utilizando el software Matlab tendremos de manera visual la disposición de los vectores inducción magnética (color azul) en toda la zona de experimentación y en las proximidades de las bobinas como se muestra.

Figura 2.

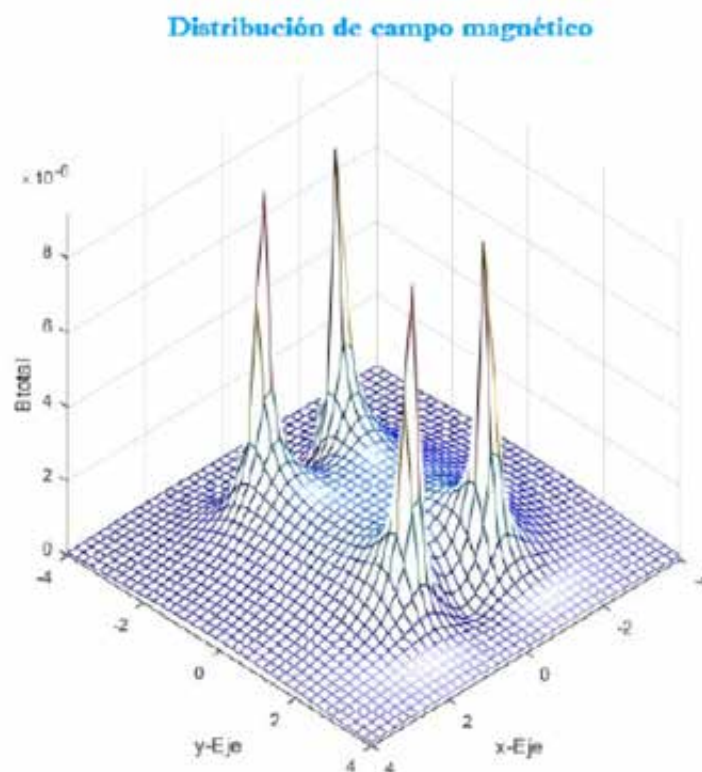
Vectores de inducción magnética de color azul de la bobina de Helmholtz visto de frente, con la corriente saliendo de (O) y entrando en (X) en el plano del papel. Imagen resultado de la simulación.



La superficie del campo magnético total se puede graficar en 3D y observar la intensidad y uniformidad del campo magnético en la zona de experimentación de las bobinas de Helmholtz, cómo se puede ver.

Figura 3.

Distribución de campo magnético visto en 3D de una bobina de Helmholtz, donde la uniformidad de campo se observa en el medio de los cuatro picos (los picos corresponden a la ubicación de las bobinas). La imagen es elaboración propia, resultado de la simulación.



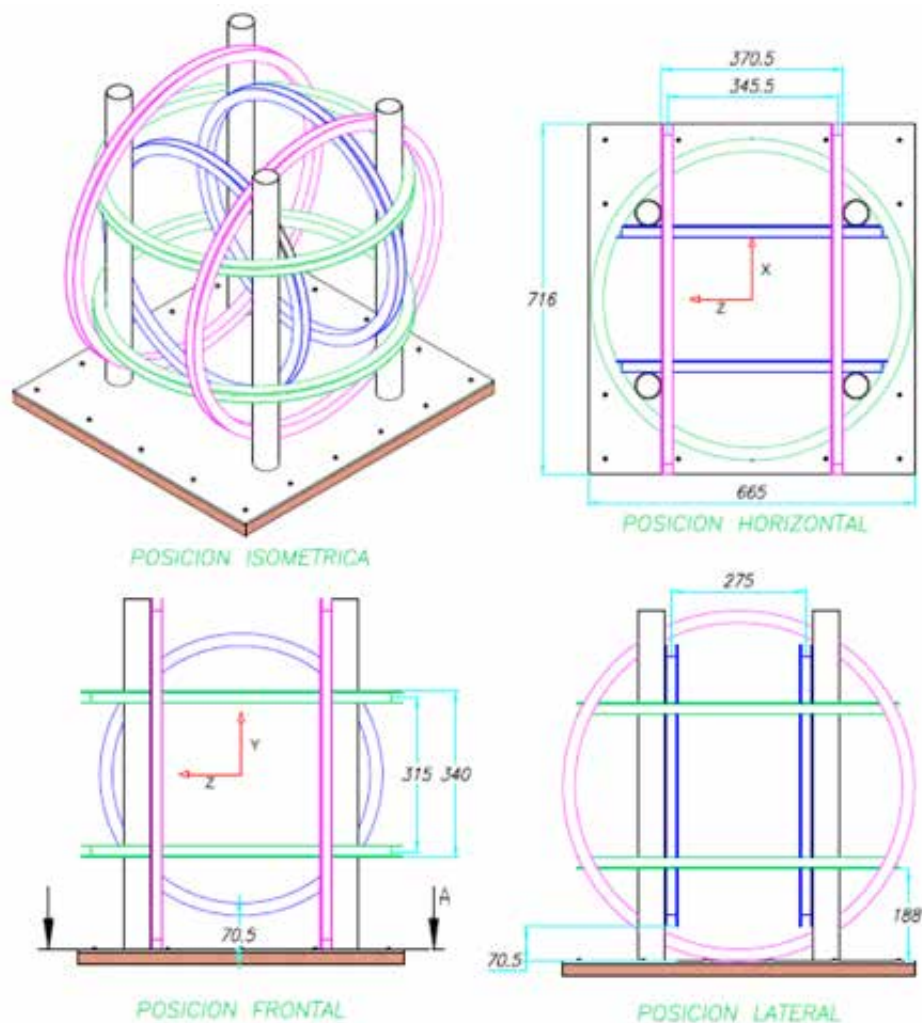
Los picos corresponden a la máxima inducción magnética, en dichos picos están ubicadas las dos bobinas que conforman el sistema de bobinas de Helmholtz. En el centro de los picos el campo magnético es uniforme.

3.4. Diseño de las bobinas de Helmholtz

Se desarrolló un conjunto de tres pares de bobinas de Helmholtz (grande, mediana y pequeña), las cuales primero se desarrollaron sobre una masa de aluminio y luego se procedió a tornearse con las especificaciones del programa Solid Work. Los planos de la Figura 4. corresponden a los tres pares de bobinas de Helmholtz en disposición triaxial.

Figura 4.

Planos de las tres bobinas de Helmholtz en disposición triaxial diseñados en el Solid Work. Anidadas de tal forma que el centro geométrico de estas se genera inducción magnética uniforme.



3.5. Simulación de las bobinas de Helmholtz

Para el análisis numérico de la inducción magnética generada por las bobinas de Helmholtz en punto P cualquiera $\vec{B} = (B_x, B_y)$, los comandos de programación fueron desarrollados en el Matlab para simular la distribución de la inducción magnética en la zona de experimentación teniendo como variables la corriente eléctrica i , el número de espiras N y el radio de la bobina a . El resultado de la simulación del modelo matemático de las componentes B_x y B_y de la distribución del campo magnético para las tres bobinas diseñadas. Fue lo esperado teniendo la homogeneidad de la inducción magnética en toda la zona experimental como se puede ver en las figuras 5, 6 y 7.

Figura 5.

Simulación del modelo matemático en Matlab de la distribución del campo magnético de la bobina de Helmholtz grande.

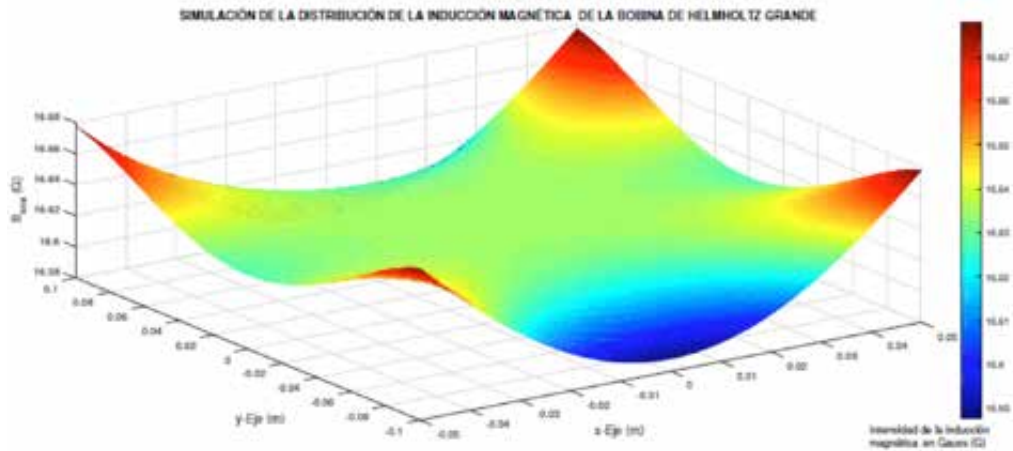


Figura 6.

Simulación del modelo matemático en Matlab de la distribución del campo magnético de la bobina de Helmholtz mediana.

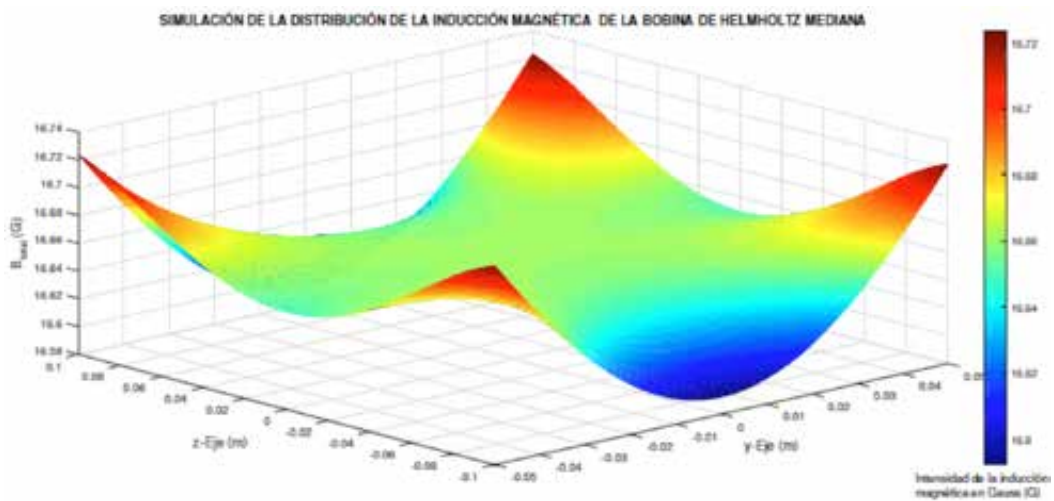
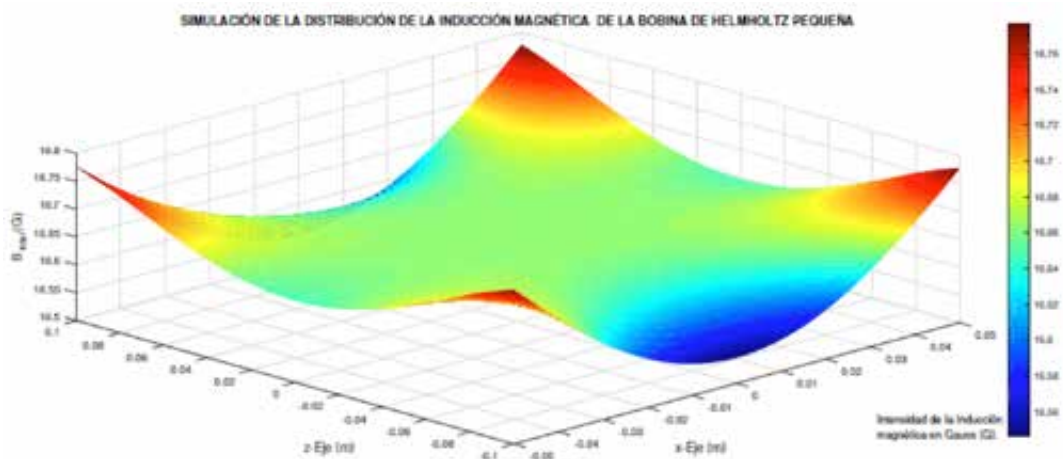


Figura 7.

Simulación del modelo matemático en Matlab de la distribución del campo magnético de la bobina de Helmholtz pequeña.



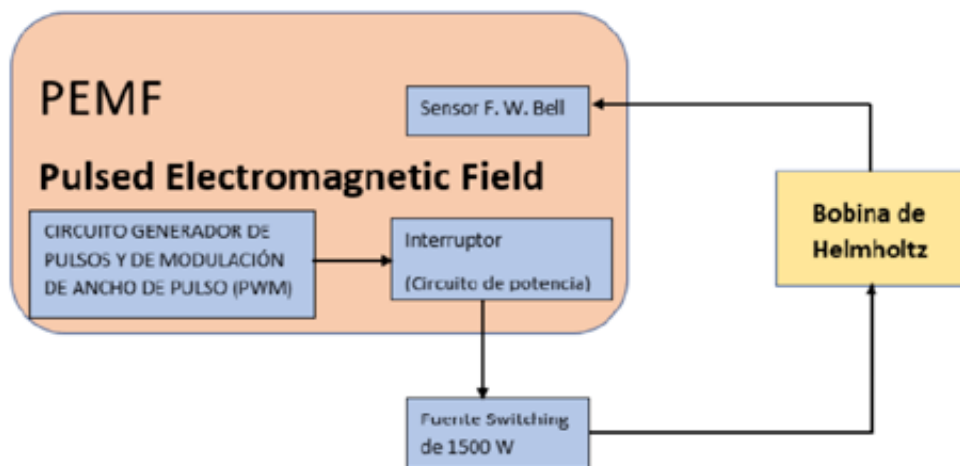
La simulación se realizó de acuerdo a las características técnicas de cada bobina tomando en cuenta sus características geométricas y físicas. En la simulación se observa que la intensidad de la inducción magnética es homogénea en toda la zona de experimentación de las tres bobinas de Helmholtz representado por isosuperficie de color verde.

3.6. Diagrama de bloques del PEMF

El dispositivo PEMF de terapia adyuvante de consolidación de fractura no invasivo, consta de 4 módulos. Un circuito de potencia, una fuente switching, bobinas de Helmholtz, circuito generador de pulsos y de modulación de ancho de pulso (PWM).

Figura 8.

Diagrama de bloques del estimulador PEMF.



3.7. Fantoma

Se elaboró un fantoma en base a la forma de un maniquí de ropa con las dimensiones de un hombre peruano. Se eligió un maniquí tomando en cuenta las dimensiones de un hombre estándar de 1.72 metros. Para comprobar las dimensiones y elegir el maniquí correcto utilizamos los datos de proporcionalidad del tamaño relativo de la pierna (Irving, 2016). Si tendríamos un maniquí de un hombre de 1.72 m, la pierna tendría un tamaño de 0.4214 m. Luego se procedió a elaborar el molde tomando como base el maniquí. Para el molde, se mezcló alginato con agua en un recipiente luego se colocó sobre la pierna del maniquí. Se determinó que tenga la misma densidad de los músculos para que sea un tejido equivalente al del cuerpo humano.

El fantoma es una botella elaborada de resina y con forma de pierna, la cual se rellena con agua para que sea equivalente al tejido de una pierna humana. El motivo por el cual rellenas con agua, es para asemejar al cuerpo humano, ya que el porcentaje de agua en un cuerpo humano adulto es de 65 %. Además, se dejaron pequeños espacios para colocar los electrodos, de manera que cuando el fantoma se abre en dos piezas podemos ubicar los electrodos y visualizar dónde se van a irradiar y marcar los campos.

Figura 9.

La figura de la izquierda es la base de acrílico donde se coloca el fémur, entre la superficie del hueso y la del acrílico se tienen espacios pequeños para colocar los sensores Hall. La figura de la derecha es la tapa del acrílico rellena con agua. La base y la tapa forman un fantoma en forma de una pierna humana. Dicho fantoma contiene agua en su interior para simular y asemejar la densidad de la musculatura humana.



4. RESULTADOS

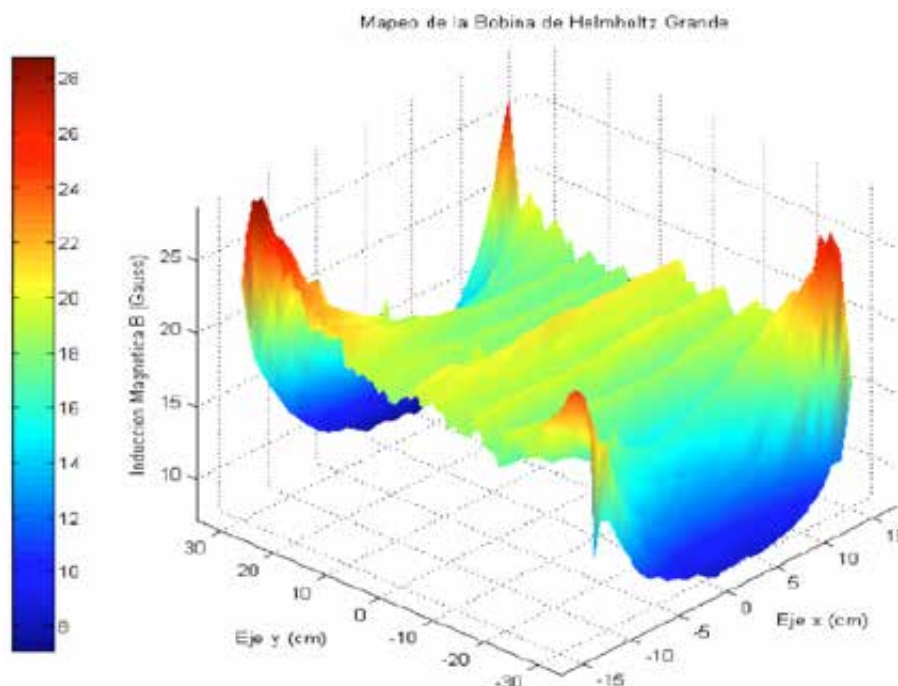
Para la recolección de los datos se utilizó el sensor de campo magnético F.W. Bell modelo 5180 de Pacific scientific, sensores Hall y una malla de puntos para determinar la variación espacial de la inducción magnética. La exactitud de las mediciones es de $\pm 1.1\%$ la cual es la exactitud del gaussímetro Bell.

Los datos se recogieron alimentando a las bobinas de Helmholtz con una corriente de 3.7 Amperios. Se recolectaron los datos de inducción magnética sobre los planos XY, XZ y YZ y luego estos datos se procesaron con el programa Matlab.

Los resultados de la variación espacial de la inducción magnética son similares a la simulación, como podemos ver en las figuras 10, 11 y 12.

Figura 10.

La inducción magnética B es uniforme en el centro de la bobina de Helmholtz grande y va cambiando a medida que se aleja del centro.



La inducción magnética sobre el eje simétrico de la bobina grande es $B = 18.90$ G. El grado de dispersión o variabilidad de la inducción magnética se determinó por la ecuación de la desviación estándar:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}{n - 1}} = 0.27$$

El error probable se define como el 68.2% de la desviación estándar entonces tendremos:

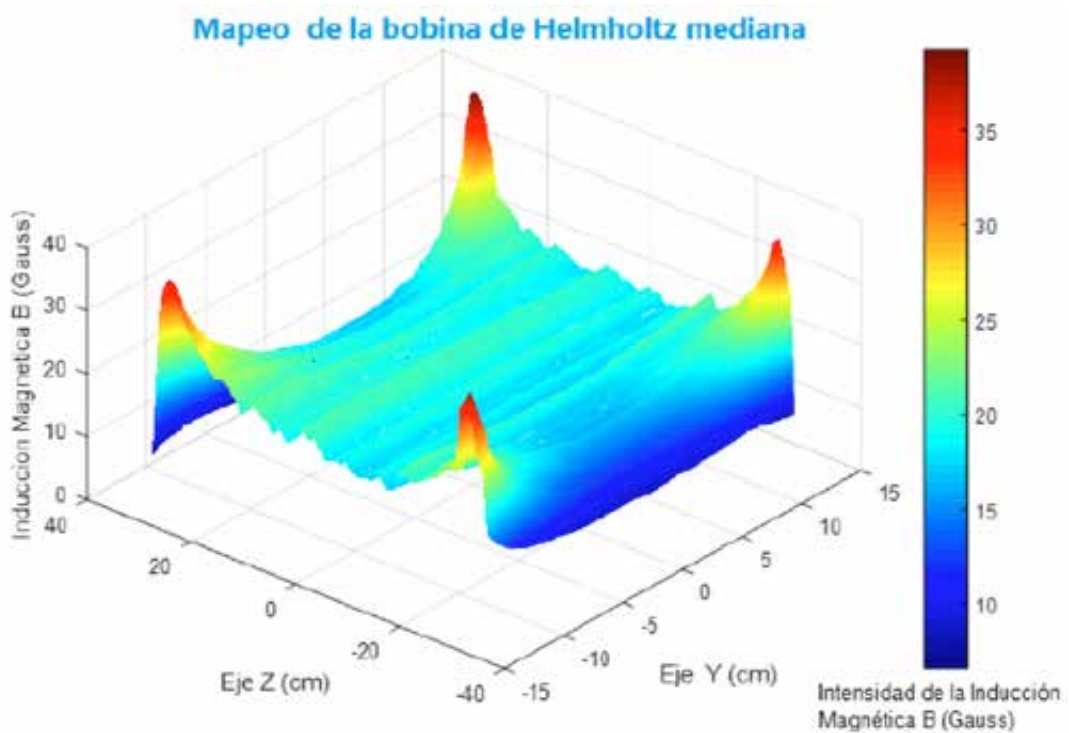
$$\epsilon_p = 0.682 \times s = 0.19 \approx 0.2$$

Por lo tanto, el resultado de la inducción magnética sobre el eje simétrico de la bobina grande es:

$$B = (18.9 \pm 0.2) \text{ G}$$

Figura 11.

La inducción magnética B es uniforme en el centro de la bobina de Helmholtz mediana.

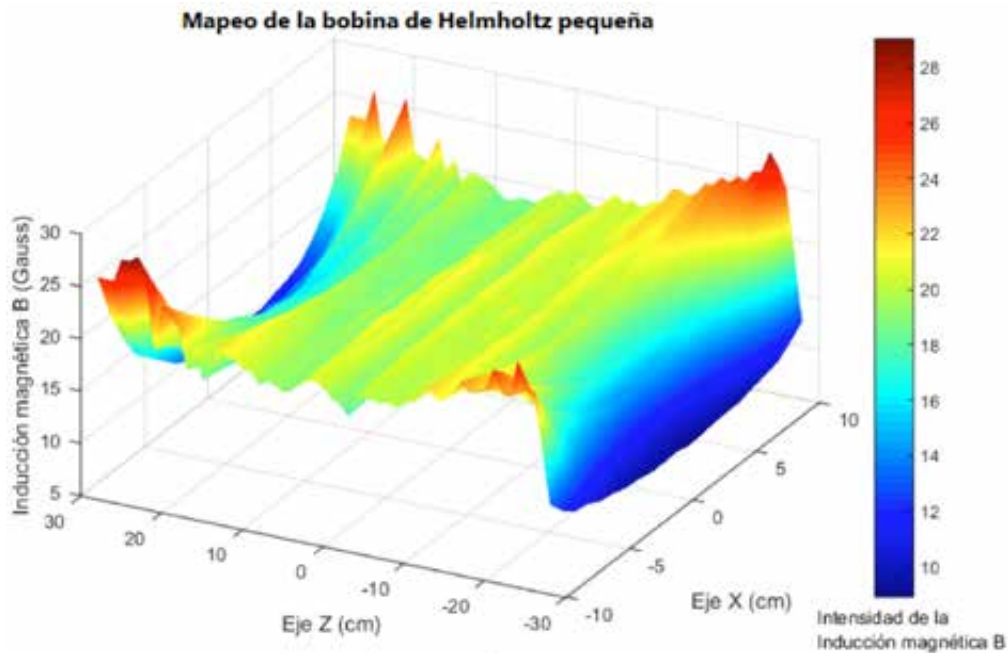


La inducción magnética sobre el eje simétrico de la bobina mediana es:

$$B = (19.74 \pm 0.2) \text{ G}$$

Figura 12.

La inducción magnética B es uniforme en el centro de la bobina de Helmholtz mediana.



La inducción magnética sobre el eje simétrico de la bobina mediana es:

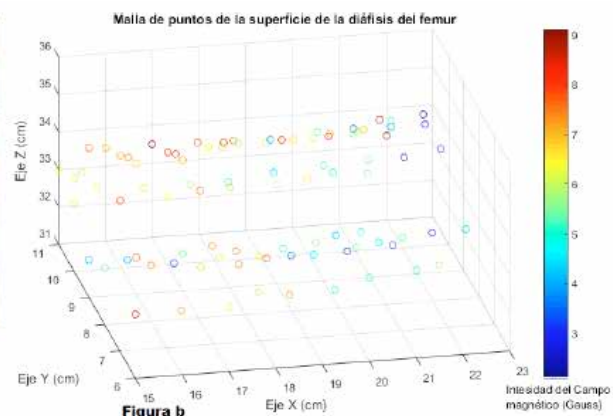
$$B = (20.9 \pm 0.3) \text{ G}$$

4.1. Prueba funcional con fantoma

Rellenamos el fantoma con 3 litros de agua. Luego se realizó un mallado de puntos sobre la diáfisis del fémur encontrando las coordenadas de los puntos de la malla, después se colocó el fantoma al interior de las bobinas de Helmholtz en disposición triaxial. Sobre cada punto de la malla se midió la intensidad de la inducción magnética.

Figura 13.

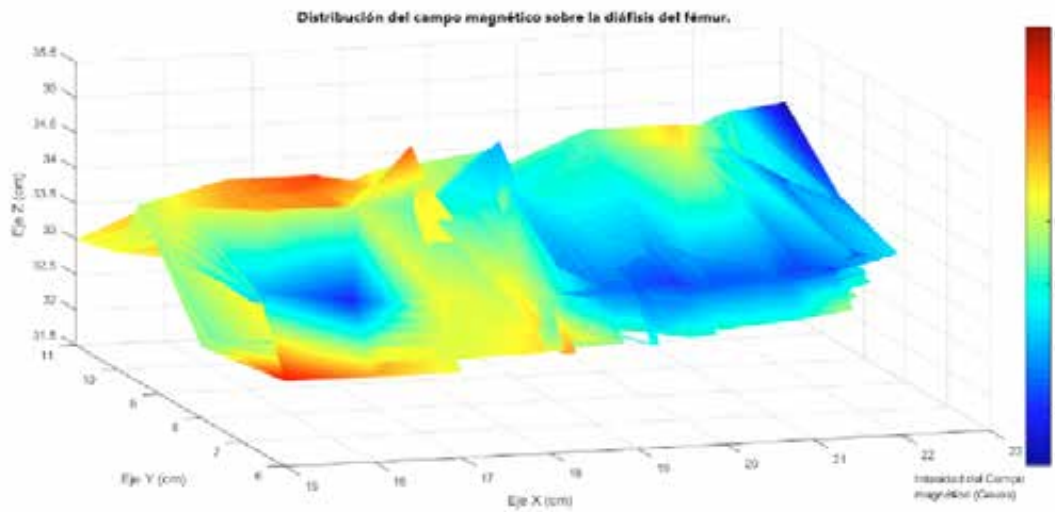
En la figura (a) se tiene el hueso fémur con su respectiva malla de puntos para ubicar las coordenadas de dichos puntos sobre un eje de coordenadas. En la figura (b) se muestra los puntos en el espacio con su respectiva intensidad de campo magnético.

**Figura a****Figura b**

Las bobinas en disposición triaxial fueron programadas para generar un campo magnético de 10 G, pero se observa una atenuación importante en el campo magnético ya que el promedio de la uniformidad es de $B = 5.95 \text{ G}$. A pesar de esta atenuación se observa que el campo magnético se distribuye de manera uniforme.

Figura 14.

El campo magnético se distribuyó sobre la diáfisis del fémur el cual fue cubierto con el fantoma de agua.



El valor más probable de la inducción magnética es $B = 5.95$ G. El grado de dispersión o variabilidad de los datos es.

$$s = 1.55 \text{ G}$$

Por lo tanto, el resultado de la inducción magnética sobre la diáfisis femoral se puede expresar como:

$$B = (5.95 \pm 1.06) \text{ G}$$

5. DISCUSIÓN

Los resultados de la simulación encontrados guardan relación con las simulaciones de David J. DeTroye (DeTroye & Chase, 1994), Crosser y colaboradores quienes señalan que la uniformidad del campo magnético se encuentra en el centro de la zona experimental de las bobinas de Helmholtz (Crosser & S., 2010). Estas simulaciones son acordes con lo que en este trabajo se presenta.

Se eligió el sistema de las bobinas de Helmholtz para la producción de campo magnético uniforme ya que guarda relación con los utilizados por otros autores como Glenn y colaboradores, afirman que el campo magnético en la región ocupada por el sistema biológico, como células y seres humanos, es relativamente uniforme (Glenn & Bell, 1989). Kirschvink [17] sugiere el uso de otras disposiciones para el estudio de los experimentos bioelectromagnéticos usando sistemas de tres, cuatro y cinco bobinas de diferentes geometrías en su mayoría cuadradas, en experimentos en los que se necesitan grandes volúmenes de exposiciones haciendo uso de comparaciones numéricas de la uniformidad de campo magnético generada por estos diseños (Kirschvink, 1992). Estas disposiciones son difíciles de construir ya que se requiere tornos grandes y tienen costos elevados.

En cambio, las bobinas de Helmholtz utilizadas en este trabajo son de bajo costo comparado con los estimuladores comerciales cuyos costos varían entre 3550 a 7000 dólares americanos (Healthcare product comparison system (hpcs)). En la mayoría de los experimentos de interacción de campos magnéticos estáticos y pulsados con sistemas biológicos se usa la disposición de Helmholtz. Para obtener la simulación primero se realizó el modelo matemático de la bobina de Helmholtz, normalmente por la geometría de las bobinas se trabaja en coordenadas cilíndricas (DeTroye & Chase, 1994); pero en lo que no se concuerda con estos autores es el uso de las coordenadas cilíndricas ya que en el presente trabajo de investigación se trabajó en coordenadas cartesianas y se obtuvo los mismos resultados en la simulación.

El rango de frecuencia del prototipo estimulador es de 1 Hz a 100 kHz el cual se encuentra dentro del rango de frecuencias de los estimuladores PEMF en la literatura se usa normalmente frecuencias de 1 Hz a 10 kHz para los estimuladores (Kalaivani, Akelayil, & Chidambaram, 2009).

La evidencia en la literatura muestra que los parámetros más comunes utilizados tanto in vitro como in vivo son de 1 G a 20 G de Intensidad. Este intervalo de inducción magnética esta de acorde a lo que el prototipo genera ya que puede entregar una inducción magnética de 0 G a 20 G. El prototipo cumple con la directriz de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el cual indica que a exposiciones mayores de 50 G existen riesgos para la salud.

El fin de usar fantasmas es el de simular y evaluar el tratamiento con PEMF para determinar si la homogeneidad se distribuye al 100% sobre el tejido en estudio. Los fantasmas al tener las mismas características que el tejido muscular podemos usarlos antes del tratamiento, para tener mejores resultados. Pretendemos en un futuro estudiar la distribución del campo magnético, la dosis del campo que aún no se tiene claro en los PEMF con los fantasmas.

Debemos mencionar que el prototipo puede realizar estudios in vivo o in vitro. Otra ventaja es que el equipo no produce efectos genotóxicos y sigue las recomendaciones de la OMS. En los resultados de las desviaciones estándares en los tres casos de las pruebas funcionales se ha encontrado variaciones importantes con respecto al material y el estudio de la uniformidad. Se ha comprobado con los resultados de la desviación estándar, que el fantoma de agua atenúa el campo magnético y logra una falta de uniformidad sobre el tejido óseo. Siendo el fantoma un equivalente del tejido muscular se afirma la falta de homogeneidad que presentan los PEMF en el tratamiento del tejido óseo. Esto demuestra nuevo conocimiento de la interacción de los PEMF, también se debe señalar que no hay estudios de los PEMF sobre la uniformidad de campos magnéticos sobre fantasmas con hueso.

6. CONCLUSIONES

Se realizó el diseño de tres pares de bobinas de Helmholtz en disposición triaxial para la generación de un campo magnético uniforme en las tres zonas de experimentación definidas, es decir, en todo el volumen que encierran los tres pares de bobinas. Se estudió la homogeneidad del campo magnético comparando los resultados de la simulación con los resultados de la prueba experimental en los tres pares de bobinas. Para esto, se conectaron los circuitos de modulación de ancho de pulso (PWM) y la fuente switching con el circuito de potencia para generar un campo magnético pulsado que varía de 1 a 100 Hz, el rango de la intensidad de inducción magnética varía entre 1 a 20 Gauss. Para verificar la distribución del campo magnético sobre una fractura ósea se realizaron la prueba funcional sobre el fantoma.

Se cuenta con tres pares de bobinas de Helmholtz construidas en disposición triaxial. Para su construcción se evaluó la homogeneidad del campo magnético mediante la distribución de la intensidad de la inducción magnética a través de simulación en el software Simulink - Matlab. Previamente a la simulación, se desarrolló el modelo físico matemático, y luego se realizó la simulación de la disposición triaxial de las bobinas con el software Solid Work para tener sus dimensiones y realizar los planos de construcción usando el software Autocad.

Se midió y verificó la homogeneidad del campo magnético, para lo cual se utilizó un sensor F.W. Bell modelo 5180. Para cada bobina se determinó la variación espacial de la inducción magnética mediante el método de mapeo en la zona experimental. Luego, el conjunto de datos se visualizó como isosuperficies con la ayuda del Matlab. Finalmente, se procedió con la comparación entre la simulación y los datos tomados con el sensor F.W. Bell observando que el campo magnético en las bobinas diseñadas es uniforme, es decir, se generó inducción magnética en los tres pares de las bobinas de Helmholtz.

Se elaboró el fantoma a partir de un maniquí, con dos moldes con el tamaño de la pierna. El fantoma hueco se elaboró con acrílico y fue relleno con agua para realizar las medidas de la uniformidad y distribución del campo magnético. El fantoma cumplió con las características del musculo humano como es la densidad. Se observó que el fantoma atenúa al campo magnético, si el fantoma tiene la densidad del tejido muscular entonces el musculo atenúa al campo magnético.

El fantoma reduce la intensidad de la inducción magnética, por lo que podemos concluir que el músculo también atenúa la intensidad de la inducción magnética ya que ambos, el fantoma y el musculo, están conformados por agua.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abadía, C., & Mesén, A. (2008). Eficacia de la Magnetoterapia en Pacientes con Osteoartrosis. *Rev. Médica de Costa Rica y Centroamerica*, 15 - 20.

Azpúrua, M. (2012). A semi-analytical method for the design of coilsystems for homogeneous magnetostatic field generation. *Progress In Electromagnetics Research B*, 171-189. <https://doi.org/10.2528/PIERB11102606>

Bardasano, J., & Elorrieta, J. (2000). *Bioelectromagnetismo Ciencia y Salud*. Mc Graw Hill.

Bary, W. W., Kris, C., Stuchly, M. A., Jeffrey, D. S., Karl, C. D., Calvin, E. W., . . . Mark, A. W. (1994). Design and fabrication of well confined uniform magnetic field exposure systems. *Bioelectromagnetics*, 15, 563 - 577. <https://doi.org/10.1002/bem.2250150610>

Bassett, C. A. (1989). Fundamental and practical aspects of therapeutic uses of pulsed electromagnetic fields (PEMFs). *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 17, 451-529.

Campbell, W. (1967). *Geomagnetic pulsations in physics of geomagnetic phenomena*. New York: Matsushita and campbell.

Christopher, C. D., Ian, B., & Mays, L. S. (1999). Food and drug administration low-level extremely-low-frequency magnetic field exposure facility. *Bioelectromagnetic*, 20, 203 -215. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-186X\(1999\)20:4<203::AID-BEM1>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-186X(1999)20:4<203::AID-BEM1>3.0.CO;2-L)

Crosser, M., & S., S. (2010). On the Magnetic Field Near the Center of Helmholtz Coils. *Review of scientific Instruments*, 81.

Daish, C., Blanchard, R., Fox, K., Pivonka, P., & E., P. (2018). The Application of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMFs) for Bone Fracture Repair: Past and Perspective Findings. *Annals of Biomedical Engineering*.

DeTroye, D. J., & Chase, R. J. (1994). The Calculation and Measurement of Helmholtz Coil Fields. *Army Research laboratory ARL-TN-35*.

Galkowski, V., Brad, P., Brian, D., & Dick, D. (2009). Bone stimulation for fracture healing: What's all the fuss? *Indian J Orthop*, 117 - 120. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.50844>

Glenn, B., & Bell, T. (1989). Exposure System for Production of Uniform Magnetic Fields. *Journal of Bioelectricity*, 147 -148.

Goodwin, T. J., & Clayton, R. P. (2009). Apparatus and Method for enhancing tissue repair in mammals. *Patent N° US 7601 114 B2*.

Huac, H., Yanga, W., Zengb, Q., Yan, W., Zhuc, B., & Liua, W. (2020). Promising application of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMFs) in musculoskeletal disorders. *Biomedicine Pharmacotherapy*. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110767>.

Irving, H. (2016). *Physics of the Human Body*. New York: Editorial Springer.

- Istiaque, A., Taghrid, I., Irena, C., & Elena, P. (2013). Evaluation of the effects of Extremely Low Frequency (ELF) Pulsed Electromagnetic Fields (PEMF) on survival of the bacterium *Staphylococcus aureus*. *EPJ Nonlinear Biomedical Physics* .
- Kalaivani, G., Akelayil, C., & Chidambaram, B. (2009). Low frequency pulsed electromagnetic field – A viable alternative therapy for arthritis. *Indian Journal of Experimental Biology*, 939 -948.
- Kirschvink, J. L. (1992). Uniform magnetic fields and double-wrapped coil systems . *Bioelectromagnetic*, 13, 401 - 411. <https://doi.org/10.1002/bem.2250130507>
- Markov, M. S. (2007). Expanding use of pulsed electromagnetic field therapies. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 257-274. <https://doi.org/10.1080/15368370701580806>
- Niubó, E. M., & Lahera, C. R. (2010). Magnetoterapia para alivio del dolor por artrosis cervical. *Rev. Cubana Medisan*, 161-168.
- Persinger, M. A., Ludwig, M. A., & Ossenkopp, K.-P. (1973). Psychophysiological Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields. *Percept Mot Skills*, 1139-1151.
- Polk, C. (1996). Handbook Biological Effects of Electromagnetic Fields, CRC Press Boca Raton.
- Sato, S., Sakaguichi, S., Futamata, K., & Katou, K. (2000). Coil Optimization for Homogeneous Magnetic Field with Small. *IEEE Transactions on Magnetics*, 649 - 653. <https://doi.org/10.1109/20.877533>
- Shupak, N. (2003). Therapeutic uses of pulsed magnetic- field exposure: a review. *Radio Science Bulletins*, 9 -32.
- Siddharth, B. R., Weller, J., Dawn, D.-H., Tara, W., Lynn, K., Frank, S. P., . . . Alex, W. T. (2010). Micronuclei in the blood and bone marrow cells of mice exposed to specific complex time-varying pulsed magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 31, 445 - 453. <https://doi.org/10.1002/bem.20576>
- Siyi Zhu, H. H., Chi, Z., Haiming, W., Chengfei, G., Xijie, Y., & Chengqi, H. (2017). Effects of pulsed electromagnetic fields on postmenopausal osteoporosis. *Bioelectromagnetic*. <https://doi.org/10.1002/bem.22065>
- Suarez, G. (2022). *Diseño de prototipo estimulador magnético no invasivo de pulsado uniforme y prueba funcional con fantoma orientado a rápida cicatrización ósea*. Lima: Tesis de maestria PUCP.
- Valero, A. (1994). *Interacción de los campos electromagnéticos de baja frecuencia en las Hiperlipidemias*. Madrid: Tesis doctoral Universidad Complutense de Madrid.
- Valero, A. R. (1994). *Interacción de los campos electromagnéticos de baja frecuencia en las Hiperlipidemias*. Tesis doctoral Universidad Complutense de Madrid.
- Xu, Z., Xiaoli, L., Leiting, P., & Imshik, L. (2010). Magnetic fields at extremely low-frequency (50 Hz, 0.8 mT) can induce the uptake of intracellular calcium levels in osteoblasts. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 396, 662-666. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2010.04.154>

Comparación de una especie nativa y cultivada de *auricularia spp* por análisis fisicoquímico

Comparison of a native and cultivated species of *auricularia spp* by physicochemical analysis

Rosana L. Aranzábal¹, Ana M. Lechuga² y Miguel A. Quispe Ordoñez³

Departamento de Química, UNSAAC Cusco, Perú Rosana.aranzabal@unsaac.edu.pe Código

ORCID: 0000-0002-6694-4616

Ana.lechuga@unsaac.edu.pe

Código ORCID: 0000-0003-2275-026X

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó con la finalidad de comparar, mediante análisis fisicoquímico especies nativas del género de *Auricularia spp* y especies cultivadas, en sustrato preparado con un 78% de aserrín de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Las muestras nativas fueron recolectadas en la provincia de La Convención y Anta del departamento del Cusco. La determinación de géneros, se procedió con la identificación de los carpóforos en base a Claves Dicotómicas y se caracterizaron *Auricularia cornea*; *Auricularia fuscusuccinea*

, *Auricularia delicata* y *Auricularia spp*, cuyas cepas en el proceso de asilamiento fueron identificadas como BSP60, BSP63, BSP64 y BSP 31 respectivamente. Las cepas BSP60, BSP63, BSP64 llegaron a crecer mientras la cepa BSP31 no logró desarrollar. Los resultados de los análisis fisicoquímicos de los sustratos nativos mostraron de 39 a 50% de celulosa y el cultivado de 12.62%. Los cuerpos fructíferos en el contenido de proteína en peso seco presentan un aumento considerable en las cultivadas; *A. delicata* de 7.93 a 14.55%,

A. fuscusuccinea de 9.15 a 22.55% y *A. Cornea* de 4.44 a 8.24%. Las tres especies cultivadas son una fuente importante de fósforo (878mg/100g), calcio (38.33mg/100g), Mg (70.1mg/100), Zn(7.9mg/100g) y Fe(8mg/100g), valores promedio que superan a los reportados en la leche de vaca, hígado de pollo, y maíz blanco. Actualmente las cepas aisladas se encuentran en distintos niveles de culturización (adaptación a medios artificiales)

Palabras claves: *Auricularia*, nativo, genero cultivado, aislamiento ABSTRACT

The research work was carried out in order to compare, by means of physicochemical analysis, native species of the genus of *Auricularia spp* and cultivated species, in a substrate prepared with 78% of eucalyptus sawdust (*Eucalyptus globulus*). The native samples were collected in the province of La Convencion and Anta in the department of Cusco. The determination of Genders, proceeded with the identification of the carpophores based on Dichotomous Keys and *Auricularia cornea* were characterized; *Auricularia fuscusuccinea*, *Auricularia delicata* and *Auricularia spp*, whose strains in the isolation process were identified as BSP60, BSP63, BSP64 and BSP 31 respectively. The BSP60, BSP63, BSP64 strains grew while the BSP31 strain failed to develop. The results of the physicochemical analyzes of the native substrates showed 39 to 50% cellulose and the cultured 12.62%. The fruiting bodies in the protein content in dry weight show a considerable increase in the cultivated ones; *A. delicata* from 7.93 to 14.55%, *A. fuscusuccinea* from 9.15 to 22.55% and

A. Cornea from 4.44 to 8.24%. The three cultivated species are an important source of phosphorus (878mg / 100g), calcium (38.33mg / 100g), Mg (70.1mg / 100), Zn (7.9mg / 100g) and Fe (8mg / 100g), average values that they exceed those reported in cow's milk, chicken liver, and white corn. Currently the isolated strains are at different levels of cultivation (adaptation to artificial media).

keywords: *Auricularia*, native, cultivated genus, isolation

1. INTRODUCCIÓN

El género *Auricularia* es ampliamente conocido como hongo oreja u oreja gelatinosa de palo, y crece de forma natural sobre troncos en descomposición de algunos árboles, en bosques húmedos. La distribución del género *Auricularia* es amplia, concentrándose en las zonas tropicales y subtropicales del mundo¹. La Región Cusco posee una amplia diversidad de hongos alimenticios y medicinales; *Auricularia spp*, conocida en nuestra región como linli, es utilizado como alimento en lugares como La Convención, Echarate, Anta, Limatambo, etc.; en el periodo de los meses de noviembre a marzo. Los hongos son consumidos tradicionalmente y utilizados como parte de la dieta alimenticia, por sus propiedades medicinales y nutricionales; en algunos hogares son incluidos como reemplazo de la carne por su alto nivel de fibras y proteínas.

El objetivo de la presente investigación, fue comparar los cuerpos fructíferos de especies nativas en contenido de proteínas, fibra y minerales con *Auricularia spp* cultivada en sustratos preparados con un 78% de aserrín de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), innovando y mejorando algunas técnicas y fortaleciendo el conocimiento tradicional e iniciar el proceso de cultivo con fines productivos y comercializar, puesto que los habitantes de las diferentes comunidades de nuestra región, necesitan asesoramiento técnico y manejo en el mejoramiento del cultivo.

Nutricionalmente el género *Auricularia* contiene altos niveles de proteína y de elementos esenciales como vitaminas, minerales y polisacáridos². En la región del Cusco y el Perú aún no se conoce de su posible cultivo sostenible debido a limitaciones como la identificación, amenaza y vulnerabilidad de su hábitat natural y la pérdida del conocimiento tradicional por el proceso de transculturación a que se están sometiendo nuestras comunidades indígenas andino- amazónicas; a ello se suma la escasa capacidad de su conservación in situ e in vitro, representando en el corto plazo la pérdida para los recursos genéticos nativos de hongos nutraceuticos, por lo que es necesario implementar estrategias integrales que involucren su recolección, conservación, identificación, caracterización de especies nativas, y cultivar para mejorar el contenido de metabolitos primarios, secundarios y minerales siendo una alternativa de aplicación a procesos biotecnológicos que conlleven a un desarrollo sostenible de nuestros pueblos.³

Señala que hongos del género *Auricularia* crecen satisfactoriamente sobre subproductos agrícolas y agroindustriales como el bagazo de caña azúcar, olote de maíz, pajas de arroz, fibra de coco, aserrín de madera, lirio acuático, paja de trigo y pulpa de café combinado con aserrín⁴.

En general, los hongos comestibles contienen 90% de agua y 10% de materia seca, de los cuales 27-48% son proteína, aproximadamente 60% corresponde a carbohidratos, en especial fibras dietéticas (D-glucanos, quitina y sustancias pécticas) y 2-8% son lípidos (Sánchez, 2004). El alto contenido proteico, (15% al 35% del peso seco) puede ser comparado con el de muchas especies vegetales (Kiwicha, tarwi, maíz blanco, etc). El contenido de minerales varía entre 6% y 11% según la especie; los que aparecen en mayor cantidad son el calcio, potasio, fósforo, magnesio, zinc y cobre; en cuanto al contenido de vitaminas, son ricos en riboflavina (B2), niacina (B3) y folatos (B9)⁵

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Delimitación de la zona de estudio

La delimitación de la zona de estudio se realizó tomando en cuenta la población de especies nativas y sustratos, para determinar los diferentes puntos de muestreo se utilizará GPS.

Recolección de muestra

Como zona de muestreo 1 es el centro poblado de Kiteni distrito de Echarate, provincia de La Convención - Región Cusco este punto se encuentra en la vertiente oriental del río Vilcanota

coordenadas UTM (zona 18L 711331E; 8601504S) a 700 m.s.n.m. (fig. 1). Zona de muestreo 2 centro poblado de Pampaconga, ubicado en el distrito de Limatambo de la provincia de Anta-Región Cusco, zona que corresponde a las coordenadas UTM (18L 782298E; 8513871S) a 3389 m.s.n.m. (fig.2). La técnica de muestreo fue por selección intencionada o conveniencia (Casal & Mateu, 2003) siendo la más apropiada para el muestreo de hongos de baja abundancia como es el caso del género *Auricularia*, las colectas se hicieron entre los meses de enero y marzo; periodos de mayor precipitación. Las muestras recolectadas fueron clasificadas en dos categorías: muestras biológicas vivas y muestras de sustrato, y llevadas a los laboratorios para los análisis correspondientes.

Fig. 1 Ubicación de la zona de muestreo 1 Centro poblado de Kiteni, distrito de Echarate, provincia de La Convención-Cusco



Fig. 2. Ubicación de la segunda zona de muestreo 2, centro poblado de Pampaconga, distrito de Limatambo, provincia de Anta-Cusco.



2.2. Análisis taxonómico

Se realizó una descripción exhaustiva de cada una de las morfoespecies tomando en cuenta sus caracteres macroscópicos siendo este tamaño, color, forma y los caracteres microscópicos tales como, espesor del contexto, tamaño de los tricomas, estratos del contexto, forma y tamaño de las esporas. Con estas descripciones se procedió a las comparaciones con diferentes claves taxonómicas específicas según revisiones bibliográficas y el uso de la base de datos de (Index Fungorum, 2018) con el propósito de ubicar las muestras en los caldos correspondientes.



Fig. 3 Fotografía *Auricularia spp* nativas

2.3. Aislamiento y cultivo

El aislamiento, cultivo micelial y fructificación de carpóforos de *Auricularia spp* fue desarrollado en el laboratorio Bio Setas Perú S.A.C. ubicado en el centro poblado de Cconchacalla, distrito de Anta, provincia de Anta – Cusco (UTM 18 L 803678.60 m E 8504199.64 m S) a 3386 m.s.n.m. caracterizado por tener temperaturas que varían entre 1 °C a 19 °C y rara vez baja a menos de -1 °C o sube a más de 22 °C. (weatherspark.com, 2020)⁶

2.4. Caracterización y obtención de la cepa

Independientemente de la técnica utilizada el proceso ha sido dividido en cuatro fases.

Asilamiento, selección y conservación de las cepas. Los medios utilizados fueron agar papa dextrosa (PDA) y agar extracto de malta (EMA), esterilizados a 121°C por 15 minutos y vertidos a placas Petri para la posterior siembra.

Elaboración del inóculo fúngico “semilla”. El inóculo fúngico consiste en propágulos talicos de micelio activo, con el propósito de ser utilizado como semilla sobre un sustrato final denominado sustrato de fructificación. Preparación del sustrato estándar, inoculación e incubación.

En esta etapa el sustrato estándar de trigo hidratado contenidos en bolsas de polipropileno termorresistente de 250g los que fueron esterilizados por calor húmedo a 121°C por 15 minutos, posteriormente se inocula cada bolsa con 1/4 parte de cultivo de micelio de una placa Petri, con repeticiones simultáneas de cuatro veces para cada una de las cepas teniéndose un total de 16 unidades experimentales que fueron sometidos a incubación a temperatura ambiental con fluctuaciones de entre 15 y 22°C, luz tenue y humedad constante superior a 80% (humedad del interior de la bolsa contenedor) esta prueba consistió en la medición de la velocidad de crecimiento micelial en relación al tipo de cepa, homogenizando los factores; tipo de sustrato, temperatura, humedad, exposición a luz y procedimientos de esterilización y siembra. La obtención de los carpóforos implica la incubación de los micelios en medios de cultivo más abundantes y menos exigentes que los empleados anteriormente. Para el caso se empleó una fórmula estándar utilizado ampliamente en

cepas de *Lentinula edodes* técnica adaptada² de y se preparó el sustrato con un contenido de 77% de aserrín de eucalipto 20% de salvado de trigo y un 3% de sulfato cálcico y 53% de agua. En base a la fórmula diseñada, se elaboraron 20 unidades de prueba en bolsas de polipropileno termorresistentes de 1 Kg cada una y esterilizados por calor húmedo en autoclave a 121°C por 15 minutos, posteriormente se inocula cada bolsa de sustrato con 50g de inóculo con 5 repeticiones por cada cepa e incubados a una temperatura ambiental con fluctuaciones de entre 15 y 22°C.

Inducción a la fructificación y producción de los cuerpos fructíferos

Los carpóforos son los cuerpos fructíferos de los hongos del filo basidiomicota, son estructuras de reproducción sexual en el caso de los hongos del género *Auricularia* se trata de estructuras elásticas gelatinosas de micelio denso, las mismas que tienen utilidad como alimento. Una vez colonizado el micelio se dio un periodo de maduración de una semana para cada caso y luego se sometieron los sustratos a inducción por cambio de factores ambientales incrementando su temperatura en una cámara de fructificación a 26°C y con humedad superior a 80% se realizaron 2 ventanas de fructificación con cortes laterales equidistantes de 3 cm para cada bolsa de sustrato con el fin de reducir la concentración de CO₂ en el medio interno.

2.5. Análisis fisicoquímico

Los cuerpos fructíferos se colectaron en los centros de crecimiento de forma aleatoria para ser trasladados a los laboratorios en donde se realizaron los análisis de proteína (Método Kjeldahl), fibra (Hidrólisis ácida básica), ceniza (Gravimétrico), carbohidratos (por diferencia) y los análisis de minerales por método Volumétrico y espectroscopía visible

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el proceso de asilamiento fueron identificadas las cepas como BSP60, BSP63, BSP64 y BSP 31. Las cepas BSP60, BSP63, BSP64 obtenidas de la *Auricularia spp* del poblado de Kiteni del distrito de Echarate, provincia de La Convención llegaron a crecer mientras la cepa BSP31 de la *Articularia spp* del poblado Pampaconga, distrito de Limatambo, provincia de Anta no logró su crecimiento. Los resultados de la caracterización se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Identificación de los hongos cultivados

Código de muestra colectada	Código de cepa aislada	Hongo caracterizado	Figura
02	BSP64	<i>Auricularia delicata</i>	4
03	BSP63	<i>Aricularia fuscosuccinea</i>	5
05	BSp60	<i>Auricularia cornea</i>	6

Fotos del hongo auricularia spp. cultivado

Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



Tabla 2. Análisis de hongos nativos y cultivados

Parámetros	Auricularia delicata (código: bsp64)		Auricularia fuscusuccinea (código: bsp63)		Auricularia cornea (código: bsp60)	
	nativo	cultivado	nativo	cultivado	Nativo	cultivado
Humedad (%)	9.98	10.19	10.39	10.26	9.27	10.83
Proteína (%)	7.93	14.55	9.15	22.55	4.44	8.24
Fibra (%)	7.52	8.12	8.90	10.10	10.30	9.24
Carbohidratos	73.07	64.40	71.01	56.10	77.03	70.39
Azúcares reductores	0.20	0.28	-----	0.26	0.18	0.24

Según Stametsla⁷ composición nutricional de *A. auricula* en base seca es: 8-10 % de proteína; 0,8-1,2 % de grasa; 84- 87 % de carbohidratos; 9-14 % de fibra y 4-7 % de cenizas. Teniendo en cuenta que su contenido de agua es de aproximadamente el 90 %. En las especies cultivadas *Auricularia delicata* y *Auricularia fuscusuccinea* tienen un contenido de proteína en peso seco de 14.55 y 22.55 %.

Tabla 3. Análisis de minerales de hongos nativos y cultivados

Parámetros	Auricularia delicata (código: bsp64)		Auricularia fuscusuccinea (código: bsp63)		Auricularia cornea (código: bsp60)	
	Nativo	Cultivado	Nativo	Cultivado	Nativo	Cultivado
Calcio mg/100	22.60	38.20	13.80	46.20	16.40	30.60
Fosforo mg/100	460.40	950.30	388.60	754.80	652.00	930.20
Hierro mg/100	10.10	8.50	7.20	8.80	5.90	6.40
Magnesiomg/100	62.20	80.40	82.90	75.50	72.60	55.30
Zinc mg/100	12.10	5.90	5.20	8.60	6.60	9.10
Cobre mg/100	2.20	5.10	2.58	3.70	3.10	2.80

Tabla 4. Análisis proximal de los sustratos nativos y preparados de *Auricularia* spp.

PARÁMETROS	sustratos nativos			sustratos preparados
	CÓDIGO DE SUSTRATO			
	02	03	05	
Nitrógeno %	0.48	0.96	0.83	0.23
Carbono %	30.04	28.48	27.68	7.28
Celulosa %	49.90	44.60	43.20	12.62
Proteína%	3.00	6.00	5.19	1.46

4. CONCLUSIONES

Para determinar los diferentes puntos de muestreo se utilizó GPS.

Se caracterizó 3 especies: *Auricularia delicata*, *Auricularia fuscusuccinea* y *Auricularia cornea* del centro poblado de Kiteni, distrito Echarate, provincia La Convención.

Del aislamiento e inoculación de cepas del género *Auricularia* se aislaron 3 cepas codificado como BSP60, BSP63, BSP64 del centro poblado de Kiteni, logrando su crecimiento en el sustrato preparado de un 77% de aserrín de eucalipto; la cepa BSP31 del poblado de Pampaconga no logró su crecimiento.

Del análisis fisicoquímico según la tabla 4 los sustratos nativos tienen de 39 a 50% de celulosa y el cultivado únicamente de 12.62%. Los cuerpos fructíferos en el contenido de proteína en peso seco presentan un aumento considerable en las cultivadas; *A. delicata* de 7.93 a 14.55%, *A. fuscusuccinea* de 9.15 a 22.55% y *A. cornea* de 4.44 a 8.24%. Las tres especies cultivadas son una fuente importante de fósforo(878mg/100g), calcio(38.33mg/100g), Mg(70.1mg/100), Zn(7.9mg/100g) y Fe(8mg/100g). Según los resultados de las tablas 2 y 3, los carpóforos o cuerpos fructíferos productos de esta investigación se pueden considerar hongos altamente nutritivos y saludables. Considerar al sustrato diseñado como un excelente sustrato para el cultivo correspondiente.

Ácidos grasos insaturados en *Chenopodium quinoa* - quinua, mediante cromatografía de gas acoplado a espectrometría de masa

Janet F.Gonzales¹, Celina Luizar², Ana María Lechuga³, Jorge Choquenaira⁴, Ariela Cabeza⁵

Laboratorio de Investigación, Análisis, y Preparación de Productos Orgánicos – LabOr
Departamento de Química – UNSAAC
Cusco – Perú

jane.gonzales@unsaac.edu.pe¹-<https://orcid.org/0000-0003-2479-5736> celina.luizar@unsaac.edu.pe²-<https://orcid.org/0000-0001-9340-9478>
ana.lechuga@unsaac.edu.pe³ Jorge.choquenaira@unsaac.edu.pe⁴

RESUMEN

En esta investigación se realizó la identificación de los componentes lipídicos de la grasa de *Chenopodium quinoa-quinua*, dirigiendo el interés a los ácidos grasos insaturados por su importancia en nutrición y salud.

Se utilizaron métodos analíticos e instrumentales como la GC-MS, para lo cual se realizó la extracción de la grasa mediante el método soxhlet y hexano como solvente. En la identificación de ácidos grasos se utilizó cromatografía de gas acoplado a espectrometría de masa con un tiempo de corrida de 35 minutos, 250 °C de temperatura y 0.1µL de inyección de sobrenadante esterificado. Del cual se concluye que la quinua contiene 5.35% de grasa y los ácidos grasos insaturados identificados son: ácido linoléico, ácido linolénico y ácido oleico.

Palabras clave: ácidos grasos, *Chenopodium quinoa* “quinua”, Cromatografía de Gas-Espectrometría de Masa.

ABSTRACT

In this research, the identification of the lipid components of the fat of *Chenopodium quinoa* - Quinoa was carried out, directing interest to unsaturated fatty acids due to their importance in nutrition and health.

Analytical and instrumental methods such as GC-MS were used, for which the fat was extracted using the soxhlet method and hexane as solvent. In the identification of fatty acids, gas chromatography coupled to mass spectrometry was used with a run time of 35 minutes, 250 ° C temperature and 0.1 µL of injection of esterified supernatant. From which it is concluded that quinoa contains 5.35% fat and the unsaturated fatty acids identified are: linoleic acid, linolenic acid and oleic acid.

Keywords: fatty acids, *Chenopodium quinoa* “quinua”, Gas Chromatography-Mass Spectrometry.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

La quinua es uno de los cereales andinos considerados de alto valor nutritivo, demostrado por el contenido de aminoácidos, caso de la lisina que es considerada como esencial en la alimentación no siendo común en otros cereales. Pero también se encuentran los ácidos grasos en la misma línea de importancia no solo porque intervienen en regular muchos procesos corporales sino por intervenir en el desarrollo del cerebro sobre todo en niños. Por tal motivo, este cereal ha adquirido un gran interés como insumo en innumerables productos caso de las mezclas de harinas destinadas a niños en edad vulnerable. Se tienen muchos estudios acerca del contenido de

proteínas y aminoácidos pero respecto al contenido lipídico y sobre todo a los ácidos grasos en granos de quínoa recién toma interés sobre todo los insaturados como el oleico y linoléico (Peiretti, Gai & Tassone, 2013).

El presente trabajo de investigación forma parte del estudio de los componentes individuales de lípidos, en cereales andinos e identificar los ácidos grasos insaturados en el grano de quínoa mediante cromatografía de gas acoplado a espectrometría de masa (GC-MS) por esterificación de la grasa de quínoa.

Formulación del Problema: Los métodos utilizados para determinar los componentes individuales lipídicos permitieron identificar los ácidos grasos insaturados con valor nutricional.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Identificar los ácidos grasos insaturados *Chenopodium quinoa-quínoa*, mediante cromatografía de gas acoplado a espectrometría de masa

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Extraer la grasa de la muestra de quínoa acondicionada como harina
2. Determinar los ácidos grasos insaturados contenido en la grasa de quínoa, mediante GC-MS

1.2.3. Hipótesis

Los métodos utilizados para determinar los componentes individuales lipídicos permiten identificar los ácidos grasos insaturados de mayor importancia.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Nowak y colaboradores en 2016, realizaron estudio referente a los ácidos grasos de quínoa comparando con el contenido de ácidos grasos en soya y arroz, demostrando que contiene la mitad de los ácidos grasos insaturados que la soya y en menor cantidad ácidos grasos saturados.

Tang y colaboradores, 2014 reportan un contenido de grasa de 6.58%- 7.17%, en semillas de tres variedades de quínoa (blanco, rojo y negro), en el cual se identificó ácidos grasos insaturados en 89.42%. Resultado que permitió precisar la relación de ácidos omega-6 respecto a omega 3 en una relación de 6:1. También realizaron estudios de tocoferoles y carotenoides.

Peiretti y colaboradores en el año 2013, determinaron el patrón de ácidos grasos en las semillas caso del ácido palmítico, ácido oleico (OA, C18: 1 n-9) y ácido linoléico (LA, C18: 2 n-6) en condiciones de crecimiento de la planta, siendo el ácido linoléico el principal ácido presente en todo el estadio de crecimiento.

Vega-Gálvez y colaboradores en 2010 hicieron una revisión de los factores nutricionales y potencial funcional de la quínoa andina. En su revisión afirmaron que la quínoa ha sido llamada un pseudocereal no solo por motivos botánicos, sino también debido a su composición inusual y su excepcional equilibrio entre el aceite, proteína y grasa. La quínoa es un excelente ejemplo de “alimento funcional” que tiene como objetivo reducir el riesgo de varias enfermedades. Las propiedades funcionales se dan también por los minerales, vitaminas, ácidos grasos y antioxidantes que pueden contribuir a la nutrición humana, en particular para proteger las membranas celulares,

con buenos resultados comprobados en funciones neuronales del cerebro. Sus minerales funcionan como cofactores en las enzimas antioxidantes, agregando mayor valor a su riqueza en proteínas. La quinua también contiene fitohormonas, que ofrecen una ventaja sobre otros alimentos vegetales para la nutrición humana.

2.2. Fundamento teórico

2.2.1. Lípidos

Actualmente se considera que los lípidos forman un grupo muy amplio de compuestos que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, también podrían contener nitrógeno y fósforo (Badui, 2012).

Durante el procesado, el almacenamiento y la manipulación de los alimentos, los lípidos sufren complejos cambios químicos y reaccionan con otros constituyentes, producen numerosos compuestos unos favorables y otros desfavorables para la calidad del alimento (Nawar, 2000).

2.2.2. Ácidos grasos

En forma pura, las grasas y los aceites están constituidos exclusivamente por triacilglicéridos, comúnmente llamados triglicéridos, que a su vez son ésteres de ácidos grasos con glicerol; por consiguiente, esos ácidos representan un gran porcentaje de la composición de los triacilglicéridos y, en consecuencia, de las grasas y los aceites. Para su estudio, los ácidos grasos se han dividido en dos grandes grupos: los saturados y los insaturados (Badui, 2012).

2.2.3. Importancia nutricional de los ácidos grasos

En relación a los aspectos nutricionales, a los ácidos grasos se los subdivide en: ácidos grasos esenciales omega, ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans. En la síntesis de los ácidos grasos, el cuerpo humano no puede introducir dobles enlaces antes del noveno carbono desde el carbono omega. Por esta razón, los ácidos grasos con dobles enlaces más cercanos al grupo metilo terminal (el omega 3 y el omega 6) se consideran ácidos grasos esenciales. En las figuras 1 y 2, se indica la estructura los ácidos grasos esenciales linoleico y linolénico. Dado que el organismo no los sintetiza, deben obtenerse de los alimentos (Thompson, Manore, & Vaughan, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Muestra: Grano de quinua (100 g)

3.2. Materiales

Equipo de vidrio soxhlet, Cromatógrafo de gas acoplado a espectrometría de masa – Agilent Technology 6890
Materiales de vidrio
Hexano
KOH (d)

3.3. Métodos preparación de muestra

Se utilizó muestra seleccionada libre de material extraño sobre todo inorgánico, por lo que se tamizó. Luego se trituró mediante un molino de paletas.

Extracción de la grasa-método soxhlet

Se pesa 10 g. de muestra como harina, se carga en un cartucho de papel filtro, y se coloca en el cuerpo del soxhlet, se carga con hexano aproximadamente 150 mL, se acondiciona el equipo

completo para la extracción durante 3 horas al cabo del cual se recupera el solvente. Se transfiere a un vial previamente pesado, se deja evaporar el residuo de hexano y se pesa. Este proceso se realiza por duplicado..

Saponificación con KOH para obtener esteres metílicos de ácidos grasos

Pesar 100 mg. de grasa en un tubo de ensayo. Disolver la muestra con 10 ml de hexano y añadir 200 μ L de KOH 2N, cerrar el tubo y colocar al vortex por 30 segundos, enseguida centrifugar, separar el sobrenadante para la corrida cromatográfica.

Cromatografía de Gas acoplado a espectrometría de masa

De la muestra esterificada se mide 2 mL y se coloca en un vial del equipo para las mediciones correspondiente, en las siguientes condiciones: **Columna:** 60 m de longitud, 250 μ m de diámetro, volumen de inyección 0.1 μ L **Detector** FID. **Horno:** Rampa 5°C/min, Temperatura fina 250°C, tiempo final 35 min,

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se muestra los tiempos de retención de los ácidos grasos insaturados identificando al ácido linoléico de pico intenso a 22.44 minutos, ácido linolénico a 23.37 minutos y ácido oleico a 21.64 minutos, considerados ácidos grasos esenciales de importancia nutricional para el crecimiento y salud.

TABLA 1: Ácidos grasos identificados en *Chenopodium quínoa-quínoa*

ÁCIDOS GRASOS	TIEMPO DE RETENCIÓN	PORCENTAJE (%)	CALIDAD DE PUREZA (%)
Ácido linolénico	23.37	59.6	99
Ácido linoléico	22.44	43.43	99
Ácido oléico	21.64	0.79	60

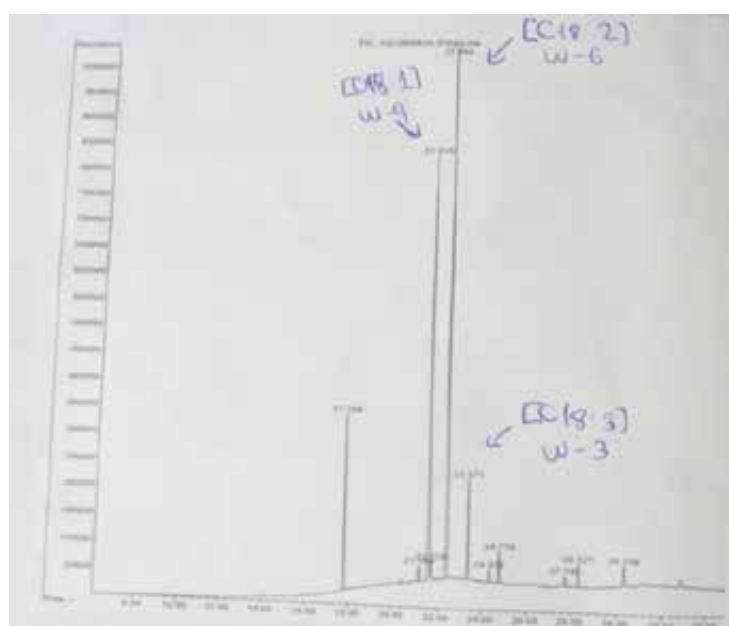


Fig. 1: Cromatograma de ácidos grasos insaturados en grasa de quínoa

La figura 1, muestra el perfil del cromatograma correspondiente con los tiempos de retención, analizados mediante el software de espectrometría de masa para los picos más significativos correspondientes al ácido linolénico, linoléico y oléico

5. CONCLUSIONES

1. El porcentaje de grasa extraída de los granos-harina de quínoa es de 5.35%.
2. Se ha identificado ácidos grasos de importancia nutricional como el ácido linolénico, ácido linoléico y ácido oleico mediante cromatografía de gas acoplado a espectrometría de masa.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Badui, S. (2012). Lípidos. En S. Badui, *Química de los Alimentos* (págs. 224-231). México:

Pearson. Nawar, W. (2000). Lípidos. En O. Fennema, *Química de los Alimentos* (págs. 270-271). Acibia.

Nowak, V., Du, J., & Charrondiére, U. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa. *Food Chemistry*, 47–54.

Peiretti, P., Gai, F., & Tassone, S. (2013). Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD) seeds and plants at different growth stages. *Animal Feed Science and Technology*, 56-61.

Tang, Y., Li, X., XChen, P., Zhang, B., Hernandez, M., Zhang, H., . . . Tsao, R. (2014). Characterization of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* WILLD. genotypes. *Food Chemistry*, 502-508.

Thompson, J., Manore, M., & Vaughan, L. (2008). Lípidos: Nutrientes esenciales que aportan energía. En J. Thompson, M. Manore, & L. Vaughan, *Nutrición* (págs. 181,182). Madrid: Pearson

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa: a review. *Journal of science food and agriculture*, 2541-2547.

Efectividad de *aspergillus* en la degradación de polietileno

Autores: Martha N. Mostajo-Zavaleta¹. María L Ochoa-Cámara¹. Ruth L. Ambur- Soncco¹.
¹Escuela profesional de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional De San Antonio
 Abad del Cusco. Prolongación Av.
 de la Cultura, 733 Cusco, Perú.

¹ martha.mostajo@unsaac.edu.pe ORCID: 0000-0002-4350-9283

¹ maria.ochoac@unsaac.edu.pe ORCID: 0000-0002-3917-6172

¹ ruthlucy.bio.mp@gmail.com ORCID: 0000-0003-1798-1485

Resumen

En el presente trabajo de investigación, se evaluó la eficiencia de degradación de cepas de *Aspergillus* de bolsas de polietileno de alta y baja densidad. Las cepas fueron aisladas de restos de bolsas plásticas de los botaderos de los distritos de Calca y Sicuani. La identificación taxonómica se realizó utilizando el sistema de identificación para especies de *Aspergillus* y *Penicillium* propuesto por Pitt (2001). La concentración de esporas y la actividad degradadora de polietileno se determinó por el Método de Kavelman. & Kendrick (1978). La determinación de la efectividad degradadora de consorcios en suelo, se realizó por el método de Fontanella, S. et. al. (2010) y los cambios en los grupos funcionales superficiales mediante Espectrofotometría Infrarroja por Transformada de Fourier – FTIR (Gulmine 2002). Del botadero de Sicuani se aislaron 9 cepas, de las cuales 44 % degradaron bolsas de polietileno, que corresponden a *Aspergillus flavus* (3 cepas) y *A. orizae* (1 cepa). Del botadero de Calca se aisló 5 cepas, de las cuales el 40% degradaron polietileno, que corresponden a *Aspergillus fumigatus*, (1 cepa) y *Aspergillus orizae* (1 cepa). Las especies más eficientes en la degradación de bolsas de polietileno de alta y baja densidad fueron *Aspergillus orizae* (24.13 %) y *Aspergillus fumigatus* (23.15 %). Los consorcios de cepas eficientes potencian la degradación de bolsas de alta y baja densidad en suelo, en 12.8 % en relación al testigo (3.06 %). Las bolsas de baja densidad fueron degradadas con mayor eficiencia (11.6 %) en relación a las bolsas de alta densidad (7.45 %) por las cepas de *Aspergillus*.

Palabras Clave: *Aspergillus*, degradación, bolsas, polietileno, densidad, consorcios.

Abstract

In the present research work, the degradation efficiency of *Aspergillus* strains from high- and low-density polyethylene bags was determined. The strains were isolated from remains of plastic bags from the dumps of the Calca and Sicuani Districts, the taxonomic identification was carried out using the identification system for *Aspergillus* and *Penicillium* species proposed by Pitt (2001). The spore concentration and the degrading activity of polyethylene was determined by the Kavelman Method. & Kendrick (1978). The determination of the degradation effectiveness of consortia in soil was carried out by the method of Fontanella, S, et. al., (2010) and the changes in the surface functional groups by Fourier Transform Infrared Spectrophotometry - FTIR. From the Sicuani dump, 9 strains were isolated, of which 44% degraded polyethylene bags, corresponding to *Aspergillus flavus* (3 strains) and *A. orizae* (1 strain). From the Calca dump, 5 strains were isolated, of which 40% degraded polyethylene, corresponding to *Aspergillus fumigatus*, (1 strain) and *Aspergillus orizae* (1 strain). The most efficient species in the degradation of high and low density polyethylene bags were *Aspergillus orizae* (24.13%) and *Aspergillus fumigatus* (23.15%). Efficient strain consortia enhance the degradation of high and low density bags in soil by 12.8% in relation to the control (3.06%). The low-density bags were degraded with greater efficiency (11.6%) in relation to the high-density bags (7.45%) by the *Aspergillus* strains.

Keywords: *Aspergillus*, degradation, bags, polyethylene, density, consortium.

1. INTRODUCCIÓN

El polietileno es un material plástico usualmente presente en envases descartables, en la actualidad, los plásticos son muy utilizados y fabricados en grandes cantidades, los cuales son considerados como un problema ambiental debido a su difícil degradación (Allsopp et al. 2007), su uso extensivo genera desechos que se acumulan en el ambiente a una tasa de 25 millones de toneladas al año, 40 % de las cuales son dispuestas en rellenos sanitarios, mientras que cientos de miles de toneladas son arrojadas como contaminantes más importantes a cuerpos de agua, ríos y océanos, este hecho ocasiona graves problemas, entre los que destacan el requerimiento de grandes espacios para su disposición, contaminación visual y muerte de animales que los ingieren accidentalmente (Sudhakar M., et. al. 2008).

La ciudad del Cusco tiene una población de 490,615 habitantes (INEI, 2017), que genera 366.55TM/ día de basura, aproximadamente un 10% de este, es polietileno proveniente del consumo creciente de múltiples productos de uso cotidiano, rural o industrial, cuyos residuos son llevados a diario a los botaderos (Organismo de Fiscalización y Organización Ambiental. 2016), a esto se suma la mala actividad de la población en cuanto a la quema de plásticos, durante el proceso de incineración se puede desprender ácido cianhídrico y ácido clorhídrico con potenciales daños para la salud (Khanna y Srivastava 2005).

Arancibia, C. (2014). Mencionan que la biodegradación de plásticos a partir de especies de hongos es una manera limpia de solucionar el problema ambiental. Los hongos son una opción ya que son organismos heterótrofos que sintetizan enzimas; estos tienen capacidad para transformar cualquier tipo de sustrato orgánico como el caso de los plásticos y participación en la oxidación en algún compuesto energético (Bejar et al, 2007). Por lo que, en la presente investigación, se probó la efectividad de cepas de *Aspergillus* en la degradación de bolsas de polietileno de baja y alta densidad, aislados de restos de bolsas de plástico, de los botaderos de la región de Cusco. Se aisló y determinó especies de hongos que degradan bolsas de polietileno de restos de plástico de los botaderos de los distritos de Sicuani y Calca. Se determinó especies eficientes que degradan bolsas de polietileno de baja y alta densidad, y la eficiencia de degradación de consorcios (mezcla de cepas) en la degradación de bolsas de polietileno en suelo. Nos planteamos la hipótesis de que los consorcios de cepas de hongos aislados, potencian la degradación de bolsas de polietileno de baja y alta densidad en suelo.

Para el aislamiento de hongos de residuos de plástico, se utilizó el método por incrustación, la identificación taxonómica de las cepas se realizó utilizando el sistema de identificación para especies de *Aspergillus* propuesto por Pitt (2001). La concentración de esporas y la actividad degradadora de polietileno se determinó por el Método de Kavelman. & Kendrick (1978). La determinación de la efectividad degradadora de consorcios en suelo, se realizó por el método de Fontanella, S et. al., (2010) y Espectroscopia Infrarroja. Del botadero de Sicuani se aislaron 9 cepas, de las cuales 44 % (4 cepas) degradaron bolsas de polietileno, tres cepas corresponden a la especie *Aspergillus flavus* y una a *Aspergillus orizae*. Del botadero de Calca se aisló 5 cepas, de las cuales el 40% (2 cepas) degradaron bolsas, una cepa corresponde a *Aspergillus fumigatus*, y la otra cepa a *Aspergillus orizae*. Las especies más eficientes en la degradación de bolsas de polietileno de alta y baja densidad son *Aspergillus orizae* (24.13 %) y *Aspergillus fumigatus* (23.15%). Los consorcios de cepas eficientes, potencian la degradación de bolsas de alta y baja densidad en suelo en 12.8 % en relación al testigo (3.06 %). Las bolsas de baja densidad fueron degradadas con mayor eficiencia (11.6 %) en relación a las bolsas de alta densidad (7.45 %).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó el muestreo de los restos de bolsas plásticas en Botadero Municipal de Ccaytupampa – Calca. Que tiene una extensión de 6.24 ha, donde se realiza el control periódico por medio de actividades de soterrado y fumigación de áreas, así mismo la reforestación y recuperación de espacios (Champi. V & Villalba. M, 2014). Y en el botadero controlado municipal del distrito de

Sicuani de la provincia de Canchis-Cusco, ubicado a 3,500 metros sobre el nivel del mar, a 5 km, a 17 min de la misma ciudad, se localiza en el sector de Chacuchayoc-Pata, comunidad de Pampa Phalla (Jihuallanca F. 2015). La población de estudio está constituida por las cepas de hongos aislados de restos de bolsas de plástico de ambos botaderos. El muestreo se realizó al azar, en cinco puntos, a criterio del investigador, se tomaron muestras de restos de bolsas de plástico, las mismas que fueron colocadas en frascos estériles y llevadas en material refrigerante al laboratorio de Ecología de la Escuela Profesional de Biología.

2.1. Aislamiento de cepas de Deuteromycetos degradadores de plástico, por el método de incrustamiento. Las muestras de plástico se lavaron con agua destilada estéril, seguidamente se colocaron en una solución de cloranfenicol al 0.5mg/ml por 60 minutos, luego fueron enjuagadas con agua destilada estéril durante 30 minutos, se fraccionaron en trozos más pequeños, y se procedió a la siembra en placas Petri por incrustamiento en agar PDA, se incubaron a 25°C por 5 días. Una vez desarrolladas las colonias de hongos, se realizó la purificación de las cepas, con el propósito de obtener cultivos puros, las cepas fueron conservadas a 4°C en refrigeración correctamente codificadas.

2.2. Identificación taxonómica de los hongos aislados. Para la identificación taxonómica se realizó un estudio macroscópico describiendo las características de las colonias y el estudio microscópico se hizo observando los conidios y estructuras reproductivas de los hongos. Para la determinación de género de micromycetos se consultó la guía de Watanabe T. (2002).

2.3. Características utilizadas en la identificación de especies de Aspergillus. Para clasificar las especies del género *Aspergillus* y sus teleomorfos se utilizó el sistema de identificación propuesto por Pitt, J. (2001), utilizando tres medios de cultivo y dos temperaturas de incubación. Cada cepa se sembró en tres puntos equidistantes por placa conteniendo medio CYA (Czapek Yeast extract agar), CYA con 20% de sacarosa (CY20S), y MEA (agar extracto de malta). Una de las placas de CYA se incubó a 37° C y las restantes a 25° C. Tras siete días de incubación se procedió a la observación de las características morfológicas macroscópicas y microscópicas de los cultivos.

2.3.1. Principales características macroscópicas:

- diámetro de las colonias
- coloración del anverso y del reverso de las colonias
- presencia de esclerocios
- presencia de gotas de exudado
- presencia de pigmento difusible
- textura de las colonias

2.3.2. Principales características microscópicas:

- disposición de las métulas o fiálides sobre la vesícula
- longitud y anchura de los estipes
- forma y diámetro de las vesículas
- longitud y anchura de las métulas y fiálides
- forma, diámetro, ornamentación y color de los conidios
- forma, tamaño y color de las células de Hülle
- forma, tamaño y color de las ascosporas. Pitt, J. (2001).

2.4. Preparación de láminas de bolsas de plástico

Se utilizaron como sustratos dos tipos de bolsas de plástico de un solo uso, codificadas de la siguiente manera:

A: Bolsa de polietileno de baja densidad, transparente de 15 ug de espesor

B: Bolsa de polietileno de alta densidad para basura de color blanco de 18,8 ug de espesor

La preparación de las láminas de bolsas de plástico se llevó a cabo cortando el material en cuadrados de 10 x 10 mm. Antes de su empleo en los estudios de biodegradación, las láminas fueron pesadas y esterilizadas. La esterilización se llevó a cabo sumergiendo las láminas en 20 ml de alcohol 96% durante 30 minutos, dándoles la vuelta cada 10 minutos. A continuación, las láminas fueron sumergidas en 20 ml de alcohol 70% durante otros 30 minutos. Finalmente, las láminas fueron lavadas con agua destilada estéril para eliminar el exceso de alcohol, se secaron con la ayuda de papel de filtro estéril y se añadieron a cada uno de los matraces de cultivo y sus respectivos controles (Martin-Peraza 2017).

2.5. Determinación de la concentración de esporas, por el Método del recuento en cámara de Neubauer Obtenida la esporada en placas Petri, se transfirió 10 ml de agua destilada estéril a la superficie de la colonia en cada placa. Luego este inóculo fue transferido a un matraz conteniendo 50 ml de agua destilada estéril con 1% de Tween, se homogenizó y se procedió al recuento de esporas en una cámara Newbauer, se realizó diluciones hasta obtener una concentración de 10^5 esporas por ml.

2.6. Actividad degradadora de polietileno descritos por Kavelman R. & Kendrick B. 1978.

Una vez obtenida la concentración de esporas de cada cepa se procedió a evaluar la eficiencia degradadora de polietileno, para lo cual se prepararon láminas de bolsas de plástico de baja densidad de 1x1 cm. Se transfirió 3 láminas de plástico de un mismo peso a un erlenmeyer conteniendo 250 ml de medio líquido carente de fuente de carbono más 1% de tween, al cual se inóculo 10 ml de una concentración de 10^5 esporas y se incubó a temperatura de 25°C durante 45 días. Este procedimiento se realizó para cada una de las cepas aisladas.

Al final de la incubación se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 5% las láminas de plástico, para eliminar el biofilm generado en la superficie, luego estas láminas fueron sometidas a secado hasta obtener peso constante; posteriormente se pesaron en una balanza de precisión analítica gravimétrica, modelo S 2000 ($\pm 0,0001g$), con el propósito de determinar el peso perdido por la degradación de los hongos, finalmente se determinó el porcentaje de degradación de cada cepa evaluada.

Se evaluó la pérdida de peso con respecto a su peso inicial (Hadad S. Geresh A. Sivan. 2005), mediante la

fórmula:

$$\frac{P_i - P_f \times 100}{P_f}$$

2.7. Selección de consorcios eficientes en la degradación de PEBD en medio sólido (Fontanella, S et. al., 2010) modificado. Los sustratos plásticos utilizados fueron preparados con el mismo método que se describe en el apartado de Preparación de láminas de bolsas de plástico

2.8. Preparación del medio sólido. Se utilizó una mezcla de suelo de cultivo (70 %) y arena (30%), que fue esterilizada en Autoclave, Marca: JP SELECTA, Modelo: Med 20. para simular las condiciones naturales a las que puede ser sometido el plástico con los consorcios.

2.9. Preparación del inóculo de esporas de los consorcios. Obtenida la esporada en placas Petri, se transfirió 10 ml de agua destilada estéril a la superficie de la colonia en cada placa. Luego este inóculo fue transferido a un matraz conteniendo 40 ml de agua destilada estéril con 1% de Tween, 80, se homogenizó en un sheyker, y se transfirió a un matraz 10 ml de inóculo de cada cepa seleccionada para formar el consorcio, se homogenizó, y se procedió al recuento de esporas en una cámara Newbauer, realizando diluciones hasta obtener una concentración de 10^5 esporas por ml.

2.10. Determinación de la eficiencia de consorcios degradadores de PEBD (Fontanella, S et. al. 2010)

El cultivo se realizó en una bandeja de plástico donde se puso 600 gr de suelo estéril en la primera capa, luego se colocó 6 láminas de PEBD de cada tipo (A, C) por filas y se agregó 100 ul de inóculo del consorcio por lamina, se cubrió con 200gr de suelo, se procedió a humedecer el suelo con 100 ml de agua destilada estéril. Lo mismo se hizo para cada consorcio evaluado. Como control se utilizó el mismo medio de cultivo sin inocular, para cada tipo de PEBD evaluado, y luego se incubaron en condiciones de invernadero por 120 días; cada tres días se adicionó a cada cultivo 100 ml de agua destilada. Al final de la incubación se desinfectó las láminas de PEBD para eliminar el biofilm generado en la superficie, con una solución de hipoclorito de sodio al 5%, luego estas laminas fueron sometidas a secado hasta obtener peso constante; posteriormente se pesaron en una balanza de precisión analítica gravimétrica, modelo S 2000 ($\pm 0,0001g$), con el propósito de determinar el peso perdido por la degradación de los hongos, finalmente se determinó el porcentaje de degradación de cada cepa evaluada.

Los consorcios de cepas de micromycetos que son los tratamientos se conformaron de la siguiente manera: Tratamiento I. Conformado por cuatro cepas aisladas del botadero de residuos sólidos del distrito de Sicuani. Se mezclaron una cepa de *A. orizae* y 3 cepas de *A. flavus*

Tratamiento II. Conformado por todas las cepas aisladas de del botadero de residuos sólidos del distrito de Calca. El consorcio estuvo conformado por la mezcla de una cepa de *A.orizae* y una cepa de *A. fumigatus*

2.11. Determinación de la degradación de Láminas de polietileno de baja y alta densidad por la técnica de Espectroscopia Infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) (Gulmine 2002).

La espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) utiliza el hecho de que las moléculas orgánicas absorben determinadas frecuencias en el infrarrojo que son características de su estructura. Dichas absorciones son frecuencias de resonancia, es decir, la frecuencia de la radiación absorbida coincide con la frecuencia del enlace o del grupo que vibra. La técnica de FIRT denota cuantitativamente la reducción de los índices de carbonilo (C=O) y de las terminaciones con doble enlace (C=C) de una molécula cuando esta sufre algún cambio. El espectro infrarrojo (IR) se analiza separando dos zonas referenciales; la primera es llamada la región de los grupos funcionales que va de 1200 a 3600 cm^{-1} y la segunda denominada región de huella digital que se despliega desde 600 a 1200 cm^{-1} ; esta última es una zona muy específica, donde los picos no varían para un polímero, a menos que este haya sufrido el efecto de algún agente químico, físico o biológico (Gulmine 2002).

3. RESULTADOS

En el botadero de Sicuani se aislaron un total de 09 cepas, de las cuales 5 degradaron bolsas PEBD, la cepa S2csic corresponden a la especie *Aspergillus orizae*, las cepas S3asic, S3bsic y la cepa C2bsic a *Aspergillus flavus*. En el botadero de Calca se aisló un total de 5 cepas de las cuales el 40% degradaron bolsas PEBD, la cepa S1bcal corresponde a *Aspergillus fumigatus*, y la cepa S1acal a la especie *Aspergillus orizae*. (Tabla 1) (Fig.1)

Tabla 1. Especies degradadoras de bolsas de polietileno de baja densidad aisladas de los botaderos de Sicuani y Calca.

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico Anova, se observó que independientemente, los factores principales Cepa (p-valor = 1.16e-13 ***) y densidad (p-valor =3.52e-14 ***) tuvieron un efecto altamente significativo en la degradación de bolsas de polietileno de baja y alta densidad, al igual que la interacción densidad – cepa (p-valor = 1.03e-15 ***), se observa la lectura del

análisis de medias del factor independiente Cepa, donde se formó un primer grupo por la cepa II (*Aspergillus orizae*) y I (*Aspergillus fumigatus*), son las que tienen mejor rendimiento con 24.13% y 23.15% de degradación. Se ha formado un segundo grupo, por las cepas III (16.79 %) y IV (15.69 %) identificadas como *Arpergillus orizae* y *Aspergillus flavus* respectivamente; y un tercer grupo por las cepas V (10.43 %) y VI (10.24 %), ambas pertenecen a la especie de *Aspergillus flavus*., el testigo (0 %) estadísticamente es diferente a todos los tratamientos (Fig.1).

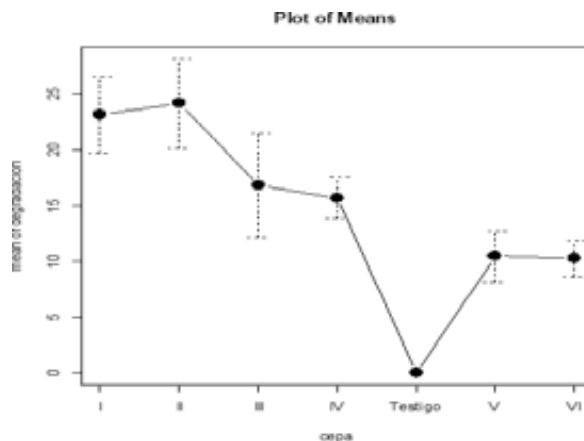


Figura 1. Efecto de las cepas en la degradación de bolsas de baja y alta densidad, se observó que independientemente, los factores principales cepa (p-valor = 1.16e-13 ***) y densidad (p-valor =3.52e-14 ***) tuvieron un efecto altamente significativo en la degradación de bolsas de polietileno de baja y alta densidad, al igual que la interacción densidad – cepa (p-valor = 1.03e-15 ***)).

Se observa la lectura del análisis de medias del factor independiente densidad, donde la bolsa de baja densidad fue mejor degradada por todas las cepas en estudio, con un promedio de 20.86 % y la bolsa de alta densidad fue menos degradada (7.84 %) (Fig. 2)

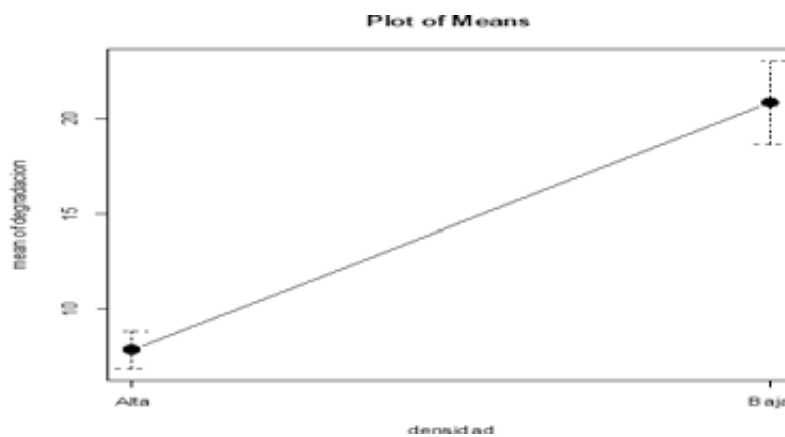


Figura 2. Efecto de la densidad en la degradación de bolsas

Se observa la lectura de análisis de medias de la interacción entre cepas y densidad de bolsas de polietileno, donde se formó un primer grupo por las cepas I (14,3 y 32 %) y II (13.8 y 34.4 %), las cuales tienen el mejor rendimiento en la degradación de bolsas de alta y baja densidad, con promedios estadísticamente iguales. Un segundo grupo formado por la cepa IV que degradó un 11% de polietileno de alta densidad y la cepa III con 29 % de degradación de bolsa de polietileno de baja densidad. Un tercer grupo formado por las cepas VI (6.6 %), V y III (4.6 %) que degradan bolsas de polietileno de alta densidad, y la cepa IV que degradó un 20.3 % de bolsas de polietileno de baja densidad, además también se formó un cuarto grupo por las cepas V y VI que degradaron un 16.3 % y 13.9 % de bolsas de polietileno de baja densidad, el último grupo formado por el testigo para ambas densidades de polietileno (Fig.3)

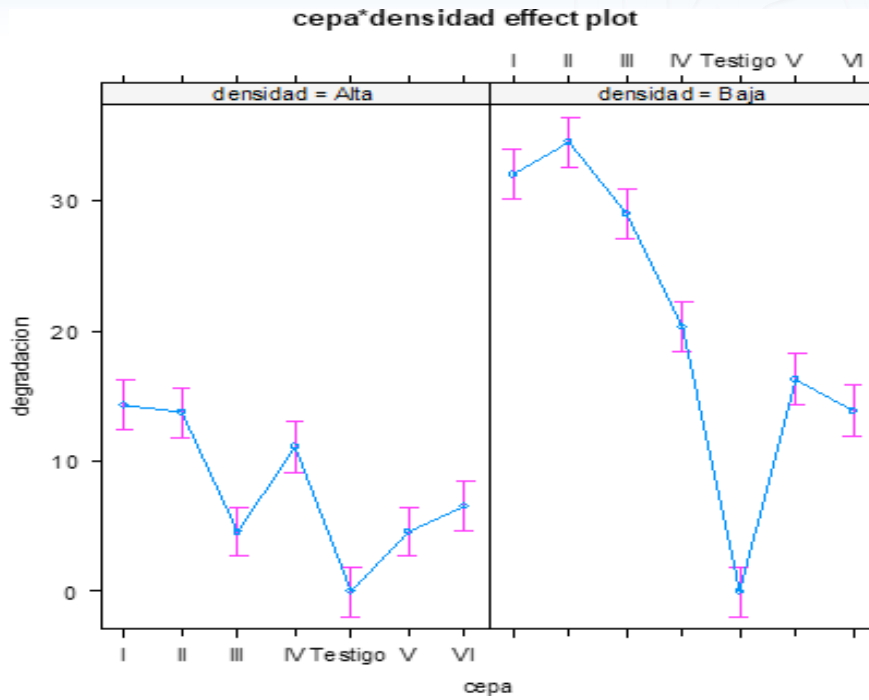


Figura 3. Efecto de la interacción entre cepa- densidad de bolsa en la eficiencia de degradación.

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico Anova para un arreglo de parcelas divididas completamente aleatorizado, el factor principal cepas aplicadas a las parcelas tienen un efecto altamente significativo al 95 %, en la degradación de bolsas de polietileno de alta y baja densidad con un p-valor de $8.71e-06$ ***; el factor secundario bolsas aplicadas en las sub parcelas tienen un p-valor de 0.0163 * tienen efecto en menor grado en la degradación. De acuerdo a la tabla 6. y Fig. 4, se observa el análisis de medias del factor principal cepas (consorcios), donde el consorcio II (14.78 %) y el consorcio I (10.91 %) presentan medias estadísticamente iguales, teniendo el mismo efecto en la degradación de bolsas de polietileno de alta y baja densidad, y se formó un grupo estadísticamente diferente que es el testigo (figura 4)

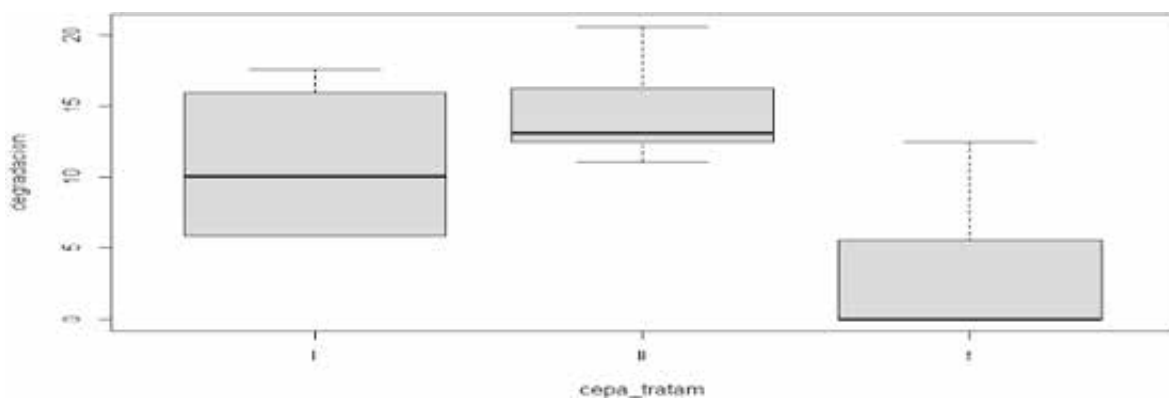


Figura 4. Efecto de consorcios (cepas_ tratamiento) en la eficiencia de degradación.

Se observa el análisis de medias del factor secundario densidad de bolsas, donde las bolsas de baja densidad son las que mejor se degradaron con un 11.62 % de eficiencia, y las bolsas de alta densidad tuvieron una menor degradación con 7.54 % formando un segundo grupo (Fig. 5).

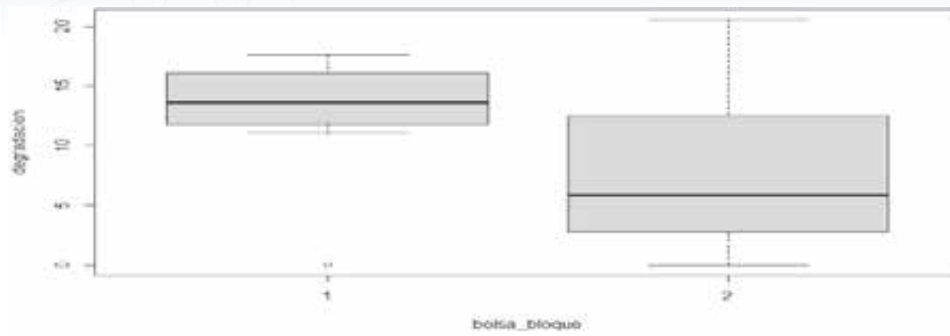


Figura 5. Efecto de la densidad de bolsa en la eficiencia de degradación

Las imágenes de FTIR permiten encontrar una diferencia entre las muestras de láminas de bolsa de alta densidad inoculadas con el consorcio I y Control (sin inoculo), comparando el espectro FTIR control con el espectro FTIR del consorcio I se observó la aparición una banda 2352 cm-1 que corresponde al enlace O- H de los ácidos carboxílicos, una banda 1369 cm-1, que corresponde al enlace C-O del grupo de los ácidos carboxílicos, la banda 453 cm-1 que corresponde al enlace de los bromoalcanos. (Fig. 6) (Fig. 7)

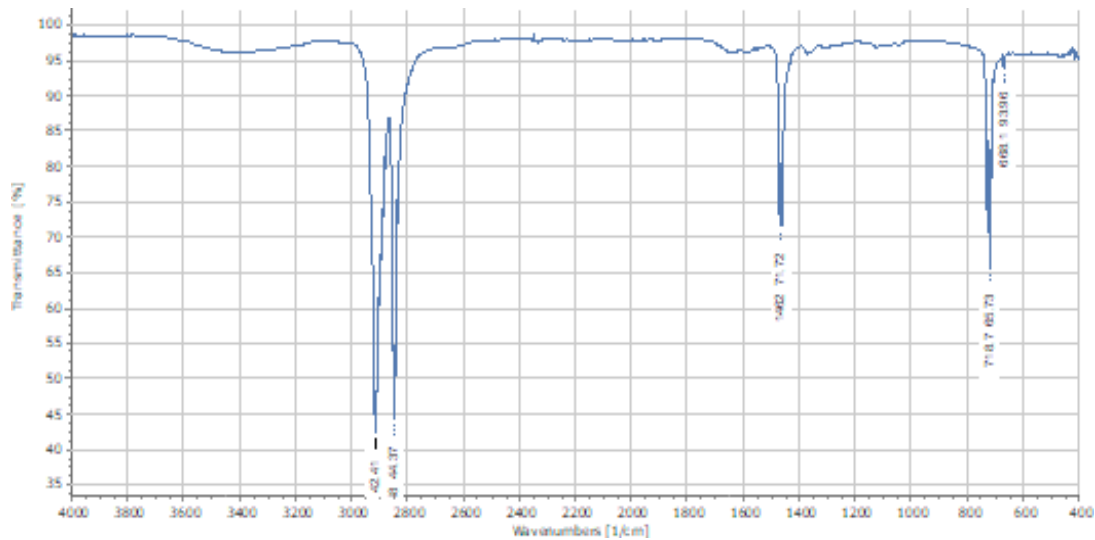


Figura 6. Espectro FTIR de láminas de bolsa de polietileno de baja densidad sin inoculo (control)

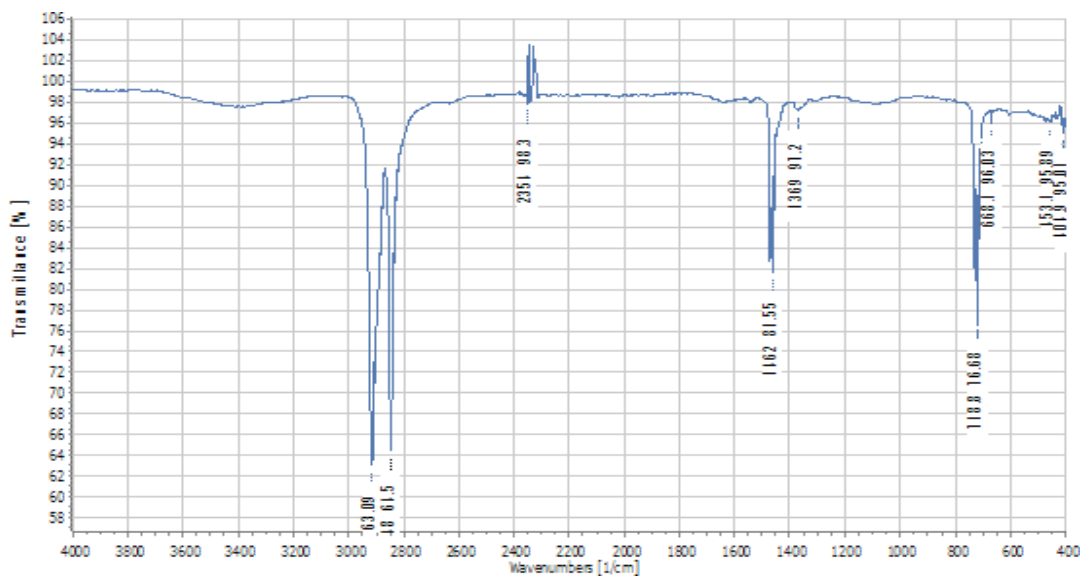


Figura 7. Espectro FTIR de láminas de bolsa de polietileno de baja densidad inoculada con el consorcio 5

Las imágenes de FTIR permiten encontrar una diferencia entre las muestras de láminas de bolsa de alta densidad inoculadas con el consorcio I y Control (sin inóculo), comparando el espectro FTIR control con el espectro FTIR del consorcio I se observó la aparición una banda 1034 cm^{-1} que corresponde al enlace de las aminas, una banda 470 y 427 cm^{-1} , que corresponde al enlace de los bromoalcanos (Fig.8) (Fig. 9).

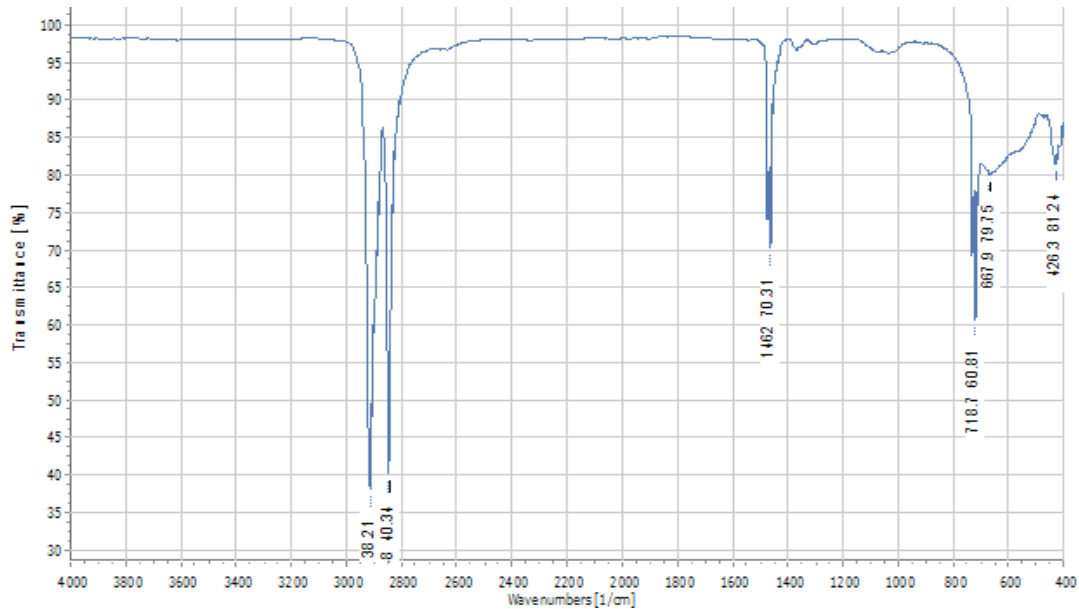


Figura 8. Espectro FTIR de láminas de bolsa de polietileno de alta densidad sin inóculo (control)

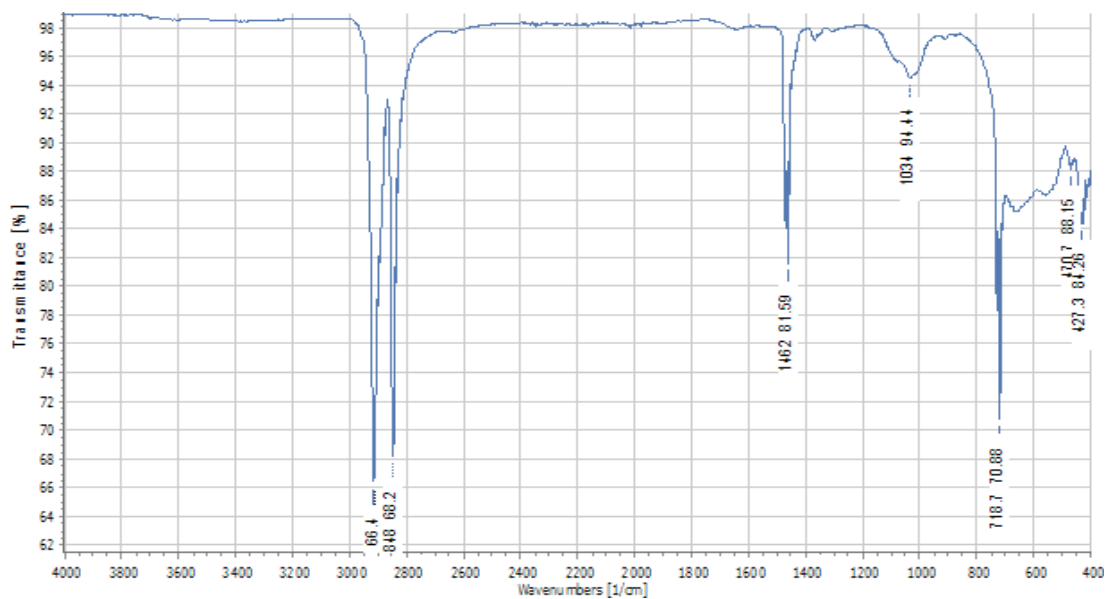


Figura 9. Espectro FTIR de laminas de bolsa de polietileno de alta densidad inoculada con el consorcio I

4. DISCUSIÓN

En el botadero del distrito de Sicuani se aisló 9 cepas de micromycetos, de los cuales el 44.4 % (4 cepas) degradaron polietileno de baja densidad, el 75% corresponden a la especie de *Aspergillus flavus* y el 25 % a *Aspergillus orizae*. En el botadero del distrito de Calca se aislaron 5 cepas de las cuales el 40% (2 cepas) degradaron polietileno de baja densidad, el 50 % corresponden a *Aspergillus fumigatus* y 50% a *Aspergillus orizae*, coincidiendo con Méndez, et al (2007) quienes aislaron *Aspergillus flavus* de artículos de polietileno del relleno sanitario El Zapallal- Lima,

demostrando que *Aspergillus flavus* fue buena degradadora de polietileno en las condiciones de ensayo. Zahra et al (2010) reportaron a *Aspergillus fumigatus* como degradadora de polietileno, Ojeda et al. (2009) y Zahra et al (2010) coinciden que el género *Aspergillus* es capaz de degradar polietileno, en el presente trabajo, se aisló tres especies del *Aspergillus* que degradaron polietileno.

Las cepas que presentaron mayor eficiencia en la degradación de bolsas de polietileno de baja y alta densidad (tabla.2) corresponden a *A. orizae* (cepa II) y *A. fumigatus* (cepa I), con 24.13 % y 23.15 % de degradación respectivamente, aisladas del botadero de Calca. Se formó un segundo grupo conformado por *A. orizae* (cepa III) y *A. flavus* (IV) con 16.79 % y 15.69 % de degradación, y el tercer grupo formado por cepas de *A. flavus* (cepa V y VI) con un promedio de 10.33 % de degradación, aisladas del botadero de Sicuani.

Yépez, A. (2014). Reportó cepas fúngicas que degradan polietileno de baja densidad (PEBD), la cepa predominante fue el hongo de la familia Ascomycota del género *Aspergillus*, los cuales producen enzimas extracelulares para degradar el PEBD y utilizarlo como fuente de carbono y energía. Méndez et al (2007) reportaron que la cepa de mayor rendimiento pertenece a la especie de *Aspergillus flavus*. A temperatura de 30 °C, 6 (30%) cepas evidenciaron actividad degradadora. En los resultados del presente trabajo la cepa de *A. fumigatus* degradó un 23.15 %, siendo más eficiente que la que reportaron Abdullahi & Saidu (2013), las cepas de *A. flavus* degradaron un promedio 12.1 % de polietileno, mucho menor a lo que reporta Méndez et al (2007), es necesario indicar que en el presente trabajo se reporta por primera vez a la especie de *A. orizae* como degradadora de polietileno con una eficiencia de 24.13 %. Martin, C.F. (2012). Encontró que los actinomicetes y los hongos filamentosos son los microorganismos con mejores rendimientos en la biodegradación del polietileno, este proceso es posible por acción de enzimas microbianas como las hidrolasas, peroxidasa, oxidasas y oxidoreductasas enzimas que se destacan en la degradación del polietileno. Las cepas aisladas de *Aspergillus* en el presente trabajo tuvieron mejor eficiencia en la degradación de bolsas de polietileno de baja densidad (20.86 %), presentando una menor eficiencia en la degradación de bolsas de polietileno de alta densidad (7.84 %), esto probablemente se deba a la estructura que presenta el polietileno de baja densidad, también llamado de alta presión, es un sólido parcialmente cristalino de estructura ramificada, de menor densidad, que hace lo que los micromicetos puedan degradarlo más fácilmente, en relación al polietileno de alta densidad que consiste básicamente en cadenas lineales de 200 átomos de carbono. Este alineamiento de las moléculas permite una alta cristalinidad del producto final y una muy baja permeabilidad. La cristalinidad queda definida por la tasa de enfriamiento de la masa de material fundido. (http://www.un.org/depts/los/consultative_process/ICP17_Presentations/Alfaro_Medina.pdf).

En la naturaleza, son consorcios enteros los que participan en la biodegradación, y la biodiversidad de éstos varía de acuerdo al tipo de ambiente. Algunos autores definen las comunidades microbianas o consorcios como asociaciones de múltiples especies que coexisten en un mismo nicho. En los consorcios microbianos los microorganismos trabajan en forma multidisciplinar sobre el polietileno degradándolo en sus monómeros. De aquí que la actividad de los consorcios permite incrementar la degradación del polietileno (Sowmya et al. 2015). La eficiencia de degradación de bolsas de alta y baja densidad fue la misma en los dos consorcios formados por un conjunto de cepas, es así que el consorcio I estuvo formado por cepas de las especies *A. orizae* (1 cepa) y *A. flavus* (3 cepas) que tuvo una eficiencia de (10.91 %) y el consorcio II formado por las especies *A. fumigatus* (1 cepa) y *A. Orizae* (1 cepa) con una eficiencia de (14.78 %), la degradación de polietileno se hizo en suelo en un tiempo de 120 días, en condiciones de invernadero, para simular condiciones naturales, los consorcios de cepas eficientes potenciaron la degradación de bolsas de alta y baja densidad en suelo en 12.8 % en relación al testigo (3.06 %); Jakubowicz et. al. (2011) presentó el único resultado de suelo que presentó un mayor porcentaje de biodegradación (91%) con respecto al compost que fue de 43%, en dos años de cultivo de láminas de polietileno suplementadas con sal de manganeso. Los resultados obtenidos en el presente trabajo en cuanto a la degradación de bolsas de polietileno de baja densidad son mayores (11.72 %) y de alta densidad (7.74 %) en

un tiempo de incubación de 120 días, en relación a los resultados obtenidos por Fontanella, *et al.* (2010) de degradación de polietileno de baja y alta densidad de 9 y 5 % respectivamente, y los resultados obtenidos por Orhan *et al.* (2004) donde la pérdida de peso de polietileno de alta densidad (PEAD) fue 3,68% y la de polietileno de baja densidad (PEBD) fue de 11,01% después de doce meses de incubación en presencia de residuos sólidos y lo atribuyó a sus diferencias en la composición química, indicando que el efecto de degradación de polietileno con los consorcios evaluados en suelo es mucho mayor que los obtenidos por estos investigadores.

Las imágenes de FTIR permitieron encontrar una diferencia entre las muestras láminas de bolsas de baja densidad inoculadas con el consorcio I y Control (sin inoculo). El espectro infrarrojo (IR) se analiza separando dos zonas referenciales; la primera es llamada la región de los grupos funcionales que va de 1200 a 3600 cm^{-1} y la segunda denominada región de huella digital que se despliega desde 600 a 1200 cm^{-1} ; esta última es una zona muy específica, donde los picos no varían para un polímero, a menos que este haya sufrido el efecto de algún agente químico, físico o biológico (Gulmine 2002). En las Figuras 6 y 7 se observa la aparición n una banda 2352 cm^{-1} que corresponde al enlace O-H de los ácidos carboxílicos, una banda 1369 cm^{-1} , que corresponde al enlace C-O del grupo de los ácidos carboxílicos, la banda 453 cm^{-1} que corresponde al enlace de los bromoalcanos. Los grupos carbonilo actúan como cromóforos que permiten una iniciación de más radicales debido a que absorben en el UV cercano, posteriormente ocurre una ruptura de las cadenas por medio de las reacciones tipo Norrish 1 y 2, finalmente terminan con la formación de fragmentos que contienen grupos funcionales como alquenos, alcoholes, ésteres y ácidos carboxílicos, estos son utilizados por enzimas microbianas para su metabolización y final mineralización (Singh & Sharma. 2008) y hay un incremento en la banda 718 cm^{-1} por efecto de la acción de los micromycetos, que corresponde a la región de huella digital que se despliega desde 600 a 1200 cm^{-1} ; esta última es una zona muy específica, donde los picos no varían para un polímero, a menos que este haya sufrido el efecto de algún agente químico, físico o biológico (Gulmine 2002), indicando este espectro, de que si hubo efecto de degradación de las bolsas de baja densidad por las cepas de *Aspergillus* en estudio. Comparando el espectro FTIR control (fig. 8) con el espectro FTIR del consorcio I (fig. 9) que corresponde a la degradación de láminas de bolsas de polietileno de alta densidad, se observó la aparición una banda 1034 cm^{-1} que corresponde al enlace -NH- de las aminas , una banda 470 y 427 cm^{-1} , que corresponde al enlace de los bromoalcanos que corresponde a la a región de huella digital que se despliega desde 600 a 1200 cm^{-1} ; esta última es una zona muy específica, donde los picos varían debido a que ha sufrido el efecto de las cepas de *Aspergilliollus*, indicándonos que el consorcio I, alteró la estructura del polietileno de alta y baja densidad.

5. CONCLUSIONES

Del botadero de Sicuani y Calca se aislaron 6 cepas que degradaron polietileno de alta y baja densidad de las cuales el 50% corresponde a *Aspergillus flavus*, el 33.3 % a *Apergillus orizae* y el 16.6 % a *Aspergillus fumigatus*. Las cepas más eficientes en la degradación de bolsas de polietileno de alta y baja densidad corresponden a *Aspergillus fumigatus* (24.13 %) y *Aspergillus orizae* (23.15%) aisladas del botadero de Calca. Las bolsas de baja densidad fueron degradadas con mayor eficiencia (20.86 %) en relación a las de alta densidad (7.84 %) por cepas de *Aspergillus*. Los consorcios I y II tuvieron el mismo efecto en la degradación de bolsas de polietileno de alta y baja densidad con un promedio de 12.85 %. Las bolsas de baja densidad fueron degradadas con mayor eficiencia (11.62 %) en relación a las de alta densidad (7.54 %). Los Espectros demostraron que los consorcios de cepas de *Aspergillus* si degradan polietileno, ya que alteraron la estructura molecular de las láminas del polietileno de baja densidad generando grupos de ácidos carboxílicos con los enlaces C-O y O-H, además de enlaces de bromoalcanos. El espectro de láminas de polietileno de alta densidad demostró que se alteraron la estructura de la zona de la huella digital del polietileno generando nuevos enlaces -NH- del grupo aminas y enlaces de bromoalcanos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdullahi M, Saidu BT (2013) Biodegradation of polyethylene and plastic using fadama soil amended with organic and inorganic fertilizer. *Indian journal of scientific research* 4(1): 17-24.

Allsopp M., A. Walters, D. Santillo, et al. 2007. Contaminación por plásticos en los océanos del mundo. GreenPeace. <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/contaminacion-plasticos-en.pdf> (access: 16/01/2018)

Arancibia, C. (2014). Caracterización de *Alternaria alternata* aislada de contenedores residuales urbanos y su potencial uso en la degradación de 6 polímeros de importancia ambiental. Tesis. Universidad Santo Tomás Escuela de Tecnología Médica. Viña del mar- Chile.

Bejar, V. R., Cardenas, K. J., Mendez, C. R. y Vergaray G. (2007). Aislamiento de micromicetos biodegradadores de polietileno (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú lima.

Champi V, y Villalba M. (2014). Evaluación de la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lamay y Calca-región Cusco. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-Peru.

Fontanella S; Bonhomme S, Kountry M, Husarova L, Brusson JM, Courdavault JP, Pitteri S, Samuel G, Pichon Gérard, Lemaire J, Delort AM. (2010). Comparison of the biodegradability of various polyethylene films containing pro-oxidant additives. *Polymer Degradation and Stability*; 95,1011-1021

Gulmine JV, Janissek PR, Heise HM, Akcelrud L (2002) Polyethylene characterization by FTIR. *Polymer Testing* 21: 557–563.

Hadad, D, Geresh S, Sivan A. . (2005). Biodegradation of polyethylene by the thermophilic bacterium *Brevibacillus borstelensis*. *Appl Microbiol*, 98 (5). Pp 1093-1100

Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales de Población y Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017

Jakubowicz I, Yarahmadi N, Arthurson V. (2011). Kinetics of abiotic and biotic degradability of low-density polyethylene containing prodegradant additives and its effect on the growth of microbial communities. *Polymer Degradation and Stability*. 96 (5) 919-928.

Jihuallanca F. (2015). Impacto Ambiental del Botadero Controlado de Residuos Sólidos en el Distrito de Sicuani, Canchis – Cusco. Tesis de grado. Universidad Nacional Del Altiplano De Puno- Perú

Méndez, C., Vergaray, G., Béjar, V. & Cárdenas, K. (2007). Aislamiento y caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno. (tesis de licenciatura) Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Peru- Lima.

Martin, C. (2012). Bioprospección de la degradación del polietileno tesis. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas. Bogotá- Colombia.

Martín P A. (2017). Estudio preliminar de la biodegradación de plásticos por bacterias marinas. Tesis-Posgrado. Univ. La Laguna. Facul. De Ciencias-Departamento de Microbiología. España.

Ojeda, T; Dalmolin, E., Forte, M., Jacques, R., Bento, F., Camargo, F. (2009). Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable polyethylenes. » *Polymer Degradation and Stability*, 94 (6) pp. 965-970.

Organismo de Fiscalización y Organización Ambiental. (2016). Fiscalización Ambiental de Residuos sólidos de la gestión Municipal de la Provincia del Cusco.

Orhan, Y., Hrenović, J. & Büyükgüngör, H. (2004). Biodegradation of Plastic Compost bags under controlled soil conditions. *Acta Chim. Slov.* 51: 579–588.

Pitt, J. (2001). A Laboratory Guide to Common Aspergillus and Penicillium Species and Their Teleomorphs. United States Department of Agricultural Research Service. New Orleans, Louisiana USA.

Kavelman R. & Kendrick B. 1978. Degradation of a plastic Polyepsiloncaprolactone by hiphomycetes. *Micologia* 70: 867-103.

Khanna, S. & Srivastava, A.K. 2005, "Recent advances in microbial polyhydroxyalkanoates", *Process biochemistry*, vol. 40, no. 2, pp. 607-619

Sowmya, HR. (2015). Polyethylene Degradation by Fungal Consortium, *International Journal Environmental Research*, vol. 9, n° 3, pp. 823-830, 2015.

Sudhakar M, Doble M, Sriyutha Murthy P, Venkatesan R (2008) Marine microbe-mediated biodegradation of low- and high-density polyethylene. *International Biodeterioration & Biodegradation* 61: 203–213.

Yepes A L. (2014). Degradación de Polietileno de Baja Densidad Utilizando Hongos. Revisión Sistemática de la Literatura. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá- Colombia Zahra S, Abbas SS, Mahsa MT, Mohsen N (2010). Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) by isolated fungi in solid waste médium. *Waste management* 30 (3). pp 396-401.

Watanabe, T. (2002). Pictorial Atlas of soil seed Fungy. Second Edition. CRC Press. Printed in the United States of America.

Zahra S, Abbas SS, Mahsa MT, Mohsen N (2010). Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) by isolated fungi in solid waste médium. *Waste management* 30 (3) .pp 396-401.



EJE TEMÁTICO

Ciencias Ambientales

Efecto del glicerol y dimetilformamida en tres protocolos de criopreservación de semen de llama (*Lama glama*)

Effect of glycerol and dimethylformamide in three cryopreservation protocols of llama semen (*Lama glama*)

Fredy Salas¹, Aydee Meza², José Becerra³, Nilton Cárdenas³, Hernán Cucho⁴ ¹Escuela Profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú
²Laboratorio de Biotecnologías Reproductivas, Vicerrectorado de Investigación, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú ³Centro de Investigación en Camélidos Sudamericanos (CICAS) La Raya, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco ⁴Laboratorio Biotecnologías Reproductivas, Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú

fredy_18salas@hotmail.com, código ORCID [0000-0002-2966-4092](https://orcid.org/0000-0002-2966-4092)
aydee.meza@unsaac.edu.pe, código ORCID [0000-0001-8581-9987](https://orcid.org/0000-0001-8581-9987)
jose.becerra@unsaac.edu.pe, código ORCID [0000-0002-4547-5849](https://orcid.org/0000-0002-4547-5849)
nilton.cardenas@unsaac.edu.pe, código ORCID [0000-0001-6219-7978](https://orcid.org/0000-0001-6219-7978)
hernan.cucho@unsaac.edu.pe, código ORCID [0000-0001-7170-9795](https://orcid.org/0000-0001-7170-9795)

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de tres crioprotectores en la criopreservación de semen de llama sobre la vitalidad, integridad acrosomal y área de los espermatozoides de llama evaluados en el sistema CASA-Mot (ISAS[®]), para ello se seleccionaron 8 llamas entre *Ch'akus* y *K'aras*, entre 4 a 7 años de edad, con peso de 110.15 ± 10.50 kg del Centro de Investigación en Camélidos Sudamericanos CICAS-La Raya. La colección de semen fue por el método de electroeyaculación, con anestesia total de los animales. En semen fresco se evaluó el volumen, concentración y motilidad, el semen fue degelificado con papaína y se separaron 3 alícuotas para su tratamiento: glicerol al 5%; dimetilformamida (DMFA) al 7% y DMFA al 9%. En semen refrigerado y descongelado se determinó la vitalidad, porcentaje de integridad acrosomal y área de la cabeza espermática. Las variables microscópicas se analizaron con el Integrated Semen Analysis System (ISAS[®]). Para su análisis, se empleó un arreglo factorial en bloques completamente al azar, la comparación de medias se realizó con la prueba de LSD. Hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en las variables estudiadas en favor del semen refrigerado en relación al descongelado. El protocolo empleando 5% de glicerol ha tenido un mejor comportamiento ($P < 0.05$) al descongelado que los otros tratamientos en la vitalidad y el porcentaje de integridad acrosomal.

PALABRAS CLAVES: Llama, semen, criopreservación, glicerol, dimetilformamida

ABSTRACT

The aim of the study was to determine the effect of three cryoprotectants in the cryopreservation of llama semen on the vitality, acrosomal integrity and area of llama sperm head, evaluated in the CASA-Mot system (ISAS[®]), for which 8 llamas were selected from among *Ch'akus* and *K'aras* breed, between 4 to 7 years old, weighing 110.15 ± 10.50 kg from the Centro de Investigación en Camélidos Sudamericanos CICAS -La Raya. The collection of semen was by electroejaculation method, with total anesthesia of the animals. In raw semen, the volume, concentration and motility were evaluated, the semen was degelifified with papain and 3 aliquots were separated for treatment: 5% glycerol; Dimethylformamide (DMFA) 7% and DMFA 9%. In refrigerated and thawed semen, vitality, percentage of acrosomal integrity and area of the sperm head were determined.

Microscopic variables were analyzed with the Integrated Semen Analysis System (ISAS®). For its analysis, a factorial arrangement in completely random blocks was used,

the comparison of means was carried out with the LSD test. There were significant differences ($P < 0.05$) in the variables studied in favor of chilled semen in relation to thawing. The protocol using 5% glycerol has had a better performance ($P < 0.05$) when thawing than the other treatments in vitality and the percentage of acrosomal integrity.

KEYWORDS: Llama, semen, cryopreservation, glicerol, dimetilformamide

1. INTRODUCCIÓN

Los camélidos sudamericanos, alpacas (*Vicugna pacos*) y llamas (*Lama glama*), son especies de gran importancia económica en el Perú y Bolivia, ya que proporcionan fibra y carne para los pobladores altoandinos (Santiani & Huanca, 2005). Sin embargo, el desarrollo y aplicación de la inseminación artificial (IA) es lenta en llamas y alpacas y está todavía en sus inicios. Existen varias razones técnicas para esto, incluyendo la falta de protocolos estandarizados para la colección de semen, la manipulación, la dilución, congelación y descongelación. Además, muy pocos ensayos de fertilidad se han realizado para evaluar el semen congelado-descongelado (Bravo *et al.*, 2013).

Es aceptado que los crioprotectores permeables, como el glicerol, tienen efectos tóxicos (Fahy, 1986; Holt, 2000; Watson, 2000); en camélidos el glicerol al 7% ha sido el crioprotector mayormente utilizado en estas especies, obteniendo preñeces con tasas de 0 a 26% (Bravo *et al.*, 2000; Aller *et al.*, 2003; Vaughan *et al.*, 2003). También se tienen reportes de uso de la DMFA en la criopreservación de semen de alpaca con resultados favorables en algunas características microscópicas (Ciprian, 2019 y Flores *et al.*, 2021); en llamas también ha sido estudiada para la congelación de semen empleándola al 7% (Carretero *et al.*, 2015; Fumuso *et al.*, 2020).

Una de las características del semen como es la viscosidad, dificulta la separación de los espermatozoides del plasma seminal, la dilución del eyaculado, la homogenización de las muestras, la separación en alícuotas y el envasado en pajuelas (Tibary & Vaughan, 2006). Para solucionar estos problemas se suele acudir al empleo de enzimas como la papaína, presente en la papaya (*Carica papaya*), la cual mostró resultados promisorios en semen de alpaca (Morton *et al.*, 2008). Posteriormente Kershaw-Young *et al.* (2013) reportaron que la papaína reducía la viscosidad del semen, sin afectar el porcentaje de espermatozoides vivos, la integridad del ADN y del acrosoma de los espermatozoides de alpaca, en llamas también ha sido empleada para la degelificación del semen de esta especie (Cucho *et al.*, 2020), es por ello que se ha planteado este estudio a fin de determinar el efecto de tres crioprotectores en la criopreservación de semen de llama sobre la vitalidad, integridad acrosomal y área de los espermatozoides de llama evaluados en el sistema CASA-Mot (ISAS®).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el Centro de Investigación en Camélidos Sudamericanos CICAS -La Raya, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. El Centro se encuentra ubicado en el distrito de Maranganí, provincia de Canchis, departamento del Cusco, Perú, a una altitud de 4130 m.s.n.m. El estudio se realizó entre diciembre del 2019 a mayo del 2020. Se seleccionaron 8 llamas entre *Ch'akus* y *K'aras*, entre 4 a 7 años de edad, con peso de 110.15 ± 10.50 kg. Previamente los animales fueron examinados, descartando animales con problemas reproductivos. Los animales eran alimentados en pradera natural, compuesto de cuatro especies predominantes: *Stipa obtusa*, *Festuca* sp, *Calamagrostis amoena* y *Scirpus rigidus*.

La colección de muestras seminales fue realizada por el método de electroeyaculación (EE), con la técnica descrita por Director *et al.* (2004) y Giuliano *et al.* (2008). El intervalo entre las colectas de muestras seminales fue de una semana, hasta obtener 2 colectas de cada llama. Para la criopreservación se consideraron muestras adecuadas aquellas con concentración mayor a 50×10^6 espermatozoides/ml y una motilidad espermática superior a 50%, determinadas con un Spermtrack y un sistema CASA. Luego las muestras seminales colectadas fueron tratadas con papaína (Sigma Aldrich®) disuelta en Tris (0.1 mg/ml de Tris) en una proporción de 1:1, manteniéndose durante 20 minutos a 37°C en un baño seco. A continuación, se agregó 20 µl del inhibidor de papaína E-64 (SigmaAldrich®) por mililitro de dilución de semen con papaína durante 5 min y conservando la misma temperatura (Crichton *et al.*, 2015); seguidamente fueron diluidas con dilutor base Tris, yema de huevo de gallina, más los crioprotectores, hasta alcanzar una concentración final de 20×10^6 espermatozoides/mL. Los protocolos planteados fueron protocolo 1: glicerol al 5%; protocolo 2: Dimetilformamida (DMFA) 7%; protocolo 3: Dimetilformamida (DMFA) 9%, manteniendo constante el tiempo de refrigerado (2.5 horas hasta 5°C), la congelación (curva de congelación rápida) se hizo en forma horizontal sobre vapores de nitrógeno líquido. La descongelación de las pajuelas se realizó 7 días después, en agua a una temperatura de 37°C, durante 30 segundos.

Se realizó la evaluación de la vitalidad para lo cual se utilizó 3 µl de semen, eosina y nigrosina, mientras que para la determinación de integridad acrosomal se utilizó azul de Coomassie (Sigma-Aldrich®), para la evaluación del área de la cabeza del espermatozoide, se empleó Hemacolor®. Los análisis se realizaron en un microscopio de contraste de fases (Proiser-UOP-UB200i) con el objetivo de 40x, para la vitalidad e integridad acrosomal, y a 100x para determinar el área, en todos los casos, se evaluó no menos de 200 espermatozoides por muestra.

La normalidad de la distribución de los datos de las variables estudiadas, se analizaron con el test de Shapiro- Wilk. La homogeneidad de varianzas se determinó con el test de Levene. Se empleó un arreglo factorial en bloques completamente al azar, la comparación de medias se realizó con la prueba de LSD ($\alpha=0.05$). Las pruebas estadísticas fueron realizadas con el programa SAS.

3. RESULTADOS

El volumen colectado fue 3.69 ± 0.75 ml; con una concentración espermática de $72.92 \pm 35.33 \times 10^6$ espermatozoides x ml, una motilidad espermática de $44.31 \pm 16.12\%$. Se observó interacción entre condición (refrigerado y descongelado) y los tratamientos (protocolo 1, protocolo 2 y protocolo 3). Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los tres tratamientos y en las dos condiciones evaluadas, este resultado se reflejó en el resultado de las tres variables estudiadas como se puede observar en la tabla 2. Mientras que en la tabla 1, se puede observar que los parámetros evaluados en condición de refrigerado son superiores a los resultados en condición de descongelado.

Tabla 1. Efecto de la criopreservación de semen de llama sobre la vitalidad, integridad acrosomal y área de espermatozoides.

Condición	Vitalidad (%)	Integridad acrosomal (%)	Área (μm^2)
Refrigerado	57.50 ^a	70.33 ^a	15.13 ^a
Descongelado	35.16 ^b	67.34 ^b	14.84 ^b

*Valores con diferentes letras en las filas indican diferencias significativas para cada uno de los variables evaluados ($p < 0.05$).

Tabla 2. Efecto de tres crioprotectores (glicerol y DMFA) en diferentes niveles en la criopreservación de semen de llama sobre la vitalidad, integridad acrosomal y área.

Condición	Tratamiento	Vitalidad (%)	Integridad acrosomal (%)	Área (μm^2)
Refrigerado	Protocolo 1	59.31 ^a ±0.41	71.38 ^a ±0.60	14.70 ^f ±0.18
	Protocolo 2	55.28 ^c ±0.41	69.11 ^c ±0.60	14.98 ^c ±0.18
	Protocolo 3	57.91 ^b ±0.41	70.49 ^b ±0.60	14.85 ^e ±0.18
Descongelado	Protocolo 1	37.23 ^d ±0.41	68.38 ^d ±0.60	14.94 ^d ±0.18
	Protocolo 2	33.20 ^f ±0.41	66.24 ^f ±0.60	15.35 ^a ±0.18
	Protocolo 3	35.05 ^e ±0.41	67.40 ^e ±0.60	15.10 ^b ±0.18

*Valores con diferentes letras en las filas indican diferencias significativas para cada uno de los variables evaluados ($p < 0.05$). Protocolo 1: glicerol (5%), protocolo 2: dimetilformamida (7%) y protocolo 3: dimetilformamida (9%)

4. DISCUSIÓN

La criopreservación de semen de camélidos ha mostrado resultados bastante variables (Terreros *et al.*, 2015). Además, varios autores reportaron que el uso glicerol de 6 a 8% no promueve la motilidad a pesar de utilizar diferentes dilutores: llama: von Baer & Helleman, 1999; Aller *et al.*, 2003; alpaca: Vaughan *et al.*, 2003; Santiani *et al.*, 2005; Santiani *et al.*, 2013). Por lo que los resultados que se presentan en este trabajo son interesantes. Se muestra que el protocolo 1 y 3 muestran mejores resultados a diferencia del protocolo 2 para la variable evaluada que es la vitalidad. Estos resultados son superiores a lo reportado por Ciprian (2019), además indica que utilizando DMFA al 7 y 9% mejora la calidad espermática esto con muestras colectadas por electroeyaculación (EE); y el resultado obtenido para la integridad acrosomal en el protocolo 2 es ligeramente superior a lo reportado por Flores *et al.*, (2021), esto se debe probablemente a la colagenasa que se utilizó para reducir la viscosidad de las muestras, mientras que en el presente trabajo se incubó en la enzima papaína. En cuanto a la variable área se obtiene resultado poco usual, donde las áreas se incrementan en las muestras posdescongeladas en los tres protocolos, que podría deberse a un desbalance osmótico entre la célula y el medio de criopreservación, y que también se observó en el estudio de Ccalta *et al.*, (2017), pero en espermatozoides de alpaca recuperados de los conductos deferentes.

5. CONCLUSIONES

Los espermatozoides de camélidos son altamente susceptibles a la criopreservación, disminuyendo el porcentaje de vitalidad e integridad acrosomal en este proceso, en este estudio el protocolo 1 empleando 5% de glicerol, es el que ha tenido mejor comportamiento, requiriéndose más estudios en esta biotecnología reproductiva.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta, A. S., Vargas, S. E., Cuya, M. V., González, J. R., & Gutiérrez, R. S. (2013). Effect of the addition of two superoxide dismutase analogues (Tempo and Tempol) to alpaca semen extender for cryopreservation. *Theriogenology*, 79(5), 842-846.
2. Aller, J. F., Rebuffi, G. E., Cancino, A. K., & Alberio, R. H. (2003). Influencia de la criopreservación sobre la motilidad, viabilidad y fertilidad de espermatozoides de llama (*Lama glama*). *Archivos de zootecnia*, 52(197), 15-23.
3. Bravo, P. W., Skidmore, J. A., & Zhao, X. X. (2000). Reproductive aspects and storage of semen in Camelidae. *Animal Reproduction Science*, 62(1-3), 173-193.
4. Bravo, P. W., Alarcon, V., Baca, L., Cuba, Y., Ordoñez, C., Salinas, J., & Tito, F. (2013). Semen preservation and artificial insemination in domesticated South American camelids. *Animal*

- reproduction science*, 136(3), 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.10.005>
5. Carretero, M. I., Neild, D. M., Ferrante, A., Caldevilla, M., Arraztoa, C. C., Fumuso, F. G., & Giuliano, S. M. (2015). Effect of cryoprotectant and equilibration temperature on cryopreservation of Lama glama spermatozoa. *Andrologia*, 47(6), 685- 693.
 6. Ccalta R, Ordóñez C, Ampuero, Cucho H. (2017). Efecto de la criopreservación en la morfometría del espermatozoide de alpaca. *Spermova*. 7(2): 100 – 105. DOI. 10.18548/aspe/0005.17
 7. Ciprian, R. (2019). Uso de la dimetilformamida en la criopreservación de semen de alpaca (Vicugna pacos).
 8. Crichton, E. G., Pukazhenthi, B. S., Billah, M., & Skidmore, J. A. (2015). Cholesterol addition aids the cryopreservation of dromedary camel (Camelus dromedarius) spermatozoa. *Theriogenology*, 83(2), 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.09.005>
 9. Cucho, H., Ccoiso, R., Gallegos, M., Ccalta, R., Meza, A., Ampuero, E., Ordóñez, C., & Soler, C. (2020). Efecto de la papaína en la cinética de los espermatozoides de llama (Lama glama). *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(4), e19036. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19036>
 10. Director, A., Giuliano, S., & Miragaya, M. (2004). Evaluation of llama (Lama glama) semen obtained by electroejaculation or using an artificial vagina. In *Proceedings 15th International Congress on Animal Reproduction (ICAR)* (Vol. 216).
 11. Fahy, G. M. (1984). CRYOPROTECTANT TOXICITY REDUCTION-SPECIFIC OR NONSPECIFIC. *Cryo-Letters*, 5(5), 287-294.
 12. Flores Huarco, N. H., Giuliano, S. M., Fumuso, F. G., Miragaya, M. H., Cucho Dolmos, H. C., & Carretero, M. I. (2021). Use of dimethylformamide to cryopreserve alpaca semen previously incubated with collagenase. *Reproduction in Domestic Animals*.
 13. Fumuso, F. G., Giuliano, S. M., Chaves, G., Neild, D. M., Miragaya, M. H., Bertuzzi, M. L., & Carretero, M. I. (2020). Incubation of frozen-thawed llama sperm with seminal plasma. *Andrologia*, 52(6), e13597. <https://doi.org/10.1111/and.13597>.
 14. Giuliano, S., Director, A., Gambarotta, M., Trasorras, V., & Miragaya, M. (2008). Collection method, season and individual variation on seminal characteristics in the llama (Lama glama). *Animal reproduction science*, 104(2-4), 359–369. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.02.016>
 15. Holt, W. V. (2000). Fundamental aspects of sperm cryobiology: the importance of species and individual differences. *Theriogenology*, 53(1), 47-58.
 16. Kershaw-Young, C. M., Stuart, C., Evans, G., & Maxwell, W. M. (2013). The effect of glycosaminoglycan enzymes and proteases on the viscosity of alpaca seminal plasma and sperm function. *Animal reproduction science*, 138(3-4), 261– 267. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.02.005>
 17. Morton, K.M., Vaughan, J., Maxwell, W.M. (2008). Continued development of artificial insemination technology in alpacas. Kingston. Rural Industries Research and Development Corporation. 187 p.
 18. Santiani, A., Huanca, W., Sapana, R., Huanca, T., Sepúlveda, N., & Sánchez, R. (2005). Effects on the quality of frozen-thawed alpaca (Lama pacos) semen using two different cryoprotectants and extenders. *Asian journal of Andrology*, 7(3), 303-309.
 19. Terreros, M., Huanca, W., Arriaga, I., & Ampuero, A. (2015). Efecto de tres crioprotectores en la criopreservación de espermatozoides epididimarios de alpaca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26(3), 420-426.
 20. Tibary, A., & Vaughan, J. (2006). Reproductive physiology and infertility in male South American camelids: a review and clinical observations. *Small Ruminant Research*, 61(2-3), 283-298.
 21. Von Baer, L., & Hellemann, C. (1999). Cryopreservation of llama (Lama glama) semen. *Reproduction in Domestic Animals*, 34(2), 95-96.
 22. Vaughan, J., Galloway, D., & Hopkins, D. (2003). Artificial insemination in alpacas (Lama pacos). *Rural Industries Research and Development Corporation, Kingston, ACT, Australia*, 1(2), 3.
 23. Watson, P. F. (2000). The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Animal reproduction science*, 60, 481- 492.

La secuenciación del genoma de las cuatro especies de camélidos andinos

Genome sequencing of four Andean camelids species

Carola Melo Rojas¹, Víctor López Durand¹, Andrés Farfán Suárez¹, Luis Fernando Hachircana Yauri¹, Delfín Suna Laura¹,

Celso Zapata Coacalla², Máximo Melo Ancasí², Uberto Olarte Daza².

¹Laboratorio de Genética. Escuela Profesional de Medicina Veterinaria Canchis. Universidad San Antonio Abad del Cusco.

Cusco-Perú. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.

carola.melo@unsaac.edu.pe <https://orcid.org/0000-0001-9626-6791>

victor.lopez@unsaac.edu.pe

122644@unsaac.edu.pe

122644@unsaac.edu.pe

143888@unsaac.edu.pe

c.zapata@unap.edu.pe <https://orcid.org/0000-0001-6086-380X>

m.melo@unap.edu.pe <https://orcid.org/0000-0001-7474-9303>

u.olarte@unap.edu.pe <https://orcid.org/0000-0001-9344-7757>

Resumen

Entender los cambios que ocurren a nivel genético en camélidos, nos permite tener un conocimiento más profundo sobre como estos permiten diferencias a nivel fenotípico de las cuatro especies de camélidos andinos. En este trabajo hemos secuenciado el genoma completo de 16 alpacas (8 de la raza Huacaya y 8 de la raza Suri), 6 llamas (4 de la raza *K'ara* y 2 de la raza *Chak'u*), una vicuña y un guanaco con una cobertura de 50X. Toda la información obtenida nos permitió identificar variantes como polimorfismos de un solo nucleótido (SNP), variación en el número de copias (CNV), variantes estructurales, inserciones, deleciones y translocaciones. Al hacer una comparación entre camélidos domésticos y silvestres, estos últimos muestran una menor variación, incluso al comparar vicuña y guanaco, la vicuña es la que menor variabilidad genómica presenta. Este estudio de las cuatro especies de camélidos es un valioso aporte al conocimiento de la genómica, siendo el primero en estudiar variantes estructurales y CNV, sentando una base para futuros estudios genéticos y mejora de la cría asistida a partir del conocimiento del genoma de camélidos domésticos y estudios de variabilidad en ancestros, así como entender las vías de selección y domesticación.

Palabras clave: Genoma, alpaca, llama, vicuña, guanaco.

Abstract

Understanding the changes that occur at the genetic level in camelids allows us to have a deeper understanding of how these changes allow differences at the phenotypic level of the four Andean camelid species. In this work we have sequenced the complete genome of 16 alpacas (8 of the Huacaya breed and 8 of the Suri breed), 6 llamas (4 of the *K'ara* breed and 2 of the *Chak'u* breed), one vicuña and one guanaco with a 50X of coverage. All the information obtained allowed us to identify variants such as single nucleotide polymorphisms (SNP), copy number variation (CNV), structural variants, insertions, deletions and translocations. When comparing domestic and wild camelids, the latter show less variation, even when comparing vicuña and guanaco, the vicuña shows the least genomic variability. This study of the four camelid species is a valuable contribution to the knowledge of genomics, being the first to study structural variants and CNV, laying a foundation for future genetic studies and improvement of assisted breeding based on knowledge of the genome of domestic camelids and studies of variability in ancestors, as well as understanding the processes of selection and domestication.

Keywords: Genome, alpaca, llama, vicuña, guanaco.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia de los genomas: solo en las últimas décadas los científicos han progresado desde el análisis de uno o un pequeño número de genes a la vez hasta la investigación de miles de genes, pasando del estudio de las unidades de herencia a la investigación de todo el genoma de un organismo (Del Giacco y Cataneo, 2012). La ciencia de los genomas, o “genómica”, inicialmente dedicada a la determinación de las secuencias de ADN (el orden de los nucleótidos en un fragmento dado de ADN), se ha expandido rápidamente hacia un nivel más funcional: el estudio de los perfiles de expresión y las funciones de ambos genes y proteínas. Los ensamblajes de genoma precisos proporcionan una base invaluable para evaluar la variación genética en todo el genoma de las especies, para detectar variantes estructurales y para descifrar regiones genómicas complejas, como genes de respuesta inmune (Lados et al., 2020). Gracias a la generación de tecnología que permita acortar el tiempo de secuenciamiento se ha pasado de secuenciar genomas individuales a precios muy altos y en tiempos sumamente largos a la obtención de datos en tiempos muy cortos, asequibles y en gran cantidad.

En la última década se han producido varios avances en la comprensión de la organización del genoma de la alpaca (Calderón et al., 2021). El último genoma secuenciado y ensamblado (VicPac3.1, GCA_000164845.4, NCBI), el cual es utilizado como referencia para el alineamiento dada su alta cobertura que presenta (Richardson et al., 2019). Hace poco un estudio sobre la detección de SNPs relacionados con caracteres productivos en la alpaca para generar una micromatriz de 76.508 SNP (Calderón et al. 2021) que permitan realizar estudios de genes relacionados a caracteres de interés en alpacas es un gran avance en temas de genómica, pero debemos de trabajar también con las llamas, vicuñas y guanacos.

Hay varias categorías de variaciones genómicas dentro de una especie. Los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) son los más frecuentes y se han utilizado ampliamente en la asociación y predicción genómica de todo el genoma (Chen et al., 2017). En la última década, varios estudios han detectado y verificado la existencia de grandes mutaciones de segmentos de ADN en el genoma humano (Iafate et al., 2004) y en muchas otras especies (Fadista et al., 2008; Liu et al., 2008; Wang et al., 2010) Estas mutaciones de segmento ahora se describen como variaciones estructurales (SV), que se refieren a segmentos de 1 kilobases (kb) a varias megabases (Mb) de deleciones, duplicaciones, inversiones y translocaciones en un genoma re-secuenciado en comparación con un genoma de referencia (Alkan et al., 2011; Redon et al., 2006). Las variaciones de número de copias (CNV) son un subconjunto de variaciones estructurales que incluyen eliminaciones y duplicaciones. A medida que la tecnología de secuenciación ha mejorado, la resolución de la detección de variaciones estructurales también ha mejorado, por lo que ahora se pueden identificar eventos de SV más pequeños (Sebat et al., 2004).

El objetivo de este estudio fue la de obtener el genoma de las cuatro especies de camélidos andinos, conocer sus variantes y la diferencia que existe entre camélidos domésticos y silvestres.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material animal

Para el secuenciamiento del genoma completo las muestras se colectaron de 16 alpacas (color blanco, café, negro y LF), 1 llama (color café), 1 vicuña y 1 guanaco (tabla 1). Se trabajó con animales de características fenotípicas deseables como finura de fibra o color entero en alpacas y talla en llamas (Nuñoa), así como animales con características no deseadas según los estándares raciales (CICAS La Raya UNSAAC). Las muestras se obtuvieron a partir de sangre por venopunción y

recolectadas en tubos vacutainer con EDTA. La sangre se almacenó en congelación a -20°C hasta su manipulación en el Centro de Investigación de Camélidos Andinos la Raya de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Tabla 1: Población analizada para el estudio genómico

Especie	Raza	Color	Número de asignación
Alpaca	Huacaya	Blanco fino	1
Alpaca	Huacaya	Café fino	5
Alpaca	Huacaya	Negro fino	3
Alpaca	Huacaya	Café fino	24
Alpaca	Huacaya	Blanco grueso	2
Alpaca	Huacaya	Café grueso	6
Alpaca	Huacaya	Negro grueso	4
Alpaca	Huacaya	Manchado fino	8
Alpaca	Huacaya	Café grueso	25
Alpaca	Suri	Blanco fino	9
Alpaca	Suri	Café fino	13
Alpaca	Suri	LFgrueso	15
Alpaca	Suri	Blanco grueso	10
Alpaca	Suri	Café grueso	14
Alpaca	Suri	Negro grueso	12
Alpaca	Suri	Blanco grueso	26
Llama	K'ara	Café	18
Llama	K'ara	Café	19
LLama	K'ara	Café	20
Llama	K'ara	Café	21
Llama	Chak'u	Multicolor	22
Llama	Chak'u	Blanco	23
Guanaco			16
Vicuña			17

2.2. Extracción de ADN

El ADN (ácido desoxirribonucleico) se extrajo de la sangre completa de todos los animales muestreados utilizando el kit Purelink Genomic mini kit (Qiagen) de acuerdo con el protocolo del fabricante.

2.3. Secuenciación de genomas completos

Se preparó una biblioteca de ADN genómico mediante un secuenciador BGISEQ-500, con un tamaño de inserto de ~ 300 pb para cada muestra analizada. Se obtuvo una cobertura de $50 \times$ en el secuenciador BGISEQ-500. Las lecturas se asignaron al ensamblaje del genoma de referencia de la alpaca VicPac3.1 ([GCF_000164845.3](https://doi.org/10.1038/nature24243)). Se aplicó el algoritmo MEM de Burroughs Wheeler Aligner para alinear las lecturas. La versión 1.13 de SAMtools (Li et al., 2009) se utilizó para ordenar las lecturas alineadas por coordenadas y para producir archivos. Las variantes de secuencia se

llamaron con el Haplotypecaller del Genome Analysis Toolkit. SNPs y los procesos de detección de InDels se realizan con GATK (<https://www.broadinstitute.org/gatk/>), Además, BreakDancer se utilizó para determinar las llamadas de variantes de estructura (SV) (McKenna et al., 2010) (<http://breakdancer.sourceforge.net/> y Control-FREEC (<http://boevalab.inf.ethz.ch/FREEC/index.html#introduction>) (Boeva et al., 2012) para determinar las llamadas de variantes de número de copias (CNV), respectivamente. También usamos el programa Annovar (Wang et al., 2010) para obtener anotaciones y clasificación. Los datos de algunas secuencias se enviaron al NCBI con el acceso al estudio (SRR15927273 para el genoma de la alpaca huacayo blanca, SRR15966550 para llama café, SRR16008793 para guanaco, SRR16060509 para vicuña, SRR16077698 para alpaca huacaya negra y SRR16097856 para alpaca huacaya café), el resto de los animales se mantienen en reserva para proteger confidencialidad de los datos.

2.4. Filtración

Aquí utilizamos el filtro interno de BGI SOAPnuke (Chen et al., 2018) (SOAPnuke1.5.6) para eliminar lecturas y bases no deseadas, donde se descartaron las lecturas de baja calidad que indican que más del 50% de la base tienen un valor Phred menor que 20.

2.5. Análisis genético

Utilizamos el genoma de referencia de la alpaca VicPac3.1, donde el número de acceso NCBI RefSeq corresponde a LOC102529783 para realizar la alineación de todas las secuencias obtenidas.

2.6. Detección de SNP y de InDel

Los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) se refieren a la variación de la secuencia de ADN que se produce cuando hay una diferencia de un solo nucleótido (A, T, C o G) entre muestras (o individuos). Un InDel es un polimorfismo corto que corresponde a la adición o eliminación de una pequeña cantidad de bases en una secuencia de ADN, incluida la inserción y la eliminación. Los procesos de detección de SNPs e InDels se realizaron con GATK, y usamos la herramienta Annovar para obtener anotaciones y clasificación.

2.7. Llamadas de variantes estructurales (SV)

Al alinear las lecturas de los extremos emparejados, una variación de la estructura dificulta las llamadas de SV a través de la alineación general de extremos de pares (también llamada mapeo de PE), por lo que podemos usar estos pares de lectura anormales o lecturas de clips suaves para llamadas de SV. La herramienta de análisis utilizada aquí es BreakDancer.

2.8. Detección de variación del número de copias (CNV)

Control-FREEC es una herramienta para la detección de cambios en el número de copias y desequilibrios alélicos (incluido LOH) utilizando datos de secuenciación profunda desarrollados originalmente por el Laboratorio de Bioinformática del Institut Curie (París). Control-FREEC automáticamente calcula, normaliza, segmenta el número de copia y luego llama a las alteraciones del número de copia y es el método utilizado para determinar CNV en la población de camélidos estudiados.

3. RESULTADOS

Las lecturas de secuencia se alinearon con el genoma de referencia utilizando la herramienta de análisis bwa. El tamaño del genoma de referencia es 2119617549 pb, el tamaño efectivo es 2031198268 pb (base N excluida) y el contenido de GC es 39,67 %. La tasa de mapeo de las muestras varía del 99,6 % al 99,79 %, y la profundidad de mapeo efectiva está entre 45,7068 X y 62,4944 X (tabla 2).

Tabla 2: Lecturas de secuencias de genomas

Muestras	Lecturas limpias	Mapeo de lecturas	Tasa de mapeo	Lecturas emparejadas correctamente	Proporción emparejada correctamente	Profundidad media	Cobertura >= 10X	Cobertura >= 20X	Cobertura >= 30X	Cobertura >= 50X
1	841144592	839181838	99.77%	838116584	99.64%	58.4425	95.06%	93.42%	87.83%	44.38%
10	858578253	856498183	99.76%	855259765	99.61%	59.6898	95.10%	93.76%	88.64%	48.90%
12	847504467	845684875	99.79%	844658275	99.66%	58.9993	95.03%	93.61%	88.70%	49.94%
13	835573852	833590228	99.76%	832471625	99.63%	58.1319	95.03%	93.46%	88.23%	45.86%
14	772643770	770781730	99.76%	769730090	99.62%	53.6429	95.01%	94.09%	89.18%	28.21%
15	848612720	846581051	99.76%	845450762	99.63%	58.9993	95%	93.54%	88.24%	49.28%
16	855932372	853854508	99.76%	852630077	99.61%	59.2872	94.38%	93.67%	90.50%	36.62%
17	868106032	866093540	99.77%	864970153	99.64%	60.2301	94.89%	93.59%	89.14%	52.44%
18	901408241	898875376	99.72%	897507929	99.57%	62.4944	94.51%	92.85%	88.15%	51.10%
19	878177515	874866637	99.62%	873222050	99.44%	60.8108	94.57%	92.97%	88.32%	45.86%
2	835462777	833631502	99.78%	832602549	99.66%	58.141	94.89%	93.04%	86.55%	46.68%
20	889477817	885903689	99.60%	884333469	99.42%	61.5938	94.55%	93.03%	88.47%	49.11%
21	882517174	879084047	99.61%	877773845	99.46%	61.1692	94.58%	93.08%	88.44%	48.22%
22	851981071	849784727	99.74%	848502910	99.59%	59.1883	94.64%	93.96%	91.08%	39.94%
23	827110809	825316646	99.78%	824320488	99.66%	57.5224	94.55%	93.68%	89.64%	34.50%
24	862634515	860069506	99.70%	858769214	99.55%	59.932	94.93%	93.61%	89.19%	52.22%
25	847131913	844777659	99.72%	843555161	99.58%	58.7857	94.86%	93.24%	88.47%	49.42%
26	877253867	874654883	99.70%	873249160	99.54%	60.7582	94.58%	93.13%	88.49%	44.97%
3	840316357	838466717	99.78%	837317861	99.64%	58.5064	94.99%	93.98%	90.27%	45.65%
4	820733551	818962001	99.78%	817884743	99.65%	57.105	94.96%	94.01%	90.37%	40.84%
5	719235632	716981704	99.69%	715650966	99.50%	49.0834	94.87%	91.75%	81.39%	19.15%
6	666191841	664302680	99.72%	663058214	99.53%	45.7068	94.78%	91.11%	73.78%	12.63%
8	754801974	752939693	99.75%	751911411	99.62%	52.2074	94.88%	92.28%	84.32%	28.65%
9	689715035	687952689	99.74%	686944754	99.60%	47.6421	94.79%	91.42%	80.98%	16.39%

Basándonos en el archivo gtf / gff del genoma de referencia, utilizamos la herramienta ANNOVAR para anotar variaciones de SNP (tabla 3).

Tabla 3: Estadísticas de anotación de los SNPs

Muestras	Agua arriba	Sinónimo	No sinónimo	Intrónico	Empalme	Agua abajo	UTR5	UTR3	Intergénico
1	68949	49860	36568	3645304	321	74977	27212	86595	6784681
10	70286	50572	37035	3694236	319	76446	27567	88272	6788868
12	69698	50449	37253	3659985	301	75560	27503	87034	6784451
13	70507	50740	36953	3722656	320	76390	27667	89092	6834142
14	69614	49681	36186	3725680	323	75777	27746	87768	6773108
15	69458	50075	37066	3691827	317	75178	27101	87005	6795962
16	68923	49087	36351	3581523	324	74392	27532	86278	6412147
17	65486	46670	34488	3403943	302	70315	25311	79741	6310319
18	71988	51721	38357	3746303	325	78114	28673	90827	6829047
19	71954	51983	38332	3790728	306	77592	29058	90946	6854830
2	70766	50964	37199	3715200	336	76325	27825	88813	6842485
20	70830	51412	37903	3727395	324	76565	28531	90112	6783701
21	72732	52384	38631	3789094	323	78310	29155	91577	6884512

22	74066	52382	38663	3867057	308	80590	29795	93682	6963521
23	72575	52090	38539	3852174	299	79133	29424	93645	6934925
24	69741	50699	37379	3721914	326	76119	27692	88780	6896903
25	69749	50614	37248	3719102	328	76169	27747	88918	6876303
26	70763	51507	37828	3726552	322	76542	28416	90066	6789835
3	70436	49556	36759	3713714	317	76147	27564	87861	6870521
4	72390	51299	37781	3821496	317	78702	28653	91137	6923505
5	68717	50011	36640	3665795	316	75136	26503	87211	6634595
6	66193	47944	34471	3583274	288	72852	25942	84946	6483448
8	68140	49330	35954	3639096	312	74305	26964	86585	6706647
9	70418	51073	37271	3683745	313	76717	28063	88844	6764856

Según el resultado final de InDel, filtramos los sitios que faltan y los mismos sitios en el genoma de referencia, luego obtenemos la variación final de InDel de cada muestra, tal como se muestra en la tabla 4.

Muestras	Número indel	Número de inserción	Número de delección	Número Homo Indel	Número de Indel Hete	Tasa de Homo Indel (%)	Tasa de Indel de Hete (%)
1	1848659	874634	974025	1367648	481011	73.98	26.02
10	1859078	879308	979770	1375490	483588	73.99	26.01
12	1850254	873947	976307	1368809	481445	73.98	26.02
13	1873913	885579	988334	1387757	486156	74.06	25.94
14	1866163	881559	984604	1381563	484600	74.03	25.97
15	1861172	880230	980942	1377900	483272	74.03	25.97
16	1809931	850426	959505	1332892	477039	73.64	26.36
17	1728448	815575	912873	1270185	458263	73.49	26.51
18	1893201	886750	1006451	1400130	493071	73.96	26.04
19	1908549	893717	1014832	1411224	497325	73.94	26.06
2	1863211	881041	982170	1381404	481807	74.14	25.86
20	1887001	884845	1002156	1393872	493129	73.87	26.13
21	1914902	895656	1019246	1416130	498772	73.95	26.05
22	1940375	908459	1031916	1438908	501467	74.16	25.84
23	1929692	901651	1028041	1430571	499121	74.13	25.87
24	1876823	887438	989385	1390349	486474	74.08	25.92
25	1869374	884221	985153	1385447	483927	74.11	25.89
26	1889210	885337	1003873	1395870	493340	73.89	26.11
3	1876974	887335	989639	1391317	485657	74.13	25.87
4	1902981	899226	1003755	1412034	490947	74.2	25.8
5	1824717	862745	961972	1351304	473413	74.06	25.94
6	1773844	841918	931926	1312521	461323	73.99	26.01
8	1834577	867392	967185	1357963	476614	74.02	25.98
9	1848525	873800	974725	1369495	479030	74.09	25.91

Hete: Heterocigoto, Homo: Homocigoto.

Para determinar el análisis de llamadas SV se utilizó el programa BreakDancer. Los tipos detectados de VS consisten en inserción (INS), delección (DEL), inversión (INV), translocación intracromosómica (ITX) y translocación intercromosómica (CTX). Las estadísticas de los resultados de SV son las siguientes:

Muestras	Números de INS	Números DEL	Números de INV	Números ITX	Números CTX
1	519	21006	1941	7273	64961
10	341	23741	2187	6649	70380
12	613	21787	1999	7405	65588
13	318	23380	2145	6663	69137
14	392	20200	1750	7223	62132
15	629	21142	1898	7354	64218
16	554	20178	1864	8864	59565
17	800	20881	1969	7626	62289
18	596	22482	2103	7186	64363
19	378	23949	2195	6867	67338
2	576	20044	1878	7302	62674
20	455	23362	2193	7337	66117
21	501	23077	2101	7102	65981
22	308	22655	2057	7045	65209
23	473	19381	1787	8656	59438
24	561	22493	1989	7061	66591
25	673	21263	1891	7272	62975
26	605	22029	2020	7417	63610
3	410	21632	1970	7022	65035
4	362	20988	1978	6859	63760
5	229	20029	1675	6167	62002
6	131	17395	1417	6528	58134
8	421	19296	1710	6561	60961
9	285	18667	1676	6336	60455

Usamos la herramienta Control-FREEC para llamadas CNV. Control-FREEC es una herramienta para la detección de cambios en el número de copia utilizando datos de secuenciación profunda, puede automáticamente computar, normalizar, segmentar el número de copia y luego llamar a las alteraciones del número de copia. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6: Estadísticas de CNVs detectados.

Muestras	Número de pérdida	Número de ganancia	Longitud de la pérdida	Longitud de ganancia
1	86	61	5573328	4423775
10	99	74	7181325	4342255
12	115	66	6846278	3835594
13	105	62	7245055	4085598
14	116	69	6596277	4160351
15	109	62	7286284	3667966
16	121	76	7656350	4680422
17	93	73	5180719	4212800
18	116	73	7606277	4562382

19	127	66	8288168	4265594
2	88	64	5463877	4543168
20	111	73	7243836	4515587
21	110	66	7438107	4958047
22	111	66	7773836	3691384
23	114	77	7356362	4750964
24	111	62	7673640	4567966
25	131	65	8508857	4630355
26	119	79	7637467	4655354
3	116	70	7651037	4985590
4	104	73	5998673	4938644
5	94	61	5794778	3840359
6	86	66	5904297	4905061
8	126	62	7406267	4640358
9	114	59	7196279	3565601

4. DISCUSIÓN

En este trabajo hemos secuenciado con éxito 24 genomas, siendo un número mucho mayor al de Calderón et al. (2021) y Fan et al. (2020) quienes sólo secuenciaron 6 y 7 alpacas respectivamente; nosotros pudimos secuenciar 16 alpacas, donde tenemos tanto las razas huacayas como suris; también hemos secuenciado un total de 6 genomas de llamas, siendo los primeros en el Perú que trabajamos con esta especie, además de un guanaco y una vicuña para determinar variabilidad en las variantes y comparar con los camélidos domésticos.

La cobertura que obtuvimos en las secuencias de los genomas fue de 50X, comparando con el trabajo de Calderón et al. (2021) quienes obtuvieron profundidades de 30 × y 6 ×, identificándose en su trabajo $4,28 \times 10^6$ SNP, de los cuales se seleccionaron 513,467 SNP de novo, con los criterios de calidad mínimos requeridos para desarrollar un microarray, nuestro trabajo muestra una mayor cantidad de SNPs encontrados y que son altos en las cuatro especies de camélidos andinos (el más bajo de vicuña con $9,74 \times 10^6$ SNP y el más alto de una llama de la raza Chak'u con $10,89 \times 10^6$ SNP) con lo que los resultados para generar un micromatriz serán mucho más altos.

En la determinación de CNV y SV somos los primeros en encontrar estos resultados en camélidos andinos, vemos en variantes de forma general que la vicuña presenta menor tasa de variantes que las otras especies y que en el caso de llamas de la raza Chak'u son las que mayor cantidad de variantes tipo SNP, Indel, CNV y SV presentan, siendo una de ellas un animal con más de dos colores, con lo que el hecho de buscar animales de un solo color en llamas podría traer como consecuencia pérdida de la variabilidad que sería irrecuperable con el paso de los años.

5. CONCLUSIÓN

Hemos logrado secuenciar el mayor número de genomas hasta el momento publicados, donde 6 de las secuencias ya se encuentran publicadas en el GenBank. Así mismo la cantidad de SNPs encontrados serán la base para una futura micromatriz de SNPs que permita identificar genes

de interés en camélidos tanto domésticos como silvestres. A su vez, somos el primer grupo en encontrar y publicar CNVs y SVs, los cuales al afectar en mayor tamaño a uno o más genes tendrían un papel muy importante en caracteres de interés para los camélidos andinos.

Declaración de ética

Las muestras de camélidos silvestres fueron recolectadas con el permiso otorgado por la entidad competente: SERFOR, RDG N° 0372-2018-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS (permiso otorgado el 25 de septiembre del 2018).

Contribuciones de autor

AC obtuvo financiación para el proyecto de investigación. MC, ZC y LV desarrollaron las ideas. FA, AJ, ZK, MM y OU recogieron las muestras. VL, MC, ZC, AJ, FA y ZK realizaron los análisis. MC, ZC escribieron el manuscrito con aporte de todos los integrantes del proyecto.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de relaciones de tipo comercial o financieras que pudiesen interpretarse como posibles conflictos de intereses.

Fondos: Este trabajo fue apoyado con fondos CANON de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, El proyecto de investigación titula: Obtención del Genoma de las cuatro especies de Camélidos Sudamericanos y tipificación de razas en alpacas y llamas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkan, C., Coe, B. P., & Eichler, E. E. (2011). Genome structural variation discovery and genotyping. *Nature reviews. Genetics*, 12(5), 363–376. <https://doi.org/10.1038/nrg2958>
- Boeva, V., Popova, T., Bleakley, K., Chiche, P., Cappo, J., Schleiermacher, G., Janoueix-Lerosey, I., Delattre, O., & Barillot, E. (2012). Control-FREEC: a tool for assessing copy number and allelic content using next-generation sequencing data. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 28(3), 423–425. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr670>
- Calderon, M., More, M. J., Gutiérrez, G. A., & Ponce de León, F. A. (2021). Development of a 76k Alpaca (*Vicugna pacos*) Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) Microarray. *Genes*, 12(2), 291. <https://doi.org/10.3390/genes12020291>
- Chen, L., Chamberlain, A. J., Reich, C. M., Daetwyler, H. D., & Hayes, B. J. (2017). Detection and validation of structural variations in bovine whole-genome sequence data. *Genetics, selection, evolution : GSE*, 49(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s12711-017-0286-5>
- Chen, Y., Chen, Y., Shi, C., Huang, Z., Zhang, Y., Li, S., Li, Y., Ye, J., Yu, C., Li, Z., Zhang, X., Wang, J., Yang, H., Fang, L., & Chen, Q. (2018). SOAPnuke: a MapReduce acceleration-supported software for integrated quality control and preprocessing of high-throughput sequencing data. *GigaScience*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/10.1093/gigascience/gix120>
- Del Giacco, L., & Cattaneo, C. (2012). Introduction to genomics. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 823, 79–88. https://doi.org/10.1007/978-1-60327-216-2_6
- Fadista, J., Nygaard, M., Holm, L. E., Thomsen, B., & Bendixen, C. (2008). A snapshot of CNVs in the pig genome. *PloS one*, 3(12), e3916. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003916>
- Fan, R., Gu, Z., Guang, X., Marín, J. C., Varas, V., González, B. A., Wheeler, J. C., Hu, Y., Li, E., Sun, X., Yang, X., Zhang, C.,
- Gao, W., He, J., Munch, K., Corbett-Detig, R., Barbato, M., Pan, S., Zhan, X., Bruford, M. W., ...

Dong, C. (2020). Genomic analysis of the domestication and post-Spanish conquest evolution of the llama and alpaca. *Genome biology*, 21(1), 159. <https://doi.org/10.1186/s13059-020-02080-6>

Iafate, A. J., Feuk, L., Rivera, M. N., Listewnik, M. L., Donahoe, P. K., Qi, Y., Scherer, S. W., & Lee, C. (2004). Detection of large-scale variation in the human genome. *Nature genetics*, 36(9), 949–951. <https://doi.org/10.1038/ng1416>

Lado, S., Elbers, J. P., Rogers, M. F., Melo-Ferreira, J., Yadamsuren, A., Corander, J., Horin, P., & Burger, P. A. (2020). Nucleotide diversity of functionally different groups of immune response genes in Old World camels based on newly annotated and reference-guided assemblies. *BMC genomics*, 21(1), 606. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-06990-4>

Li, H., Handsaker, B., Wysoker, A., Fennell, T., Ruan, J., Homer, N., Marth, G., Abecasis, G., Durbin, R., & 1000 Genome Project Data Processing Subgroup (2009). The Sequence Alignment/Map format and SAMtools. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 25(16), 2078–2079. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp352>

Liu, G. E., Van Tassell, C. P., Sonstegard, T. S., Li, R. W., Alexander, L. J., Keele, J. W., Matukumalli, L. K., Smith, T. P., & Gasbarre, L. C. (2008). Detection of germline and somatic copy number variations in cattle. *Developments in biologicals*, 132, 231–237. <https://doi.org/10.1159/000317165>

McKenna, A., Hanna, M., Banks, E., Sivachenko, A., Cibulskis, K., Kernytsky, A., Garimella, K., Altshuler, D., Gabriel, S., Daly, M., & DePristo, M. A. (2010). The Genome Analysis Toolkit: a MapReduce framework for analyzing next-generation DNA sequencing data. *Genome research*, 20(9), 1297–1303. <https://doi.org/10.1101/gr.107524.110>

Redon, R., Ishikawa, S., Fitch, K. R., Feuk, L., Perry, G. H., Andrews, T. D., Fiegler, H., Shaperro, M. H., Carson, A. R., Chen, W., Cho, E. K., Dallaire, S., Freeman, J. L., González, J. R., Gratacòs, M., Huang, J., Kalaitzopoulos, D., Komura, D., MacDonald, J. R., Marshall, C. R., ... Hurler, M. E. (2006). Global variation in copy number in the human genome. *Nature*, 444(7118), 444–454. <https://doi.org/10.1038/nature05329>

Richardson, M. F., Munyard, K., Croft, L. J., Allnut, T. R., Jackling, F., Alshanbari, F., Jevit, M., Wright, G. A., Cransberg, R., Tibary, A., Perelman, P., Appleton, B., & Raudsepp, T. (2019). Chromosome-Level Alpaca Reference Genome VicPac3.1 Improves Genomic Insight Into the Biology of New World Camelids. *Frontiers in genetics*, 10, 586. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00586>

Sebat, J., Lakshmi, B., Troge, J., Alexander, J., Young, J., Lundin, P., Månér, S., Massa, H., Walker, M., Chi, M., Navin, N., Lucito, R., Healy, J., Hicks, J., Ye, K., Reiner, A., Gilliam, T. C., Trask, B., Patterson, N., Zetterberg, A., Wigler, M. (2004). Large-scale copy number polymorphism in the human genome. *Science (New York, N.Y.)*, 305(5683), 525–528. <https://doi.org/10.1126/science.1098918>

Wang, K., Li, M., & Hakonarson, H. (2010). ANNOVAR: functional annotation of genetic variants from high-throughput sequencing data. *Nucleic acids research*, 38(16), e164. <https://doi.org/10.1093/nar/gkq603>

Agradecimientos

Los autores agradecen a los siguientes criadores de alpacas y llamas por haber suministrado muestras de sus animales, sin ellos esta investigación no hubiese sido posible: Elvis Yucra Jacinto (Fundo Oquemarca), María Barragán de Aedo (CAP Huaycho), Víctor Aedo Barragán (Fundo Collpani), Máximo Díaz (Fundo Chaupiwasi) y CICAS La Raya (UNSAAC-Cusco). Un especial agradecimiento a María Barragán de Aedo quien apoyó con el pago por el secuenciamiento de 4 llamas y así tener mayor información sobre las llamas.

Intervalo generacional de alpacas Huacaya y Suri, y llamas del Centro Experimental “La Raya” de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Generation Interval of Huacaya and Suri alpacas and llamas of the Experimental Center “La Raya” of the Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Fernando Padilla Romo¹, Aydee Meza², Hernán Cucho³ ¹Programa Delfín, Instituto Politécnico Nacional, Silao, Guanajuato, México,

²Laboratorio de Fibras, Vicerrectorado de Investigación, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

³Laboratorio de Fibras, Escuela Profesional de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

fpadillar1700@alumno.ipn.mx, código ORCID 0000-0002-1192-3850

aydee.meza@unsaac.edu.pe, código ORCID 0000-0001-8581-9987

hernan.cucho@unsaac.edu.pe, código ORCID 0000-0001-7170-9795

Resumen

Se condujo una investigación sobre la determinación del intervalo generacional de las alpacas *Huacaya*, alpacas *Suri* y llamas del Centro Experimental “La Raya” de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, con el objetivo de comparar este parámetro con otros que han sido reportados en otras publicaciones del Perú, para así poder evaluar la eficiencia de la estrategia reproductiva que se lleva a cabo en el Centro Experimental. Para el cálculo de este parámetro se utilizaron los registros de nacimiento del año 2017 al 2021 y de empadre del año 2016 al 2020, fueron organizados digitalmente en hojas de cálculo y estas fueron comparadas para asignar a los padres de las crías de acuerdo con la fecha de monta o de inseminación artificial, considerando un tiempo de gestación de 343 días con un error permisible de ± 10 días, además de esta información, se emplearon también datos previos que ya habían sido organizados por Mendoza (2017)¹ para alpacas *Huacaya* y *Suri* del mismo Centro Experimental. El cálculo de este parámetro se realizó empleando el software ENDOG v4.8, el cual genera automáticamente el intervalo generacional por cada una de las cuatro rutas gaméticas y el intervalo generacional promedio a partir de una hoja de cálculo organizada de acuerdo con los requisitos del software. El intervalo generacional promedio de las alpacas *Suri*, alpacas *Huacaya* y llamas del referido centro resultó ser de 5.95, 6.82 y 6.29 años, respectivamente, siendo los intervalos generacionales de los últimos dos significativamente superiores a los reportados en otras publicaciones científicas realizadas en el Perú, esto nos indica que es necesario rediseñar la estrategia de empadre de estos dos camélidos, de tal forma que se reduzca el intervalo generacional e incremente la ganancia genética.

Palabras clave: intervalo generacional, Huacaya, Suri, llama, mejoramiento genético.

Abstract

An investigation was conducted on the determination of the generation interval of the Huacaya alpacas, Suri alpacas and llamas of the Centro Experimental CICAS “La Raya” of the Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, with the objective of comparing this parameter with others that have been reported in other publications in Peru, in order to evaluate the efficiency of the reproductive strategy that is carried out in the Experimental Center. For the calculation of this parameter, the birth records from 2017 to 2021 and the mating records from 2016 to 2020 were used, they were digitally organized in spreadsheets and these were compared to assign the parents of the offspring according to the mating or artificial insemination date, considering a gestation time of 343 days with a permissible error of ± 10 days, in addition to this information, previous data that had already been organized by Mendoza (2017)¹ for alpacas Huacaya and Suri from the

same Experimental Center were used. The calculation of this parameter was performed using the ENDOG v4.8 software, which automatically generates the generation interval for each of the four gametic routes and the average generation interval from a spreadsheet organized according to the software requirements. The average generation interval of the Suri alpacas, Huacaya alpacas and llamas of the Centro Experimental CICAS “La Raya” was found to be 6.82, 5.95 and 6.29 years, respectively, being the generation intervals of the last two significantly higher than those reported in other scientific publications carried out in Peru, this indicates that it is necessary to redesign the breeding strategy of these two camelids, in such a way as to reduce the generation interval and increase the genetic gain.

Keywords: generation interval, Huacaya, Suri, llama, genetic improvement.

1. INTRODUCCIÓN

El intervalo generacional es un parámetro de gran importancia en los programas de mejoramiento genético animal, describe la edad promedio de los padres cuando nacen sus crías y es un indicador de qué tanto tiempo tomará a los animales exhibir una determinada característica deseada, por lo que, entre mayor sea este parámetro, menor será la ganancia genética y más tiempo tomará para que los animales presenten las propiedades seleccionadas (Gallegos *et al.*, 2012)². Se calcula por cuatro rutas gaméticas diferentes: de padre a hijo, de padre a hija, de madre a hijo y de madre a hija, y el intervalo generacional promedio se obtiene de la media aritmética de los intervalos por cada una de las cuatro rutas (Li, *et al.*, 2008)³.

En el Centro Experimental “La Raya” de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco el intervalo generacional, no había sido determinado desde el año 2013, la investigación fue realizada con el objetivo de comparar el intervalo generacional promedio de los camélidos estudiados con aquellos que han sido determinados previamente en otras publicaciones. Para el cálculo de este parámetro fue utilizado el software ENDOG diseñado por Gutiérrez y Goyache (2005)⁴, en el cual se introdujeron los datos obtenidos a partir de los registros de empadre del año 2016 al 2020 y de nacimiento del 2017 al 2021 del Centro Experimental “La Raya”, en conjunto con los datos que habían sido recabados previamente por Mendoza (2017)¹ para un trabajo de valoración genética de alpacas del mismo centro experimental.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se recibieron fotografías de los registros de nacimiento de alpacas y llamas del 2017 al 2021 y de los registros de empadre de alpacas y llamas del 2016 al 2020 por medio de una nube de Google Drive. Los registros de nacimiento contienen información acerca de la fecha de nacimiento de las crías, su número de arete (identificación de cada animal), su sexo, color y peso, así como del número de arete de la madre y la fecha de nacimiento de la madre; los registros de empadre, en cambio, contienen información acerca de la fecha de monta o inseminación artificial de las hembras, según corresponda, y sobre el número de arete y fecha de nacimiento del macho y de la hembra. Los registros son realizados a mano por el personal del Centro Experimental, para realizar el análisis del intervalo generacional, se transcribieron los registros a un formato digital en Microsoft Excel.

Una vez que se tuvieron todos los registros organizados digitalmente, se compararon los datos de los registros de nacimiento con los de empadre, para así asignar el padre correspondiente a cada cría, considerando que el tiempo de gestación de los camélidos sudamericanos es de aproximadamente 343 días, utilizando un error de ± 10 días. Además de los datos recabados de los registros de empadre y de nacimiento, se empleó también información de años previos que ya había sido organizada digitalmente por Mendoza (2017)¹ para alpacas *Huacaya* y *Suri* del referido centro.

Para calcular los intervalos generacionales para cada una de las cuatro rutas gaméticas y el intervalo generacional promedio se utilizó el software ENDOG v4.8, para implementarlo, se requirió

realizar una organización adicional en Microsoft Excel de la información, en donde se enumeraron a los animales (padres, madres y crías) a partir del número uno de forma cronológica (siendo el número uno el animal con fecha de nacimiento más antigua) y este identificador de cada animal fue asignado a sus crías (si las tuvo durante el periodo de tiempo estudiado) como padre o madre, según corresponda. Los padres y madres desconocidos de los animales se identificaron con el número cero, como lo especifica el software utilizado. El intervalo generacional fue calculado para alpacas *Huacaya*, alpacas *Suri* y llamas por separado.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los intervalos generacionales de alpacas *Huacaya* para cada una de las cuatro rutas gaméticas y el intervalo generacional promedio, así como la desviación estándar y la desviación estándar de la media, estos datos son proporcionados en su totalidad por el software ENDOG v4.8 a partir de la hoja de cálculo organizada según los requerimientos del programa. El intervalo generacional mayor fue el de la ruta padre-hija y el menor el de la ruta madre-hija.

Tabla 1: Intervalos generacionales de las alpacas *Huacaya* del Centro Experimental CICAS “La Raya”

Ruta gamética	Número de animales	Edad media	Desviación estándar	Error estándar de la media
Padre-Hijo	1147	7.6141	2.8568	± 0.0844
Padre-Hija	981	7.7036	2.9022	± 0.0927
Madre-Hijo	2394	6.5620	3.0638	± 0.0626
Madre-Hija	3038	6.4438	2.9686	± 0.0539
Promedio	7560	6.8222	3.0193	± 0.0347

Los intervalos generacionales de las alpacas *Suri* del Centro Experimental CICAS “La Raya” son presentados en la tabla 2. En este caso, el intervalo generacional máximo fue el resultante de la ruta madre-hija y el mínimo fue el de la ruta gamética padre-hijo.

Tabla 2: Intervalos generacionales de las alpacas *Suri* del Centro Experimental CICAS “La Raya”

Ruta gamética	Número de animales	Edad media	Desviación estándar	Error estándar de la media
Padre-Hijo	38	5.4297	2.0038	± 0.3251
Padre-Hija	55	5.8361	2.3402	± 0.3155
Madre-Hijo	122	5.9473	2.8415	± 0.2573
Madre-Hija	154	6.1328	2.7549	± 0.2220
Promedio	369	5.9548	2.6573	± 0.1383

Las llamas presentaron los intervalos generacionales por cada una de las rutas y el intervalo generacional promedio presentados en la tabla 3. Para las llamas, el intervalo generacional por la ruta padre-hija fue el mayor y el de la ruta madre-hijo fue el menor.

Tabla 3: Intervalos generacionales de las llamas del Centro Experimental CICAS “La Raya”

Ruta gamética	Número de animales	Edad media	Desviación estándar	Error estándar de la media
Padre-Hijo	48	6.2510	2.6148	± 0.3774
Padre-Hija	26	6.6905	2.4373	± 0.6741
Madre-Hijo	190	6.1971	2.7800	± 0.2017
Madre-Hija	145	6.3567	2.9427	± 0.2444
Promedio	409	6.2914	2.8572	± 0.1413

4. DISCUSIÓN

Gallegos, *et al.* (2012)² determinó un intervalo generacional promedio para las alpacas *Huacaya* del Altiplano Peruano de 5.2 años, es decir, aproximadamente un 24% menor al que se determinó en el Centro Experimental “La Raya”. Vilela (2015)⁵ determinó el intervalo generacional promedio de una población de alpacas Suri del Fundo Mallkini, el cual fue de 5.79 años, similar al intervalo generacional promedio calculado, apenas un 3% más bajo. Mamani, *et al.* (2016)⁶ señala que para llamas del banco de germoplasma de Quimsachata-INIA, Puno, Perú, el intervalo generacional promedio fue de 5.65 años, un 10.2% menor al calculado.

Las diferencias significativas en el intervalo generacional de las alpacas *Huacaya* y de las llamas en el Centro Experimental “La Raya” en comparación con la bibliografía nos lleva a inferir que el manejo reproductivo que se lleva a cabo en el Centro Experimental para estos dos diferentes camélidos no es lo suficientemente apropiado, ya que, puesto que el intervalo generacional es mayor que lo esperado, la ganancia genética es menor y a los camélidos les tomará más tiempo para que presenten las propiedades seleccionadas en las siguientes generaciones del programa de mejoramiento genético, se sugiere entonces llevar a cabo estrategias para la corrección de este manejo reproductivo, para así disminuir el intervalo generacional y se logre un mayor avance genético.

Es importante que en la toma de los registros de nacimiento se incluyan las fechas de nacimiento reales de cada animal, ya que, en ocasiones, los registros de nacimiento únicamente contemplan el mes de parición de las hembras, no precisamente el día en que el que nacen las crías; esto lleva a que, cuando se asignan los padres a las crías según las fechas de empadre, considerando el periodo de gestación de 343 ± 10 días de los camélidos sudamericanos, no se presentan las coincidencias del empadre con el nacimiento de la cría, imposibilitando enlazar al padre con su cría.

5. CONCLUSIONES

Los intervalos generacionales de las alpacas *Huacaya* y de las llamas del Centro Experimental “La Raya” resultaron significativamente superiores a los que habían sido reportados en investigaciones previas en el Perú, por lo que se requiere rediseñar la estrategia de empadre, para reducirlo y con ello incrementar la ganancia genética.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mendoza, M. (2017). *Valoración Genética de las Alpacas del CICAS La Raya – UNSAAC* [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
2. Gallegos, R., Mamani, R., Huanca, T. y Gutiérrez, L. (2012). *Intervalo generacional en alpacas Huacaya del Altiplano Peruano* [Sesión de Conferencia]. VI Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos.
3. Li, M., Strandén, I. y Kantanen, J. (2009). Genetic diversity and pedigree analysis of the Finnsheep breed. *Journal of Animal Science*, 87(5), 1598-1605.
4. Gutiérrez, G. y Goyache, F. (2005). A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 122(3), 172-176. ISSN 0931-2668.
5. Vilela, J. (2015). *Estimación de coeficientes de consanguinidad y su efecto sobre peso al nacimiento y peso de vellón en una población de alpacas* [Tesis de magister]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
6. Mamani, R., Gallegos, R., Huanca, T. y Gutiérrez, J. (2016). Estructura Genética de la Población de Llamas (*Lama glama*) del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria-Perú. *Rev. Investig. Altoandín*. 18(1), 55-60.

Composición Química de Materias Primas para la Alimentación de Cuyes

TUPAYACHI G1.; ALAGON G1.

¹ Departamento Académico de Ganadería, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú, gardenia.tupayachi@unsaac.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-8131-7223>

¹ Departamento Académico de Ganadería, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú gilbert.alagon@unsaac.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0003-0534-493X>

Resumen

Los métodos utilizados para el análisis de materias primas en laboratorio fueron para materia seca el método 934.01, AOAC (2000); para la ceniza método 942.05, AOAC (2000); proteína bruta método 990.03, AOAC (2002). Fibra Neutro Detergente método Mertens (2002); Fibra Ácido Detergente y lignina, ácido detergente por el método 973.18, AOAC (2000) y para el almidón el método descrito por Batey (1982); las materias primas analizadas fueron: la harina de alfalfa, torta de soya 44%, leucena, frejol de palo, rastrojo de kiwicha, marlo de maíz, rastrojo de maíz, cáscara de cacao, afrecho de cebada y maíz. Los resultados para harina de alfalfa, torta de soya 47%, leucena, frejol de palo, maíz, marlo y chala de maíz, cáscara de cacao, afrecho de cebada y rastrojo de kiwicha, contienen 17.98, 49.96, 27.86, 23.21, 8.39, 4.73, 4.86, 12.58, 4.99 y 5.99 por ciento de proteína bruta y un contenido de fibra ácido detergente de 25.58, 5.86, 18.72, 7.86, 36.33, 30.58, 36.48, 34.69 y 38.15 por ciento respectivamente; de acuerdo al contenido de estos análisis las materias primas antes mencionados se clasifican en proteicos, energéticos y fibrosos. En el presente proyecto, enmarcado al análisis químico de materias primas alimenticias, se llega a la conclusión que estos análisis químico proximal realizado de los insumos son de importancia para poder valorar su aporte nutricional; así también, permite escoger un nivel de sustitución adecuado en el diseño de las dietas experimentales y valorar de mejor manera las materias primas a utilizar en la formulación de alimento balanceado ya que no todos los animales de interés zootécnico tienen la misma capacidad de aprovechar estos según la edad, estado fisiológico, entre otros factores.

Palabras clave: Análisis químico, materias primas proteicos, materias primas energéticos y materias primas fibrosos.

Abstract

The methods used for the analysis of raw materials in the Laboratory were for dry matter the method 934.01, AOAC (2000); for Ash method 942.05, AOAC (2000); crude protein method 990.03, AOAC (2002); Neutral Fiber Detergent Mertens method (2002); Acid Detergent Fiber and acid detergent lignin by method 973.18, AOAC (2000) and for starch the method described by Batey (1982); The raw materials analyzed were: alfalfa flour, 44% soybean cake, leucena, wooden beans, kiwicha stubble, corn husk, corn stubble, cocoa husk, barley bran and corn. The results for alfalfa flour, 47% soybean cake, leucena, wooden beans, corn,, corn husk, corn husk, cocoa husk, barley bran and kiwicha stubble, contain 17.98, 49.96, 27.86, 23.21 , 8.39, 4.73, 4.86, 12.58, 4.99 and 5.99 percent of crude protein and a content of acid detergent fiber of 25.58, 5.86, 18.72, 7.86, 36.33, 30.58, 36.48, 34.69 and 38.15 percent respectively; According to the content of these analyzes, the aforementioned raw materials are classified as protein, energetic and fibrous. In this project, framed by the chemical analysis of food raw materials, it is concluded that these proximal chemical analyzes carried out on the inputs are important to be able to assess their nutritional contribution; Likewise, it allows to choose an adequate level of substitution in the design of experimental diets and to better value the raw materials to be used in the formulation of balanced feed since not all animals of zootechnical interest have the same capacity to take advantage of these according to age, physiological state, among other factors.

Key Words: Chemical analysis, protein raw materials, energy raw materials and fibrous raw materials.

1. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*) es una especie que posee un gran potencial, tanto a nivel productivo como por las características nutricionales que presenta su carne. El consumo de cuy se ha incrementado en los últimos años, existiendo una demanda potencial en crecimiento, la cual no podría ser satisfecha con los niveles actuales de producción, pues dentro de los factores que actualmente limitan su producción se podría mencionar al mal manejo de los animales, escasez de alimentos, entre otros. De ahí que, el elevado precio de los insumos alimenticios tradicionales, usados en la alimentación animal, genera una rentabilidad baja en la producción animal, el que representa entre el 60 y 80% del costo total de producción; frente a ello una posible alternativa de solución es hacer uso de insumos no tradicionales en la alimentación animal, tales como residuos de cosecha, productos agrícolas, subproductos agroindustriales y leguminosas forrajeras. En particular, en la Región Cusco en temporada de secas escasean los forrajes de buena calidad como la alfalfa, trébol, entre otros, esto obliga la búsqueda de insumos alternativos, que permita reducir los costos de producción y así obtener una mayor rentabilidad.

En este camino hacia el desarrollo de una alimentación balanceada que nos permita optimizar la producción del cuy, existen tres factores que son fundamentales: 1. El desarrollo de tablas de composición y valor nutritivo de las principales materias primas utilizadas en la alimentación del cuy, específicas para esta especie, para poder formular alimento balanceado que permitan cubrir las necesidades nutricionales. 2. Una vez valoradas las materias primas para esta especie, determinar de forma fehaciente las necesidades nutricionales del cuy de carne alimentado en condiciones de granja y con dietas basadas en la utilización de materias primas naturales. 3. La utilización de alimento peletizado, que facilita el manejo en granja, pero principalmente mejora de forma significativa la ingestión de alimento y los índices productivos de los animales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Procedencia de las materias primas

La harina de alfalfa, torta de soya, afrecho de trigo, afrecho de cebada, maíz y cebada se adquirieron de proveedores locales de insumos para la alimentación de animales de granja; en cuanto a la chala de maíz y marlo corresponde a la variedad denominado maíz gigante blanco del Cusco, procedente del Valle Sagrado de los Incas; en cuanto a la Leucaena, frejol de palo y cáscara de cacao, son insumos procedentes del Valle de La Convención; el rastrojo de Kiwicha fue recolectado de las parcelas de la Granja Káyra.

2.2. Acondicionamiento de las muestras

Al haber contado con materias primas secas debido a su bajo contenido de humedad, sólo se requirió realizar la molienda para luego ser embolsadas y etiquetadas, para su análisis en el Laboratorio de Alimentación del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, España.

2.3. Análisis químico de las materias primas

La harina de alfalfa, torta de soya, afrecho de trigo, afrecho de cebada, maíz, cebada, chala de maíz molida, marlo, Leucaena, Frejol de palo, cáscara de cacao y rastrojo de Kiwicha fueron analizadas en el Laboratorio de Alimentación del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, España, siguiendo los métodos:

- Materia seca el método 934.01, AOAC (2000)
- Ceniza método 942.05, AOAC (2000)

- Proteína bruta método 990.03, AOAC (2002)
- Fibra Neutro Detergente método Mertens (2002)
- Fibra Acido Detergente y lignina ácido detergente por el método 973.18, AOAC (2000)
- Almidón el método descrito por Batey (1982)
- Extracto etereo:920.39, AOAC (2000)
- Fibra dietaria total y fibra soluble: Lee, S.C.et.,1992
- Calcio: espectrometría de emisión atómica (Catalá-Gregori et al., 2006)
- Fosforo: espectrometría de emisión atómica (Catalá-Gregori et al., 2006)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química de las materias primas en estudio

Los resultados de los análisis químicos de las materias primas evaluadas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis de Materias Primas

Materia Seca (MS)		Ceniza (Cz)	Proteína Bruta (PC)	Fibra neutro detergente (FDN)	Fibra Acido Detergente (FDA)	Lignina Acido Detergente (LAD)	Almidón (Al)
Muestra	(%)	(% MS)	(%)	(% MS)	(% MS)	(% MS)	(% MS)
Maíz	89,74	1,13	8,39	13,81	1,58	-	66,68
Torta soja	92,24	7,38	49,96	12,25	5,86	-	1,53
Frejol de palo	89,77	4,42	23,21	29,40	7,86	-	30,99
Harina alfalfa	88,29	11,35	17,87	36,13	25,58	5,15	2,31
Leucaena	91,26	8,21	27,86	33,29	18,72	7,27	0,40
Chala maíz	90,34	6,34	4,86	63,42	30,58	0,73	6,32
Marlo	93,36	4,11	4,73	75,97	36,33	1,37	3,58
Rastrojo kiwicha	91,00	12,39	5,99	60,11	38,15	5,47	5,03
Afrecho cebada	92,18	3,96	4,99	75,03	34,69	3,10	11,20
Cascara cacao	94,07	7,02	12,58	51,80	36,48	15,76	0,24
Afrecho de trigo	87,70	5,70	17,22	43,90	13,91	3,88	22,46
Cebada	88,90	2,47	10,79	20,35	6,19	1,23	59,06

Muestra	Extracto Etéreo		Fibra Soluble		Calcio (% MS)	Fosforo (% MS)
	Fibra Dietaria Total (% MS)	Fibra Neutro Detergente (% MS)	Fibra Dietaria Total (% MS)	Fibra Neutro Detergente (% MS)		
Maíz	2,26	15,46	16,40	-	0,0223	0,2284
Torta soja	0,77	18,06	10,14	7,93	0,3469	0,7155
Frejol de palo	0,79	26,05	22,44	3,61	0,0891	0,3732
Harina alfalfa	0,10	45,94	33,53	12,41	19,878	0,2152
Leucaena	2,69	36,02	26,65	9,37	17,861	0,2630
Chala maíz	-	63,39	59,03	4,36	0,3487	0,1937
Marlo	-	75,55	72,62	2,93	0,0375	0,1553
Rastrojo kiwicha	0,30	67,11	55,50	11,61	16,263	0,1099
Afrecho cebada	1,54	75,31	71,56	3,75	0,0814	0,0976
Cascara cacao	1,86	61,56	39,98	21,59	0,3561	0,2073
Afrecho de trigo	3,99	21,75	47,24	4,51	0,1482	11,060
Cebada	1,91	24,75	20,26	4,49	0,0675	0,3599

La harina de alfalfa, torta de soya 47%, leucena, frejol de palo, maíz, marlo de maíz, chala de maíz, cascara de cacao, afrecho de cebada y rastrojo de kiwicha, contienen 17.98, 49.96, 27.86,

23.21, 8.39, 4.73, 4.86, 12.58, 4.99 y 5.99 por ciento de proteína bruta y un contenido de fibra ácido detergente de 25.58, 5.86, 18.72, 7.86, 36.33, 30.58, 36.48, 34.69 y 38.15 por ciento respectivamente; debido al resultado del análisis químico proximal, de los insumos antes mencionados, estos se clasifican en proteicos, energéticos y fibrosos, esto de acuerdo a la clasificación por el contenido de nutrientes; es decir, los insumos proteicos, son aquellos que contienen 20% o más de proteína y una fibra bruta menor al 18% en base seca; en cuanto a los insumos energéticos, son aquellos que contienen menos de 20% de proteína y la fibra bruta menor al 18% en base seca y; por último los insumos fibrosos, los que se caracterizan por tener una baja concentración de nutrientes, de digestibilidad generalmente baja y por un alto contenido en fibra, que varía entre 18 al 35% en base seca (Córdova, (1993) citado por Rosales J,M et.al. (1996)).

En la tabla 1 podemos ver los resultados del presente trabajo, donde la cáscara de cacao está prácticamente libre de grasa, con 1.85%, valores similares a los reportados por Sangronis E, et al (2014), donde el valor fue de 1,33%; en cuanto a los porcentajes de fibra dietaria total, el valor es alto (61,56%), clasificándolo dentro de los insumos fibrosos; en cuanto a los valores de ceniza en este estudio fue de 7,2% valores similares a lo reportado por Godoy P,DJ et al (2020) con 7,10%, este contenido de minerales, además de poseer un interés nutricional, es un parámetro que se modifica con el origen de las muestras analizadas, ya que está influenciado por la naturaleza de los suelos.

Para el caso de la Leucaena, en el presente trabajo se evidencio un contenido de proteína del 27,86%, en cambio Clavero (2011) y Santiago F,I. (2016) reportaron 30,4% y 24.17% respectivamente; según indica Rao et al (1998), esto puede deberse a que las leguminosas son fijadoras de nitrógeno ya que cuentan con un sistema radicular profundo que permite la fijación biológica de nutrientes, haciendo que estos sean disponibles, realizando un reciclaje o bombeo de nutrientes desde las capas profundas hacia la parte superficial del suelo y acumulación de materia orgánica en el suelo. Por otro lado, en cuanto al extracto etéreo, FDA, FDN, Calcio y Fosforo en el presente trabajo se reportó valores de 2.69, 18.72, 33.29, 1.7861 y 0.2630 respectivamente, en cambio Santiago F, I. (2016) reporto valores de 3.42, 23.63, 49.02, 0.23 y 0.28% respectivamente.

El afrecho de trigo es un subproducto de la industria molinera del trigo, está formado por proporciones variables de endospermo harinoso, tegumentos, capa de aleurona y germen, el principal componente es la FND encontrándose entre el 35 al 40%; en cuanto a la lignina, esta se encuentra entre el 2.5 al 4%; el contenido de almidón entre el 20 al 40%; el nivel de proteína se encuentra entre el 14 y 17% (De Blas et al., 2010; Maertens et al., 2002). En el presente trabajo se reporta un nivel de FND del 43.90%, LAD de 3.88%, almidón de 22.46% y para la proteína bruta de 17.22% al igual que lo reportado por Flores y Bryant (1990) con 17.2%. Según menciona De Blas et al. (2010), su composición química es variable, dependiendo de distintos factores como: el tipo y variedad, condiciones de cultivo, grado de madurez y del sistema de fabricación que condiciona la tasa de extracción de harina y, por tanto, la proporción de almidón que queda en el salvado; el uso de este insumo alimenticio no presenta limitaciones para su aplicación en las dietas de cuyes debido a las características peculiares de su tracto digestivo.

En cuanto a la torta de soya, este es un insumo proteico, procedente de la industria aceitera de la soya, con alta demanda mundial para la alimentación animal, contando con un nivel alto en lisina; su contenido proteico y valor energético depende del método de extracción de aceite y la variedad de soya. Los resultados de la Tabla 01, ratifica lo publicado en las tablas de alimentación animal y publicaciones (De Blas et al., 2010; Cañas, 1955; Torres et al., 2010).

Por otra parte, la Chala de maíz es subproducto de cosecha del maíz, el que se caracteriza por su alto contenido en FND, FAD y bajo contenido de proteína bruta, clasificándola dentro de los insumos que aportan fibra; por lo que, este insumo puede ser aprovechado parcialmente por los microorganismos presentes en el rumen, gracias a su acción fermentativa, así como en el saco ciego de algunos monogástricos como el cuy. Según menciona Torres et al. (2010), la composición química de la chala de maíz puede variar de acuerdo a la madurez de la planta, las partes de la planta (hojas y tallos), la variedad de maíz entre otros. En el presente trabajo se obtuvo valores de

proteína y FDN de 4.86 y 63.42 respectivamente, en cambio, Flores y Bryant (1990), reportan 3.7 y 50.8% respectivamente.

En caso de la harina de alfalfa, esta proviene del heno de alfalfa, por tanto, su composición química se debe al proceso de obtención del heno, la madurez de la planta, y la adulteración con otros ingredientes. Este insumo cuenta con un nivel de PB que varía del 10 al 20%, su pared celular es superior al 50%. Los valores reportados en la Tabla 1 concuerdan con la literatura publicada (De Blas et al., 2010; Torres et al., 2010). Por otro lado, en cuanto al contenido en EE, Calcio y Fosforo, en el presente trabajo se reportan valores de 0.10, 1.9878 y 0.2152 respectivamente, mientras que Pérez (2015) citado por Angamarca P(2018) reporto valores de 2.70,1.35 y 0.22 respectivamente.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de análisis químico de los insumos tales como la harina de alfalfa, torta de soya 47%, leucena, frejol de palo, maíz, marlo de maíz, chala de maíz, cáscara de cacao, afrecho de cebada y rastrojo de kiwicha; son de importancia para poder valorar su aporte nutricional; así también, permite escoger un nivel de sustitución adecuado en el diseño de las dietas experimentales y valorar de mejor manera las materias primas a utilizar en la formulación de alimento balanceado ya que no todos los animales de interés zootécnico tienen la misma capacidad de aprovechar estos según la edad, estado fisiológico, entre otros factores.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angamarca P,JO. 2018. Utilización de Diferentes Niveles de Inclusión de Harina de Alfalfa en Raciones Suplementarias para Vacas en Producción en la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja. Tesis de grado para optar el Título de Médico Veterinario Zootecnista. Ecuador.
- Cañas R., 1995. Alimentación y nutrición animal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. 576 pag.
- Clavero, T. 2011. Agroforestería en la alimentación de rumiantes en América Tropical. Revista de la Universidad del Zulia. Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología. 2:11-35.
- De Blas, C., Mateos, G.G., García-Rebollar, P. 2010. Tablas FEDNA de la composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Tercera edición. Madrid.
- Florez & Bryant (1990). Manual de pastos y forrajes. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menoresl (INIAA). Lima-Perú. 524-554 p.
- Godoy P, D J; Daza L P,R; Fernandez C,L M; Layza M,AE; Roque A, RE; Hidalgo L,V;Gamarra C, SG; Gomez B, CA..2020. Caracterización del valor nutricional de los residuos agroindustriales para la alimentación de ganado vacuno en la región de San Martín, Perú. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1374.
- Maertens L., Pérez J.M., Villamide M, Cervera C, Gidenne L., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: Egran tables 2002. World Rabbit Science Vol 10 (4) 157-166.
- Rao, M. R.; Nair, P. K. and Ong, C. K. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. Agroforestry Systems. 38:3-50.
- Rosales J; Tang T. 1996. Composicion Quimica y Digestibilidad de Insumos Alimenticios de la Zona de Ucayali. FOLIA AMAZONICA VOL. 8(2)-1996.
- Sangronis E; Soto, MJ; Valero Y; Buscema I. 2014. Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Volumen 64, No. 2.
- Santiago F,I; Lara B,A; Miranda R, LA; Huerta B, M; Krishnamurthy, I; Muñoz G, JC. 2016. Composición química y mineral de leucaena asociada con pasto estrella durante la estación de lluvias. Pub. Esp. Núm. 16 16 de mayo - 29 de junio, 2016 p. 3173-3183
- Torres J., Zegarra J. y Vélez V. 2010. Tabla de composición química de alimentos para vacunos de la Región sur del Perú. Arequipa.

Financiamiento: El presente artículo corresponde a los avances de proyecto de investigación “Valoración nutritiva de materias primas y determinación de los requerimientos de energía y proteína para el desarrollo de piensos balanceados de cuyes (*Cavia porcellus* L.), con esquema financiero EO41-UNSAAC-2017, financiado con Fondos Canon de la UNSAAC.

Composición química y digestibilidad de la materia seca e inorgánica de cuatro insumos utilizados en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* L.)

Chemical composition and digestibility of the dry and inorganic matter of four raw materials used in the feeding of guinea pigs (*Cavia porcellus* L.)

ALAGON G¹.; TUPAYACHI G¹.; PAREJA C.X.²

¹ Departamento Académico Ganadería, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú gilbert.alagon@unsaac.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0003-0534-493X>

¹ Departamento Académico de Ganadería, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú, gardenia.tupayachi@unsaac.edu.pe

² Escuela de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. Carla@yahoo.es

Resumen

El presente estudio tiene por objetivo evaluar la composición química y la digestibilidad aparente del contenido de materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO) de cuatro materias primas (afrecho de trigo, torta de soya, chala de maíz y harina de alfalfa) en cuyes en crecimiento, considerando que falta información relevante para la formulación de raciones balanceadas y elaboración de dietas completas, para optimizar la producción de carne de cuyes. Se utilizó 26 cuyes entre machos y hembras de 40 días de edad distribuidas en jaulas individuales, realizándose las pruebas de digestibilidad en el bioterio de nutrición animal de Zootecnia, con 10 días de adaptación y 4 días de evaluación, con dietas peletizadas formuladas en contenidos de proteína y energía digestible. La composición química de las materias primas y heces fueron analizadas en laboratorio de nutrición animal. Se utilizó un diseño completo al azar para el análisis estadístico de la data. Los resultados obtenidos de análisis químico, DMS y DMO, son relevantes para ser incluidos en las tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para cuyes.

Palabras clave: Digestibilidad, materia seca, materia orgánica, cuyes

Abstract

The objective of this study is to evaluate the chemical composition and the apparent digestibility of the content of dry matter (DMS) and organic matter (DMO) of four raw materials (wheat bran, soybean cake, corn husk and alfalfa flour) in growing guinea pigs, considering that there is a lack of relevant information for the formulation of balanced rations and the elaboration of complete diets, to optimize the production of guinea pig meat. Twenty-six guinea pigs were used between 40-day-old males and females distributed in individual cages, performing digestibility tests in the Zootecnia Animal Nutrition Bioterium, with 10 days of adaptation and 4 days of evaluation, with pelleted diets formulated in contents of protein and digestible energy. The chemical composition of the raw materials and feces were analyzed in the animal nutrition laboratory. A complete randomized design was used for the statistical analysis of the data. The results obtained from chemical analysis, DMS and DMO, are relevant to be included in the tables of composition and nutritional value of food for guinea pigs.

Key Words: Digestibility, dry matter, organic matter, guinea pigs

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación del cuy a nivel regional se basa en alimentos frescos, mezclas, cereales, harinas y forrajes varios, que disminuyen la ingestión de materia seca y por ende el potencial productivo. Por tanto, para desarrollar sistemas de producción racional de carne de cuy, similar al de pollos y cerdos, es fundamental la utilización de piensos granulados balanceados, que cubra las necesidades fisiológicas (lactancia, crecimiento y engorde), y maximizar su potencial genético (prolificidad, crecimiento). Por tanto, es menester abordar la caracterización nutricional de las materias primas más utilizadas en la alimentación de cuyes, a través de pruebas de digestibilidad, análisis de laboratorio y pruebas de respuesta animal, y permitir de elaborar tablas de composición química y valor nutritivo que permita formular dietas equilibradas con alto grado de confiabilidad. El principal objetivo del presente trabajo es la caracterización de la composición química: Materia seca (MS), ceniza (Ce), extracto etéreo (EE), proteína bruta (PB), almidón, celulosa, hemicelulosa, lignina, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácido (LDA); la digestibilidad de la MS y materia orgánica (MO) de cuatro materias primas: chala de maíz, torta de soya, heno de alfalfa y afrecho de trigo, de frecuente utilización en la alimentación del cuy. Los resultados parciales obtenidos contribuirán a desarrollar las tablas de composición y valor nutritivo de los alimentos para cuyes, que nos permita posteriormente determinar de forma correcta las necesidades nutricionales de dichos animales y desarrollar dietas equilibradas para una producción racional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Procedencia de las materias primas

La harina de alfalfa, torta de soya y afrecho de trigo se obtuvieron en el mercado local de alimentos para animales de granja. Mientras que la chala de maíz molida corresponde a la variedad denominado maíz gigante blanco del Cusco, procedente del Valle Sagrado de Los Incas.

2.2. Análisis químico de las materias primas

La harina de alfalfa, torta de soya, chala de maíz y afrecho de trigo, fueron analizadas en el Laboratorio de Alimentación del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, España, siguiendo los métodos de la AOAC (2002) para determinar su contenido en materia seca (MS, 934.01), cenizas (Cz, 942.05), proteína bruta (PB, 990.03, método Dumas) y extracto etéreo (EE, 920.39 con hidrólisis previa). El almidón se determinó siguiendo el método de Batey (1982). El contenido en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) se hizo secuencialmente siguiendo los procedimientos de Mertens et al. (2002), AOAC (2000, 973.18) y Robertson y Van Soest (1981), respectivamente (ver tabla 4).

Determinación de la digestibilidad aparente in vivo de la materia seca (DMS) y de la materia orgánica (DMO)

2.3. Dietas y materias primas

Para determinar las digestibilidades señaladas de los cuatro insumos indicados, se establecieron cuatro dietas cuya composición de ingredientes se presenta en la tabla 1, de manera que las dietas 1 y 3 tuvieron como ingredientes al Afrecho de Soya y Harina de Alfalfa, respectivamente, como únicas materias primas, mientras que en las dietas 2 y 4 se sustituyeron parcialmente con torta de soya y Chala de maíz molido, los ingredientes principales, de manera que estén presentes las materias primas en estudio.

Tabla 1. Ingredientes (%MS) de los piensos experimentales.

Ingredientes	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Afrecho de trigo	98.0	73.0		98.0
Torta de soya		25.0		
Alfalfa harina			58.0	
Chala de maíz			40.0	
Fosfato Bicálcico Hidrato	1.0	1.0	1.0	1.0
Cloruro sódico	0.5	0.5	0.5	0.5
Corrector vitamínico y oligoelementos ¹	0.5	0.5	0.5	0.5

¹Corrector vitamínico y oligoelementos, Proapak Broilers, Retinol (Vitamina A) 12 000 000 UI, Colecalciferol (Vitamina D3) 5 000 000 UI, DL Alfa Tocoferol Acetato (Vitamina E) 30 000 UI, Menadiona Bisulfito (Vitamina K3) 3 g, Tiamina (Vitamina B1) 2 g, Riboflavina (Vitamina B2) 10 g, Piridoxina (Vitamina B6) 3 g, Cianocobalamina (Vitamina B12) 0.015 g, Ácido Pantoténico (Vitamina B5) 11 g, Ácido Fólico (Vitamina B9) 2 g, Niacina (Vitamina B3) 30 g, Biotina (Vitamina B7) 0.15 g, Manganeso 80 g, Zinc 80 g, Hierro 50 g, Cobre 12 g, Yodo 1 g, Selenio 0.30 g, excipientes c.s.p. 1 Kg.

El experimento se realizó con el objetivo de que todos los piensos se ajustasen a las recomendaciones nutritivas mínimas para cuyes en crecimiento reportadas por la literatura (NRC, 1975), y siguiendo las directrices para la evaluación de materias primas destinadas a la alimentación de conejos por el método de sustitución (Villamide et al. 2001).

Las dietas experimentales se elaboraron en la Unidad de Alimentación Animal de la Escuela de Zootecnia. Se fabricaron cuatro dietas utilizando una peletizadora mecánica, con gránulos de 0.75 x 0.25 cm acuerdo a las necesidades y objetivos del estudio. La composición química de las dietas experimentales se estimó en base a los resultados de los análisis químicos de las materias primas en estudio (MS, PB, GB, FND, FAD, LAD y Almidón) y los valores de ED, Ca y P de los reportados por las Tablas FEDNA (2010) (De Blas et al., 2010) para conejos.

Tabla 2. Composición química estimada de las dietas experimentales (%MS) en estudio.

Nutrientes	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
MS, %	92.18	92.24	90.34	88.29
ED (Kcal/kg MS)	2783	2883	1460	1835
PB	16.59	24.85	12.29	17.47
GB	3.90	3.45	1.73	2.56
FND	38.97	32.09	46.32	35.41
FAD	13.13	11.27	27.07	25.07
LAD	3.45	2.63	3.28	5.05
Almidón	25.62	19.46	3.83	2.26
Ca	0.38	0.60	1.28	1.92
P	1.17	0.96	0.40	0.45

MS: materia seca, Ce: cenizas, PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, LAD: lignina ácido detergente, Ca: Calcio, P: Fósforo

2.4. Instalaciones y equipos

El trabajo de digestibilidad aparente se realizó en el Bioterio de Nutrición Animal de la Escuela de Zootecnia, que posee un sistema de ventilación y de temperatura de control electrónico.

La alimentación fue *ad libitum* durante todo el ensayo, con suministro manual de las dietas en comederos individuales galvanizados tipo tolva con capacidad aproximada de 500 g. El agua se suministró a todas las jaulas por medio de una red de tuberías de polietileno, disponiendo en cada jaula de un bebedero tipo chupete.

Para el ensayo de digestibilidad se utilizaron jaulas metabólicas de chapa galvanizada individual de 34x42x22 cm, dispuestos en dos baterías colocadas en un solo piso y con apertura superior. Cada jaula dispone en su piso de una chapa galvanizada con agujeros que permite el paso de la orina y retención de las heces facilitando su recojo, con terminal en bisel que permite la evacuación de la orina a cubetas de recolección.

2.5. Animales experimentales

Se utilizaron 26 cuyes entre machos y hembras de la línea Perú de 40 días de edad, destetados a los 15 días de nacimiento, procedentes de granjas reconocidas. Los animales fueron distribuidos al azar en las jaulas de digestibilidad individuales,

Los cuyes y los comederos (con dieta ofrecida como el rehusado), se pesaron al inicio de la semana de adaptación (10 días) y al inicio y al final de la semana de recogida de heces (4 días), calculando por diferencia el incremento de peso y el alimento consumido durante el periodo correspondiente. La recogida de heces fue individual por cuy, diaria y a la misma hora de la mañana, introduciéndose en bolsas de plástico herméticamente cerradas, que posteriormente se congelaron hasta que fueron deshidratadas, pesadas, muestreadas y molidas para su análisis en el laboratorio. Para los controles de pesos de los cuyes, dietas y heces se utilizó una balanza con una sensibilidad de 2 g.

2.6. Determinación de las digestibilidades

Los datos y muestras procedentes de animales que mostraron bajos consumos fueron eliminados de la prueba, con los restantes se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente (Da) de las dietas que consumieron.

Las Digestibilidades de la Materia Seca (DMS) y Materia Orgánica (DMO) de cada una de las dietas se calculó por diferencia entre las cantidades de nutriente ingerida (I) y la de nutriente excretada con las heces (E), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Da \% = ((I-E)/I) \times 100$$

Así: I = Dieta consumida (g) x contenido en nutriente de la dieta (%)

E = Heces excretadas (g) x contenido en nutrientes de las heces (%)

Los valores de DMS y DMO de Afrecho de trigo y Harina de alfalfa se calcularon por la fórmula señalada, al ser estas dietas únicas. La Torta de soya y Chala de maíz se calcularon de acuerdo al método de sustitución (Villamide et al., 2001), basada en el principio de aditividad de las materias primas incluidas en las dietas. Los valores de DMS y de DMO empleados en el cálculo fueron los obtenidos con las Dieta1 (Afrecho de trigo) y Dieta 4 (Harina de alfalfa), y de las Dieta2 y Dieta3 que incorporaba las materias primas de Torta de soya y Chala de maíz, respectivamente, y los porcentajes en que contribuye cada uno al total. Como ejemplo, la expresión matemática para el caso de la DMS de Torta de soya (siendo la misma para estimar la DMO) fue la siguiente:

$$\text{DMSmpx} = (\text{DMS2} - (\text{DMS1} \times 0.75))/0.25$$

DMSmpx = Digestibilidad MS de la Materia prima "x"

DMS2: Digestibilidad MS de la dieta D2

DMS1: Digestibilidad MS de la dieta D1

2.7. Análisis estadístico

Los coeficientes de digestibilidad y consumo MS y MO obtenidos en el ensayo de digestibilidad fueron analizados estadísticamente mediante un diseño completamente al azar, utilizando el procedimiento GLM del SAS (2010).

El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_i = \mu + P_i + e_i$$

Donde: Y_i es el registro del valor de CD del nutriente, valor nutricional e ingestión; μ es la media general de las observaciones; P_i es el efecto fijo de la i -ésima dieta o materia prima (D1, D2, D3 y D4); y e_i es el error aleatorio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición bromatológica de las materias primas en estudio.

Los resultados de los análisis bromatológicos de las materias primas evaluadas se presentan en la Tabla 3.

El Afrecho de trigo como subproducto de la industria molinera del trigo, que representa aproximadamente el 25% de peso del grano, está formado por proporciones variables de tegumentos, germen, capa de aleurona y endospermo harinoso, en tanto, el contenido de almidón varía entre 20 a 40%; su principal componentes en la fibra (35 a 40% de FND) compuesta por hemicelulosa y celulosa, y relativamente poco lignificada (2.5 a 4%), mientras que mantiene un nivel de proteína estable (14.00 – 17%) (De Blas et al., 2010; Maertens et al., 2002). En suma, la composición química del subproducto es variable, dependiendo del tipo y variedad de trigo, condiciones de cultivo, grado de madurez y sobre todo sistema de fabricación que condiciona la tasa de extracción de harina y, por tanto, la proporción de almidón que queda en el salvado (De Blas et al., 2010). Por las características descritas y los resultados obtenidos en el presente estudio, estos se hallan en los márgenes reportados, asimismo, no presenta limitaciones para su uso en las dietas de cuyes debido a las características anatómicas y fisiológicas del tracto digestivo de éstos.

La Torta de soya es un subproducto de la industria aceitera de la soya, con alta demanda mundial como suplemento proteico para la alimentación animal, que a diferencia de otras tortas que son pobres en aminoácidos azufrados y lisina, ésta es alto en lisina. El contenido de proteína y su valor energético está condicionado por el método de extracción de aceite y la variedad de soya. Los resultados presentados en la tabla 03, ratifica lo publicado en las tablas de alimentación animal y publicaciones (De Blas et al., 2010; Cañas, 1955; Torres et al., 2010).

La Chala de maíz, subproducto de cosecha de maíz, se caracteriza por su alto contenido en fibra (FND, FAD), bajo contenido de proteína bruta de baja disponibilidad debido a un alto porcentaje (75%) está asociado a la pared celular, por lo que puede ser aprovechado parcialmente por la acción fermentativa de microorganismos presentes en el rumen, así como en el saco ciego de algunos monogástricos como el cuy. La composición química de la chala de maíz es variable dependiendo de la madurez de la planta, las partes de la planta (hojas y tallos), la variedad de maíz y otros. (Torres et al., 2010)

La harina de alfalfa proviene del heno de alfalfa, por tanto, su composición química acusa variabilidad debido al mismo proceso de obtención del heno, la edad de la planta, así como la adulteración con otros ingredientes. El contenido PB varía entre 10 a 20%, mientras que la pared celular es superior al 50%, con una composición equilibrada en FDN, FDA y LAD, alto en celulosa. Los valores reportados en la Tabla 3 concuerdan con la literatura publicada (De Blas et al., 2010; NRC, 2004; Torres et al., 2010).

Digestibilidad aparente de MS y MO de las materias primas y consumo de dietas experimentales

En la tabla 4 se presenta los resultados del consumo de las dietas (gMS/cuy/día) y la digestibilidad aparente de los contenidos de MS y MO de las materias primas.

La ingestión de las cuatro dietas realizada por los cuyes fueron significativamente diferentes ($P > 0.0001$), por lo que la expresión de la materia prima como dieta completa o incluida en los piensos de cuyes al parecer afectó el consumo. Van Soest (1993), señala que el consumo es un parámetro que está muy relacionado con la calidad de las materias primas influyendo sobre la digestibilidad de los nutrientes, en tanto que las ingestas bajas reducen la velocidad de tránsito por el tracto digestivo, aumentando el tiempo de retención de la digesta en las distintas porciones del tubo digestivo y, por tanto, también las posibilidades de digestión, absorción y digestibilidad de los nutrientes. Así, las diferencias en los coeficientes de digestibilidad que se describen estarían principalmente relacionadas con diferencias en el valor nutritivo de las materias primas estudiadas, Sin embargo, se requiere conocer el efecto sobre el consumo de dietas peletizadas en comportamiento ingestivo en cuyes, tema que debería ser abordado en otro estudio.

Tabla 3. Composición química de las materias primas (%MS) en estudio.

Nutrientes	Afrecho de trigo	Torta de soya	Chala de maíz	Harina alfalfa
MS, %	92.18	92.24	90.34	88.29
Ce	5.45	7.38	6.34	11.35
PB	16.93	49.96	4.86z	17.83
GB	3.98	2.16	0.55	2.61
FND	39.77	12.25	63.42	36.13
FAD	13.4	5.96	30.58	25.58
LAD	3.52	0.23	0.73	5.15
Hemicelulosa	26.37	6.29	32.84	10.55
Celulosa	9.88	5.73	29.85	20.43
Almidón	26.14	1.53	6.32	2.31

MS: materia seca, Ce: cenizas, PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, LAD: lignina ácido detergente

La DMS y DMO de las materias primas evaluadas en sus coeficientes fueron significativamente diferentes ($P < 0.0001$ Afrecho de trigo fue superior a todas las materias primas evaluadas ($P < 0.05$), en tanto que las otras materias primas muestras diferencias numéricas en sus resultados de DMS y DMO, siendo similares estadísticamente ($P > 0.05$, prueba de Duncan).

Estos resultados preliminares de las digestibilidades aparentes del contenido de MS y MO de las materias primas estudiadas, tienen que ser analizadas en su integridad con el contenido de sus nutrientes y sus correspondientes digestibilidades de manera que su valoración nutricional nos permita discernir sobre su potencial y limitaciones en la alimentación y nutrición de los cuyes. En

este sentido, falta realizar los análisis de laboratorio de las dietas y heces, las misma que están en proceso, así como el procesamiento de la data generada.

Tabla 4. Ingestión (gMS/día), coeficientes de digestibilidad aparente (DA; %) de las dietas experimentales y de las materias primas.¹

Materia prima evaluada (MS)	DIETAS				CV, %	P-valor
	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3	DIETA 4		
Ingestión dietas (gr/día)	52.86 ^c ±2.6	55.95 ^{cb} ±6.2	57.28 ^b ±2.5	69.98 ^a ±1.6	5.65	0.0001
DMS (%)	74.94 ^a ±1.9	57.46 ^b ±5.1	55.97 ^b ±4.0	60.53 ^b ±2.6	9.51	0.0001
DMO (%)	76.49 ^a ±1.9	56.20 ^b ±4.9	58.06 ^b ±4.0	60.82 ^b ±2.6	8.78	0.0001

DMS: Digestibilidad materia seca, DMO: Digestibilidad materia orgánica; CV: Coeficiente de variabilidad, ±: Desviación estándar, a, b, c: Letras en superíndice diferentes en cada fila indican medias con diferencias estadísticas (P<0.05), Prueba de Duncan.

4. CONCLUSIONES

A manera de conclusión el presente ensayo nos permite señalar lo siguiente:

1. Las jaulas metabólicas diseñadas para los ensayos de digestibilidad y pruebas de consumo, con algunos ajustes en el sistema de bebederos, ha cumplido satisfactoriamente para las actividades de suministro de dietas, recojo de heces, limpieza y manejo de los animales experimentales.
2. El monitoreo del bioterio acondicionado con sistema de calefacción y ventilación cumple con los parámetros de confort para cuyes en investigación, asegurando el bienestar animal.
3. Los resultados de consumos de alimentos y digestibilidad de la materia seca y materia orgánica de las dietas y materias primas están dentro de los hallazgos de otros trabajos de investigación con cuyes.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. Batey, I.L., 1982. Starch analysis using thermostable alpha-amylases. *Starch/Stärke* 34, 125–128.
- Cañas R., 1995. Alimentación y nutrición animal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. 576 pag.
- Carabaño, R.; Piquer, J.; Menoyo, D. and Badiola, I. 2011. The Digestive System of the Rabbit. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds). *The Nutrition of the Rabbit*. 2nd ed., CABI International. Wallingford (UK), pp. 1-18.
- De Blas C., Mateos G.G. 2010. Feed formulation. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds). *The Nutrition of the Rabbit*. 2nd ed., CABI International. Wallingford (UK), pp. 222-232.
- De Blas, C., Mateos, G.G., García-Rebollar, P. 2010. Tablas FEDNA de la composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Tercera edición. Madrid.
- Maertens L., Pérez J.M., Villamide M, Cervera C, Gidenne L., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: Egran tables 2002. *World Rabbit Science* Vol 10 (4) 157-166.
- National Research Council. 1978. A Nutrient Requirements of Laboratory Animals, Guinea Pig. Washington, DC. National Academy Press.

SAS. 2008. SAS/SAT User's Guide (Release 9.2). SAS Inst. Inc. Cary NC, USA.

Torres J., Zegarra J. y Vélez V. 2010. Tabla de composición química de alimentos para vacunos de la región sur del Perú. Arequipa.

Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant, Second Edition. Cornell University Press, Ithaca

Villamide J. M., De Blas J.C. and Carabano R. 1989. Nutritive value of cereal by-products for rabbits: wheat bran, corn gluten feed

and dried distiller's grains and soluble. J. Appl. Rabbit Res. 12:152-155.

Villamide M.J., Martens L., Cervera C., Perez J.M., Xiccato G. 2001. A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. World Rabbit Science 9, 19-25

Financiamiento: El presente artículo corresponde a los avances de proyecto de investigación "Valoración nutritiva de materias primas y determinación de los requerimientos de energía y proteína para el desarrollo de piensos balanceados de cuyes (*Cavia porcellus* L.), con esquema financiero EO41-UNSAAC-2017, financiado con Fondos Canon de la UNSAAC.

Ensayo comparativo de siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales de haba (*Vicia faba* L.)

Comparative trial of seven advanced lines and four local varieties of broad bean (*Vicia faba* L.)

Julio César Huamán Tapara¹, Mirihan Gamarra Flores², Nils Herber Flores Huarco¹, María Roxana Mayhua Monterola¹ ¹Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Cusco–Perú.

²Especialista en Leguminosas PNI Cereales Granos Andinos y Leguminosas – Estación Experimental Andenes INIA, Cusco – Perú.

¹julio.huamant@unsaac.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0479-9385>

¹nils.flores@unsaac.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2446-2499>

¹maria.mayhua@unsaac.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2386-5499>

²mgamarra@inia.gob.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8728-8526>

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales desarrolladas por la Estación Experimental Andenes INIA–Cusco, en el distrito de Chinchero. El experimento se efectuó, en el periodo agrícola setiembre 2020 a mayo 2021, Las parcelas estuvieron comprendidos de 3.6m de ancho por 4m de largo, entre surcos 0. 90 metros y entre plantas 0.25 metros, las parcelas fueron de cuatro surcos y los surcos centrales constaron de (7.2 m²) como parcela útil. Luego se eligieron diez plantas de habas que fueron considerados como unidades de muestreo (parcelas). El diseño experimental utilizado fue un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar), con 11 tratamientos y repeticiones. Luego se realizó una comparación de medias entre líneas avanzadas y variedades de habas, los datos obtenidos fueron procesados con el software estadístico InfoStat Versión Estudiantil, (InfoStat, 2020). Luego fueron analizados con la prueba de Fisher ($\alpha = 0.05$). Los resultados fueron para el rendimiento en vaina verde, que la línea Zepita, LM6 Verde, LA VSL obtuvieron rendimientos de 11,67; 10,14 y 10,07 T/ha respectivamente, estos rendimientos productivos demuestran que su procedencia originaria de los materiales en estudio, son óptimos que se pueden recomendar para las condiciones donde se desarrolló el presente estudio. Para el rendimiento de seco vaina, las variedades LA VSL y 113 Zepita reportaron 2,62 y 2,43 T/ha respectivamente. Se reporta valores de rendimientos en grano seco para las variedades LM6 Verde y Zepita con 1,69 y 1,50 T/ha respectivamente, estos tienen una relación productiva con la variable del rendimiento de vaina verde de habas y rendimiento de vaina seco de habas, que con estas cualidades son de preferencia en el mercado. Se concluye que las líneas avanzadas Zepita y LA VSL e INIA 423 obtuvieron mejor respuesta en rendimiento frente a las variedades locales.

Palabras clave: Líneas, variedades, rendimiento, haba, semilla

Abstract

The study aimed at evaluating seven advanced lines and four varieties. The experiment took effect, in the agricultural period September 2020 to May 2021, The plots of land comprised of 3,6 meters in width for 4 meters in length, between furrows 0. 90 meters and between plants 0,25 meters, the plots of land came from four furrows and central furrows they were evident of (7,2 m²) like useful plot of land. Next ten plants like unit of sampling chose themselves, in every one of the experimental units (plots of land). The used experimental design was a DBCA (Complete Design of Bloques at random) with 11 treatments and 3 repetitions. He accomplished a comparison of stockings between advanced lines and varieties of beans, data were processed with the statistical software InfoStat student (InfoStat, 2020). Next they were analyzed with the proof of Fisher ($\alpha = 0,05$). The results were for the performance in green pod, than the line Zepita, Green LM6, THE VSL got performances from 11.67; 10.14 and 10.07 T/ha, is respectively, these productive performances prove that their

precedence would originate from the materials under consideration, they are optimal that they can be recommended for the conditions where developed the present I study. For the performance of I dry pod, varieties The LA VSL and 113 Zepita gave 2.62 and 2.43 T/ha, is respectively. It gives him values of performances in dry grain for varieties Green LM6 and Zepita with 1.69 and 1.50 T/ha, is respectively, these have a productive relation with the variables of performance green pod and dry performance of pod, that it is under these conditions is preferential on the market. One comes to an end that the advanced lines Zepita and The LA VSL and INIA 423 obtained better answer in performance in front of the local varieties.

Keywords: Lines, varieties, performance, bean, seed

1. INTRODUCCIÓN

Existe a nivel regional y nacional la baja producción de grano, por falta en la mejora de semillas con alto rendimiento, resistente a factores bióticos que disminuyen la producción y las características aceptables en cuanto al color de grano en el mercado. Nuestro objetivo fue determinar el rendimiento de vaina verde de habas, con la vaina seca de habas y el grano seco de habas de siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales desarrolladas en la Estación Experimental Andenes INIA–Cusco, en condiciones del distrito de Chinchero, Urubamba, Cusco, para obtener granos de habas que proporcionen semillas de alto valor comercial, y permita tomar referencias de fitomejoramiento y generar tecnologías. La hipótesis planteada fue la siguiente, las características de las líneas y variedades de habas son similares en cuanto a las variables propuestas en el siguiente estudio. Las habas tradicionalmente conocidas por su nombre científico como *Vicia faba*, L que pertenecen a la familia de leguminosas y de la subfamilia Papilionoidea (Bascur, 1997), su característica es que prospera en climas fríos. Esta leguminosa requiere de días largos, cuyo rendimiento productivo está relacionada con la fecha de siembra temprana (Confalone, 2008), la alimentación humana está basada de estos granos en estado verde, grano seco en harina, para variar la dieta alimentaria diariamente con alto contenido de proteínas (Yáñez, 2013), las habas tradicionalmente son cultivadas y consumidas en grano verde, en grano seco y harinas que constituyen un alimento que brinda alto contenido proteico de 20 a 25%, además de ser consumida en diferentes presentaciones como las tostadas, habas fritas y en diferentes presentaciones como las sopas y acompañados de otros platos (Suquilanda V, 2007). A pesar de la situación social y económicas que promueven este cultivar, la tendencia a los bajos rendimientos por la falta de las mejoras genéticas y resistencia a los cambios climáticos por los escasos trabajos orientados al mejoramiento de las semillas que tengan características de resistencia a plagas y enfermedades, y su conocimiento de niveles de fertilización (Rosales Morales et al., 2002). Todas las leguminosas cuentan con un alto contenido de proteínas, altos en aminoácidos como la lisina, pero un deficiente contenido en aminoácidos azufrado, sin embargo el contenido de almidón en bajo en comparación de los cereales (Altoandinas, 2019). Para los agricultores la semilla adecuada es lo que poseen por años, llamadas semillas locales que son los más susceptibles a plagas y enfermedades presentando ciclos vegetativos más largos, sensibles al acame por su tamaño, lo cual conduce la poca competitividad de calidad de grano producido para el mercado (Rosales Morales et al., 2002). El color define y atrae la demanda del consumidor y posteriormente su aceptación en el mercado (García B. et al., 2016).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se calendarizó el ciclo productivo de las habas desde octubre de 2020 a mayo de 2021, en el sector Ccamu, comunidad Cúper del distrito de Chinchero, provincia Urubamba, Cusco, que se encuentra localizado a 13°24'17.7" de latitud sur y 72°03'16.1" de longitud oeste a una altura de 3612 m s.n.m. Las características fisicoquímicas del suelo donde se estableció el estudio, muestran una clase textural Franco–Limoso con los siguientes porcentajes (arena 23%, limo 53% y arcilla 24%), con un contenido de nitrógeno 0.11 %, fósforo 14.7 ppm, potasio 120 ppm que es la cantidad de potasio asimilable para las habas, que debe ser un pH de 5.80 favorable para su buen desarrollo de las habas y con una conductividad eléctrica de 0.30 mmhos/cm. Cuenta

con una temperatura promedio 5°C, máxima 23°C. humedad relativa promedio 71.95 % y una precipitación 808.7 mm total Cusco (Borjas Mesones, 2018).

El material biológico utilizado estuvo constituido de siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales de haba desarrolladas en la Estación Experimental Andenes INIA–Cusco que se encuentra localizado a 13°26'29.76" de latitud sur y 72°14'28.29" de longitud oeste a una altitud 3735 m.s.n.m.

Se demarco las parcelas que comprendieron los 3.6 m de ancho por 4 m de largo, estos tuvieron una distanciamiento entre surcos de 0.90 m para plantas 0.25 metros, la parcela consta de cuatro surcos y los surcos centrales fueron la parcela útil (7.2 m²). Para la instalación de las parcelas experimentales se procedió con las labores culturales de preparación del terreno, previa roturación del terreno por un tractor agrícola. La siembra se realizó el 31 octubre de 2020, se incorporó roca fosfórica y urea al momento de la siembra, manifestándose progresivamente la emergencia a partir del 20 de noviembre durando un lapso de tres semanas, dejando tres plantas por golpe y luego se efectuaron dos labores de deshierbe en dos etapas de desarrollo. La cosecha de habas se efectuó luego que el cultivo alcance su desarrollo vegetativo, que es cuando llega a su madurez fisiológica. Se procedió a evaluar diez unidades de plantas de habas como unidades representativas de cada parcela y se registraron las 16 variables cuantitativas propuestas. Las variables cuantitativas fueron, porcentaje de emergencia (%E); porcentaje pre floración (%PF); número de racimos macollo (NRM); número nudos (NN); número vaina macollo (NVM); número ovulo (NO); longitud vaina (LV); ancho vaina (AV); grosor vaina (GV); rendimiento en verde vaina (RVV); rendimiento en seco vaina (RSV); rendimiento en grano seco (RGS); altura de planta (AP); número de macollos productivos (NMP); peso de 100 granos (PG); calibre de granos (CG).

El diseño experimental utilizado fue un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar), con los 11 tratamientos y 3 repeticiones. Se efectuó la comparación de medias entre las líneas avanzadas de habas y las variedades locales de habas, que fueron procesados por el software estadístico InfoStat Versión Estudiantil (InfoStat, 2020). Luego fueron analizados con la prueba de Fisher ($\alpha=0.05$).

Respecto a los componentes de varianza (CV), se procedieron a evaluar en función a los términos de respuesta a la selección y el empleo del método empleado al momento, para contribuir una mayor respuesta de la selección y así optimizar la asociación genotipo ambiente (Salazar Laureles et al., 2019). La descripción en código de las variedades de habas, ver tabla 01.

Tabla 01. Código de Identificación y Descripción de las Siete Líneas Avanzadas y Cuatro Variedades Locales.

Código	Descripción
1	INIA 423 Blanca Gigante de Yunguyo Sel. Precoz
2	LA VSL 113
3	LM6 Verde
4	Sel Verde LV3 en INIA 423 BGY
5	ZEPITA 1 Selección Verde
6	LP V/GR (14) Hiliium Claro
7	LP Rojo Hiliium Claro
8	INIA 444 Siwina
9	INIA 409 Munay Angelica
10	INIA 414 Hinan Carmen
11	INIA 421 Antoniana

3. RESULTADOS

Las 16 variables en estudio con un nivel de significancia del 95% fueron significativos para repeticiones y tratamientos. Para el p-valor (< 0.05) para la siguiente variables porcentaje de

emergencia (%E), porcentaje de floración (%F) no hay diferencia significativa para repeticiones y para los tratamientos hay diferencias significativas, en cuanto a las variables número de racimos macollo (NRM), número de nudos (NN), número de vaina macollo (NVM), número de óvulos (NO), longitud vaina (LV), ancho vaina (AV), rendimiento seco vaina (RSV), rendimiento grano seco (RGS), altura de planta (AP), número de macollos planta (NMP), no hay diferencias significativas para repeticiones y tratamientos; se manifiesta lo siguiente para las variables grosor vaina (GV) que hay diferencias significativas para repeticiones y para tratamientos no hay diferencias significativas, para rendimiento en verde vaina (RVV), peso seco de granos (PG), calibre de granos (CG) se muestran para repeticiones que no hay diferencias significativas y para tratamientos hay diferencias significativas, ver tabla 02.

Tabla 02. Cuadros Medios, Significativos, Estadística de los Valores de F y el P- Valor para las Variables Cuantitativas.

Variables	FV				CV	X
	Repeticiones	Tratamientos	Error	Total		
GL	2	10	20	32		
%E	16.5**	23.57**	7.61		4.89	56.46
	0.14 NHDS	0.02 HDS				
%PF	0.02**	0.07**	0.02		10.55	1.41
	0.44 NHDS	0.01 HDS				
NRM	2.74**	3.54**	2.06		19.32	7.42
	0.28 NHDS	0.15 NHDS				
NN	1.30**	1.07**	1.04		19.32	9.58
	0.31 NHDS	0.45 NHDS				
NVM	1.73**	54.67**	28.03		22.14	23.91
	0.94 NHDS	0.10 NHDS				
NO	0.03**	0.03**	0.03		8.84	1.97
	0.39 NHDS	0.48 NHDS				
LV	0.06**	0.45**	0.83		10.93	8.34
	0.93 NHDS	0.84 NHDS				
AV	0.04**	0.01**	0.02		6.04	2.13
	0.10 NHDS	0.57 NHDS				
GV	0.03**	0.01**	0.01		5.02	1.56
	0.03 HDS	0.06 NHDS				
RVV	6.99**	11.92**	4.11		24.16	8.39
	0.21 NHDS	0.02 HDS				
RSV	0.62**	0.48**	0.29		27.83	1.95
	0.145 NHDS	0.164 NHDS				
RGS	0.2**	0.22**	0.11		28.13	1.17
	0.19 NHDS	0.09 NHDS				
AP	0.03**	0.03**	0.02		10.14	1.53
	0.28 NHDS	0.32 NHDS				
NMP	0.82**	1.43**	0.88		17.54	5.36
	0.41 NHDS	0.17 NHDS				
PG	210.53**	300.98**	141.93		10.37	114.84
	0.25 NHDS	0.07 NHD				
CG	13.52**	15.3**	5.97		9.76	25.04
	0.13 NHDS	0.04 HDS				

Dónde: *= significativo al 0.05; ns= no significativo; HDS = hay diferencias significativas; no hay diferencias significativas = NHDS; p-valor 0.05; FV = fuentes de variación; CV= coeficiente de variación; GL= grados de libertad; %E = por ciento de emergencia; %PF = por ciento pre floración;

NRM = número de racimos macollo; NN = número de nudos; NVM = número de vaina macollo; NO = número de ovulo; LV = longitud de vaina; AV = ancho vaina; GV = grosor vaina; RVV = rendimiento en verde vaina; RSV = rendimiento en seco vaina; RGS = rendimiento en grano seco; AP = altura de planta; NMP = número de macollo productivos; PG = peso 100 granos; CG = calibre de granos.

Al evaluar el periodo de emergencia para las 11 variedades de habas se determinó que la variedad LV3 INIA 423 BGY, obtuvo un menor porcentaje de emergencia, seguido de las variedades LM6 verde y LA VSL 113. Para el mejor porcentaje de emergencia se identificó a la variedad INIA 444, seguido de las variedades INIA 409 e INIA 421. Luego de evaluar el porcentaje de Pre Floración se encontró que fue mejor para las variedades INIA 423, seguido de las variedades LM6 Verde y LP V/GR, INIA 444, teniendo los menores porcentajes de pre floración para las variedades de LV3 INIA 423 BGY, LP V/GR e INIA 444. Para el número de racimos macollo se determinó las mejores unidades para la variedad de LP Rojo, seguido por las variedades INIA 444 y LM6 Verde, INIA 409, y mostrando los menores número de racimos macollo para las variedades INIA 421 e INIA 414. En el número de vainas por macollo se determinó los mejores valores para las variedades de LV3 INIA 423 BGY y LP V/GR, y un menor valor para las variedades de INIA 423 y LM6 Verde. Para el número de ovulo vaina se determinó los mejores valores para todas las variedades excepto la variedad LP V/GR. Respecto a la longitud de vaina en las variedades evaluadas se determinó con mejor longitud para las variedades LV3 INIA 423 BGY , seguidos de las variedades de INIA 423 y LA VSL 113. Para la variable del ancho de vaina se determinó que los valores eran homogéneos en todas las variedades, ver tabla 03.

En el grosor de vaina se identificó los mejores valores para las variedades INIA 409, seguido de la variedad INIA 423, y las variedades con menores valores fueron INIA 414 y Zepita. Para el rendimiento de vaina verde se encontró los mejores valores para las variedades de Zepita, seguido de la variedad de LM6 Verde, mientras que los menores valores para el rendimiento de vaina verde fue INIA 414 seguido por la variedad LP Rojo. Respecto al rendimiento seco vaina se determinó que los mejores valores lo obtuvieron las variedades LM6 Verde seguido de la variedad de Zepita, y la variedad que obtuvo un menor rendimiento fue la variedad INIA 414 seguido por INIA 421. Los rendimientos de grano seco de las variedades evaluadas se encontraron los mejores rendimientos para las variedades de LM6 Verde seguido de Zepita, mientras que los menores valores lo obtuvieron las variedades de INIA 421 y LP V/GR. Los mejores números de macollos producidos por golpe fueron para las variedades de LV3 INIA 423 BGY seguido por LP V/GR, mientras que los valores menores lo obtuvieron las variedades de INIA 421 seguido por LM6 Verde, LP Rojo, INIA 444 e INIA 414. Al evaluar el peso de 100 granos de habas para las 11 líneas y variedades de habas se determinó que el mejor rendimiento en gramos fue para la variedad INIA 423, seguido de la variedad Zepita, teniendo los menores pesos en gramo las variedades LP V/GR y INIA 421. Luego de evaluar el calibre de los granos de haba para las distintas variedades se identificó el mejor calibre para la variedad LP V/GR, seguido por la variedad INIA 421, mientras que los menores calibres lo obtuvieron las variedades de INIA 423 y Zepita.ver continuación tabla 03.

Tabla 03. Valores Medio de las Variables de Once Variedades de Habas

Variedades	% E	% PF	NRM	NVM	NOV	LV	AV
1	54,44c-e	1,6 ^a	7,67abc	8,67b	2a	8,65a	2,11a
2	54,45c-e	1,4ab	7abc	9,33ab	2a	8,65a	2,16a
3	53,33d-e	1,6 ^a	8abc	8,67b	2a	7,89a	2,04a
4	52,22e	1,2b	7,33abc	10,67a	2a	9,13a	2,2a
5	57,78a-d	1,5b	6,67bc	9,67ab	2a	8,39a	2,26a
6	56,67a-e	1,5 ^a	7,33abc	9,33 ab	1,67b	8,09a	2,13a
7	55,56b-e	1,2b	9,33a	10,33ab	2a	8,37a	2,07a
8	61,11 ^a	1,5 ^a	8,67ab	9,67ab	2a	8,43a	2,11a
9	60a-b	1,4ab	8abc	9,67ab	2a	8,31a	2,21a

10	56,67a-e	1,2b	6c	9,67ab	2a	8a	2,06a
11	58,89a-c	1,4ab	5,67c	9,67ab	2a	7,8a	2,07a

Continuación de Tabla 03.

Variable	GV cm	RVV	RSV	RGS	NMPG	PG	CG
1	1,66ab	7,31b-e	1,79ac	1,09bc	5,33bc	127,40 a	22,33c
2	1,58ac	10,07ac	2,31ac	1,30ac	5,33ac	119,95a-c	23,78bc
3	1,53ac	10,14ab	2,61a	1,69a	5bc	116,32a-c	24,44bc
4	1,63ac	9,56a-d	1,69ac	1,11bc	7a	125,26a-c	22,89bc
5	1,50c	11,67a	2,43ab	1,50ab	5,67ac	126,36ab	22,67bc
6	1,53ac	6,74b-e	1,69ac	0,9c	6ab	94,81d	30,00a
7	1,52ac	6,59bd	1,69ac	0,86c	5bc	116,77a-c	24,78bc
8	1,51c	8,94a-e	2,08ac	1,25ac	5bc	106,55b-d	26,67a-c
9	1,67a	9,54a-e	2,20ac	1,32ac	5,33bc	110,92a-d	25,89a-c
10	1,49c	5,56e	1,41c	1,04bc	5bc	113,27a-d	25,11b-c
11	1,51bc	6,16de	1,50bc	0,86c	4,33c	105,64c-d	26,89ab

Medias con una misma letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Respecto al grado de asociación de las variables estudiadas de las once variedades de habas se encontró que existe un grado alto de asociación entre las variables de peso de 100 granos y para el valor del calibre de estos granos de haba siendo al 99%. En cuanto para las variables de rendimiento seco vaina y grano seco se identificó una asociación con alto grado entre los valores de estas variables al 89%. En las variables de rendimiento de vaina verde y rendimiento de seco vaina se encontró una asociación positiva del 86%, mientras que para las variables de rendimiento vaina verde con grano seco fue una asociación positiva de un 85%. Para las variables siguientes se encontró asociaciones medias, calibre de granos de haba con rendimiento de grano seco, seguidos de las siguientes asociaciones peso de granos de haba de 100 con rendimiento de vaina verde, calibre de grano con rendimiento vaina verde y número vaina macollo con rendimiento de vaina verde, ver tabla 04.

Tabla 04. Correlación de Pearson para las asociaciones entre variables en once variedades de habas

r	PG	CG	NVM	RVV	RSV	RGS	AP m
PG	1	0,99	0,09	0,52	0,42	0,56	0,3
CG		1	0,1	0,53	0,44	0,59	0,3
NVM			1	0,49	0,4	0,45	0,01
RVV				1	0,86	0,85	0,32
RSV					1	0,89	0,29
RGS						1	0,2
AP m							1

Se muestra en la figura 01 para los mejores rendimientos de vaina verde que obtiene la variedad Zepita con una desviación estándar aceptable, seguido de las variedades de LA VSL e INIA 423 respecto a sus valores medios y una mínima desviación estándar en estas variedades de habas, identificándose a la variedad LM6 V con un valor medio aceptable y una desviación estándar amplia.

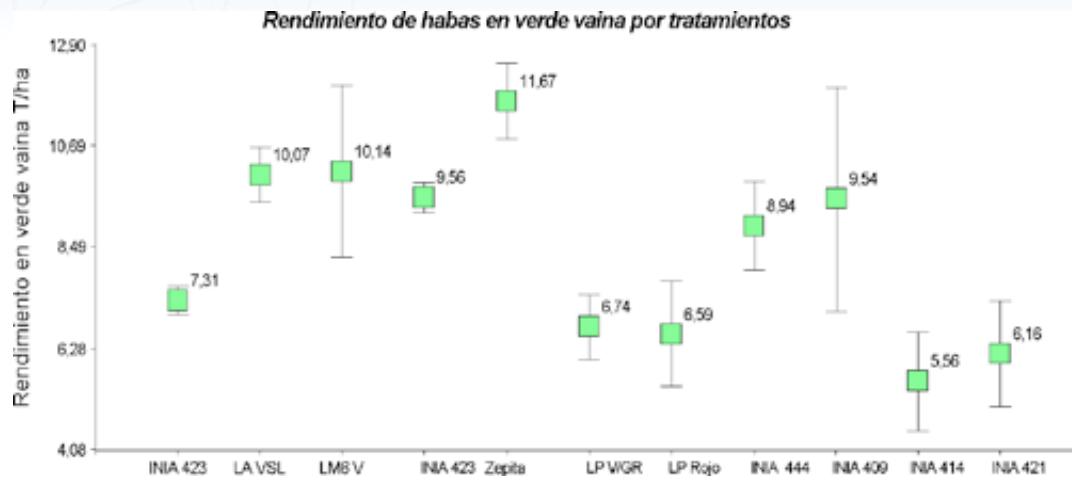


Figura 01. Rendimiento de habas en Verde Vaina ($t\ ha^{-1}$)

Se muestra en la figura 02 para los mejores rendimientos de seco vaina, que obtiene la variedad LM6 Verde con una desviación estándar amplia lo que indica que sus valores mínimos, máximos no próximos a la media nos indicaría como variedad a seleccionar en esta variable, mientras que manteniéndose la tendencia observada en rendimiento de vaina verde la variedad Zepita y LA VSL 113, serían las que muestran mejores rendimientos para esta variable en estudio, inclusive la mejor selección dentro de esta variable estudiada la variedad LA VSL 113 muestra valores próximos a la media respecto a sus valores máximos y mínimos.

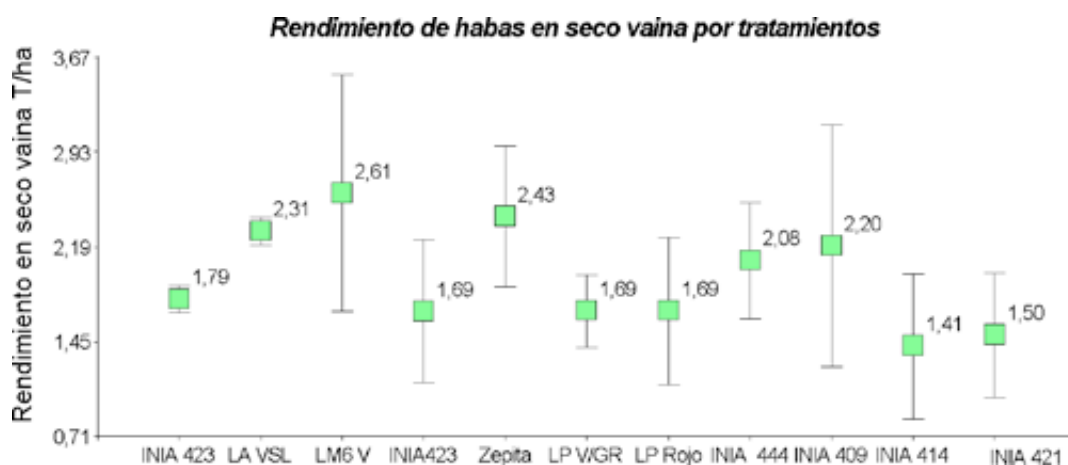


Figura 02. Rendimiento de habas en Seco Vaina ($t\ ha^{-1}$)

Se muestra en el figura 03 los mejores rendimientos de habas en grano seco, del cual se observa que los mejores valores medios lo presentan las variedades LM6 Verde seguido de la variedad Zepita e INIA 414, sin embargo la amplia desviación estándar que presenta para estos rendimientos nos permitiría inferir que debería compararse en un nuevo estudio los rendimientos y variables estudias para determinar su mejor valor medio y sus valores mínimos y máximos en las siguientes variedades LM6 Verde, Zepita, INIA 414 y LA VSL. Por otro lado, se encontró que las variedades LP V/GR, LP Rojo e INIA 421 no tuvieron buenos rendimientos en grano seco luego del proceso de producción en condiciones del distrito de Chinchero, Urubamba, Cusco.

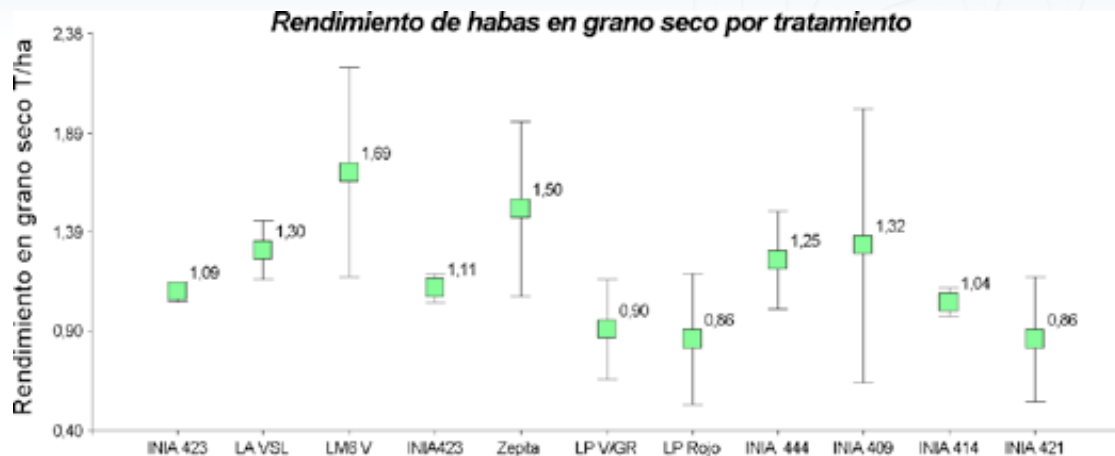


Figura 03. Rendimiento de habas en Grano Seco ($t\ ha^{-1}$)

4. DISCUSIÓN

Se muestra en los resultados las mejores características de rendimiento y valores medios en cuanto a los que respecta rendimiento de la línea avanzada de grano seco LM6 Verde seguido de la variedad Zepita e INIA 414 lo que merece una confiabilidad para la aceptación en la agroindustria nacional y exportación, esta variable difiere de lo reportado como un rendimiento en verde con un enfoque de proceso industrial en México. (Pérez López et al., 2017). Esto se debe a que en México procesa las habas en vaina verde congelado. En el presente trabajo se muestra el grado de asociación de las variables en estudio de las líneas y variedades de habas se encontró que existe, alto grado de asociación entre las variables de peso de 100 granos de haba y el valor de alto grado de asociación entre las variables de peso de 100 granos de haba y el valor de la variable calibre (tamaño) de estos granos de haba siendo al 99%. Esta asociación concuerda con uno de los criterios de selección indirecta para incrementar el rendimiento y los componentes primarios del rendimiento según (Pérez López et al., 2017). Las características de las líneas y variedades estudiadas cuentan con dos granos/vaina que es lo ideal para la industria de producción de haba, esto difiere en proporción a la producción en seco en fresco de la portuguesa-INIA que posee una vaina corta de 12 a 14 cm de largo con tres granos/vaina, que no recomienda para el mercado en vaina verde, según (Bascur, 1997). No todos los tratamientos que respondieron contar con mayor número de macollos de todas las líneas y variedades obtuvieron mayor rendimiento en grano. El número vainas por macollo y número de óvulos del presente estudio no tuvieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, esto concuerda con lo reportado por (Yáñez, 2013). Se encontró una correlación para peso de 100 granos, en calibre de granos de haba, número macollos para el rendimiento en grano seco, que coincide con el análisis de correlación del rendimiento de grano con el número de tallos, número de vainas y el peso de 100 granos manifestado por (Morales Rosales, 2002).

5. CONCLUSIONES

Las once variedades de habas con sus 16 variables propuestos en el presente estudio demostraron una amplia variabilidad de los valores, reportándose correlaciones altas, medias y nulas. Para los objetivos propuestos respecto a los rendimientos productivos tales como en el de vaina verde, se observó que la línea Zepita tuvo un mejor rendimiento con 11,67 T/ha, seguido por las variedades LM6 Verde, LA VSL con 10,14 y 10,07 T/ha respectivamente, estos rendimientos productivos demuestran que su procedencia originaria de los materiales en estudio, son óptimos que se pueden recomendar para las condiciones donde se desarrolló el presente estudio. Respecto al rendimiento de seco vaina, las variedades LA VSL y 113 Zepita con rendimientos 2,62 y 2,43 T/ha respectivamente son los de mejor indicativo productivo, sin embargo sus desviaciones estándares nos infiere precisar los resultados de las medias, respecto a las líneas y variedades en nuevos

estudios. Se reporta valores de rendimientos en grano seco para las variedades LM6 Verde y Zepita con 1,69 y 1,50 T/ha respectivamente, estos tienen una relación productiva con las variables de rendimiento vaina verde y rendimiento de vaina seco, que es en estas condiciones es de preferencia en el mercado. Los rendimientos productivos antes mencionados son los principales criterios que muestra una respuesta de aceptación en el mercado y en la agroindustria de la región y país.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altoandinas, R. D. I. (2019). *Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (Chenopodium quinoa Willd), cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen), cebada (Hordeum vulgare L.) maiz (Zea mays L.), haba (Vicia faba L.) y soya (Glycine max L. Merr) por proceso de cocción – extrus.* 21(2), 293–303.

Bascur, G. (1997). *Adaptación de la variedad de haba (Vicia Faba L.) portuguesa- INIA para producción en grano seco y uso agroindustrial en la zona centro norte de Chile. En Agricultura Técnica (Chile) (Vol. 1, pp. 70–76).*

Borjas Mesones, C. A. (2018). *Centro de difusión del cacao en la ciudad de Chinchero – Cusco. Universidad San Ignacio de Loyola.*

Confalone, A. E. (2008). *Crecimiento y desarrollo del cultivo de haba (Vicia faba L.) Parametrización del submodelo de fenología de COCROPGRO-FABABEAN. EN Escola Politecnica Superior Departamento De Produccion Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela.*

García B., Y. P., Caballero P., L. A., & Maldonado O., Y. (2016). *Evaluación del color en el tostado de haba (Vicia faba).* 2, 54–67.

InfoStat, 2020. *Software estadístico versión Estudiantil, Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Cordova - Argentina.* <http://www.infostat.com.ar>

Morales Rosales, E. J. et al. (2002). *Evaluación de cinco genotipos de haba (Vicia faba L.) con seis niveles de fósforo en Tecámac, México. Ciencia Ergo Sum, 9(2), 184–189.*

Pérez López, D. de J., González Huerta, A., Rubí Arriaga, M., Franco Mora, O., Pascual Franco Martínez, J. R. P., & Padilla Lara,

A. (2017). *Análisis de 35 cultivares de haba por su producción de vaina verde y otros componentes del rendimiento. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6(7), 1601–1613.* <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i7.553>

Rosales Morales, E. J., de la O Ávila, H., Morales Ruiz, A., & de la Cruz Arellano, V. M. (2002). *Evaluación de cinco genotipos de haba (Vicia faba L.) con seis niveles de fósforo en Tecámac, México.*

Salazar Laureles, M. E., Perez López, D. de J., González Huerta, A., & Vázquez García, L. M. (2019). *Variabilidad fenotípica en colectas de haba provenientes del Valle Toluca-Atlacomulco, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10 (3), 713–727.* <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1758>

Suquilanda V, M. B. (2007). *Producción orgánica de haba (Vicia faba). Producción Orgánica de Cultivos Andinos (Manual Técnico), 126, 147–163.*

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf Yáñez, G. (2013). *Evaluación del deshije y distancias de siembra en el cultivo de haba (Vicia faba). En Repo.Uta.Edu.Ec.*

Agradecimientos:

- A la Estación Experimental Andenes INIA–Cusco en especial a los investigadores del área Leguminosas PNI Cereales Granos Andinos y Leguminosas.
- A la señora Toribia Quispe Huamán, representativa agricultora de la zona de ámbito de Chinchero–Urubamba Cusco por el apoyo en la investigación.

Variabilidad pluviométrica y saber andino en la Cordillera del Vilcanota

Rain variability and Andean knowledge in the Vilcanota Cordillera

¹Maxwell S. Rado Cuchills, ²Juan J. Zúñiga Negrón, ³Brenda J. Rado Vilca

^{1,2,3}Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Centro de Investigación de Cambio Climático y Gestión Ambiental.

maxwell.rado@unsaac.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-7848-7926>

juanjozune@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5615-482>

¹ th_jocelyn@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3770-885X>

Resumen

A partir del año 2010 tuvimos la suerte de contactar con pobladores alpaqueros de alta montaña para involucrarlos en una red de observaciones pluviométricas al pie de los glaciares de la Cordillera del Vilcanota (Cusco, Perú). El objetivo del estudio fue correlacionar el registro instrumentado de la variabilidad pluviométrica y el conocimiento que los pobladores altoandinos tienen sobre las variaciones climáticas de su entorno. Para recolectar la información pluviométrica se instalaron cinco puntos de registro en áreas próximas a los glaciares de la cadena del Vilcanota. La tarea de registrar la información recayó en los mismos alpaqueros, quienes hicieron el trabajo durante los años 2011–2017. Para recabar los conocimientos de los pobladores altoandinos sobre la variabilidad climática, se aplicaron entrevistas no estructuradas.

El hallazgo principal fue que las mediciones pluviométricas, que demuestran variaciones en regularidad, intensidad, estacionalidad y tipo, están perfectamente relacionadas a las interpretaciones que los pobladores alpaqueros tienen sobre el clima de su entorno. Es decir, tanto las mediciones instrumentadas como el conocimiento local han identificado la variabilidad de las precipitaciones en los glaciares de la Cordillera del Vilcanota.

Palabras clave: Saberes climáticos alto andinos, observación pluviométrica, cordillera del Vilcanota.

Abstract

Starting in 2010, we were lucky enough to contact high mountain alpaca residents to involve them in a network of rainfall observations at the foot of the glaciers of the Cordillera del Vilcanota (Cusco, Peru). The objective of the study was to correlate the instrumented record of rainfall variability and the knowledge that the high Andean inhabitants have about the climatic variations of their environment. To collect rainfall information, five recording points were installed in areas close to the glaciers of the Vilcanota chain. The task of recording the information fell on the alpaqueros themselves, who did the work during the years 2011 - 2017. To gather the knowledge of the high Andean inhabitants about climate variability, unstructured interviews were applied.

The main finding was that the rainfall measurements, which show variations in regularity, intensity, seasonality and type, are perfectly related to the interpretations that the alpaca settlers have about the climate of their surroundings. In other words, both instrumented measurements and local knowledge have identified the variability of rainfall in the glaciers of the Vilcanota Mountain Range.

Keywords: High Andean climatic knowledge, observation of the Vilcanota mountain range.

1. INTRODUCCIÓN

En la región del Cusco se tiene la idea generalizada de que el calentamiento global está ocasionando impactos negativos en la agricultura y la ganadería, especialmente en las cuencas altas y medias de la Cordillera del Vilcanota. En este contexto, el presente estudio quiere validar la hipótesis de que hay variabilidad de las precipitaciones en la cadena montañosa del Vilcanota según la percepción de los saberes populares ancestrales y del monitoreo instrumentado de las lluvias. De esta forma,

el objetivo general es identificar, caracterizar y comprobar la variabilidad de las precipitaciones en áreas próximas a glaciares de la cadena del Vilcanota. Para el efecto, se han planteado los siguientes objetivos específicos: determinar la presencia o vigencia de los conocimientos y/o saberes ancestrales sobre el clima y el cambio climático por parte de los pobladores alpaqueros de la alta montaña, y determinar las variabilidades pluviométricas a partir de la instalación de pluviómetros manuales y el registro de las precipitaciones por parte de los mismos ciudadanos alpaqueros. La metodología está basada en el estudio correlacional pluviométrico y perceptivo en cinco puntos de monitoreo.

La troposfera es frágil a las perturbaciones antropogénicas en especial a las emisiones que provienen del uso de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas). A parte de las emisiones de CO₂, y debido a la baja eficiencia de los procesos de combustión, se emiten grandes cantidades de monóxido de carbono y compuestos orgánicos (carbono reducido) volátiles y semi-volátiles (Seinfeld & Pandis, 1998).

El albedo influye en el clima de nuestro planeta, puesto que determina cuánta de la radiación solar recibida es reflejada de nuevo hacia al espacio y cuánta es absorbida y disipada en forma de calor. En la Tierra, el albedo planetario depende del color y características de las superficies terrestre y marina, de la cobertura de nubes y de la concentración de aerosoles (Duarte, 2006).

Los “aerosoles”, “como pequeñas partículas suspendidas en el aire, representan un componente más de la atmósfera, los que, según su composición y tamaño, intervienen en procesos tan importantes como la formación de nubes, la absorción y dispersión de radiación solar o en el transporte y deposición de elementos nutrientes y contaminantes. La actividad humana ha aumentado enormemente las emisiones y concentración de partículas en la atmósfera” (Duarte, 2006).

El cambio climático actual, expresado en el incremento de la temperatura y en los cambios de los regímenes hidrológicos causados por variaciones de los balances hidrogliaciológicos a gran altura, tiene repercusiones aguas abajo, evidenciándose pérdidas dramáticas en los glaciares. En la Cordillera de Vilcanota, en Quelccaya, se observó un aumento de 1 a 10 de las pérdidas entre los años 1963-1978 (Francou et al., 2010).

Según las percepciones de la población alto andina, en los últimos años hubo cambios en la temperatura atmosférica y en las precipitaciones próximas a los glaciares. La pregunta es si tal variación está relacionada con la pérdida de masa glaciar y si la fusión que experimentan los glaciares de la región está vinculada con estos cambios de las últimas décadas. Al respecto, la temperatura interviene eficazmente a través de la naturaleza de las precipitaciones (o en su “fase”): si la temperatura sube más de 0,3 °C aproximadamente en la parte de la atmósfera que cubre el glaciar, entonces aumenta la probabilidad de que la precipitación sea líquida o nevosa como aguanieve o granizo, aunque estos últimos desaparecen inmediatamente al tocar el suelo. En ese sentido, se requiere la implementación de un ente conductor permanente en la región andina, que incluya la necesidad de contar con instrumentación compleja para la generación de información de alta calidad, además de un grupo de científicos y técnicos especializados (Francou et al., 2010)

Los pobladores andinos adoran a la “Pachamama” (madre-tierra) y a los Apus, que son los espíritus de las montañas y quienes proveen de agua y determinan el clima. Existen muchos rituales de agradecimiento a la Pachamama por todo lo que les ha otorgado. Estas ofertas no son un pago, pero sirven para reestablecer el equilibrio y la armonía en su relación con la naturaleza (Lindemann & Morra, 2007).

En general, el cambio climático es un fenómeno global cuya manifestación es el aumento de la temperatura promedio del planeta provocado principalmente por actividades humanas. La región andina concentra 95% de los glaciares tropicales del mundo, cubriendo una superficie estimada de 2,500 km². De esta cifra, el Perú posee 71%, Bolivia 22%, Ecuador 4% y Colombia 3%. Sin embargo, se observa un franco retroceso atribuible al calentamiento global, tal como fuera estimado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), al señalar que el

calentamiento en las regiones de alta montaña generaría una reducción o desaparición significativa de las superficies de nieve y hielo. Los pueblos indígenas que habitan zonas de glaciares se ven afectados por diversos peligros durante la época de lluvias (avalanchas, desbordes de lagunas, derrumbes, etc.). Perú concentra la mayor parte de los glaciares tropicales del mundo, en América del Sur se concentran más del 95% de los glaciares tropicales del mundo. El glaciar de mayor extensión es el Quelccaya, ubicado en la Cordillera de Vilcanota, en los Andes del sur. Tiene un diámetro de 17 Km y cubre una extensión de 54 Km² (Vittor, 2008).

En su informe de 2007, el IPCC afirma que “el CO² (dióxido de carbono) en la atmósfera está en el nivel más alto y jamás registrado en los últimos 650 años, alcanzando 380 ppm (partes por millón), un 30% más que en 1800, cuando las concentraciones llegaban a 280 ppm. Entre 1906 y 2010, la temperatura global del planeta se ha incrementado entre 0,6 y 0,9 grados. Considerando estos antecedentes, el IPCC afirma que la situación es delicada y que estamos entrando en un territorio desconocido, donde las previsiones son cada vez más insuficientes” (Peredo, 2014).

“La región andina se reconoce como una de las regiones más vulnerables a los impactos del cambio climático. Aquí, la desglaciación afectará a 70 millones de personas. También será el caso de la cadena de los Himalayas, donde al menos 1.500 millones de personas resultarán afectadas” (Peredo, 2014, p. 20).

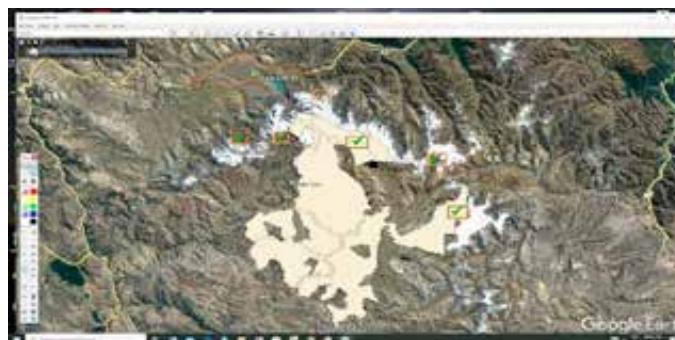
2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de la variabilidad pluviométrica, del saber andino en la cordillera del Vilcanota y del monitoreo de las lluvias, primero se optó por incorporar en la investigación a ciudadanos alpaqueros cariñosamente llamados “ciudadanos científicos de la alta montaña” por sus contribuciones a la información científica en el campo meteorológico. Ellos fueron reconocidos como tal por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Se capacitó a los ciudadanos de alta montaña (la mayoría alpaqueros) en el manejo de pluviómetros para realizar las mediciones. Los equipos se instalaron en sus caseríos o estancias, sumando en total cinco puntos de registro. Los datos fueron recolectados cada día. También se llevaron a cabo supervisiones de forma permanente para evitar alteraciones. En las libretas de registro fue necesario incluir las anomalías, el tipo de precipitación y la ocurrencia de vientos huracanados.

El estudio se enfocó en las precipitaciones en áreas próximas a los glaciares de la cadena del Vilcanota (también denominados “Apus” o deidades consideradas benefactoras de la vida), los que muestran una alta sensibilidad a los cambios climáticos. En las últimas décadas, las nieves convertidas en nevizas y posteriormente en el hielo glaciar, experimentan una gran pérdida de su masa y cambios en la morfología de su masa glaciar. Así lo evidencian las vistas satelitales, los archivos documentales, los grabados y fotografías antiguas de los glaciares de décadas pasadas. Esta problemática es corroborada con los monitoreos científicos más puntuales de áreas pequeñas (lenguas glaciares) con balizas de balance en los glaciares de Quisoquipina, Suyuparina, Quelccaya, etc., y validadas por mediciones instrumentales (estaciones hidro meteorológicas).

Figura 1: Mapa de glaciares estudiados en la cadena del Vilcanota por el CICCAGA



Nota. Elaboración propia: fuente Google Earth.

Según las recomendaciones para el monitoreo de los parámetros meteorológicos, una opción para observar los glaciares consiste en instalar estaciones permanentes en un perímetro de menos de 5-10 km de los glaciares. Esas estaciones ofrecen información de calidad, que superan la necesidad de vigilancia de los glaciares. Consecuentemente, se hace necesario la organización de una red de observación de los glaciares a escala regional como una herramienta de monitoreo del clima.

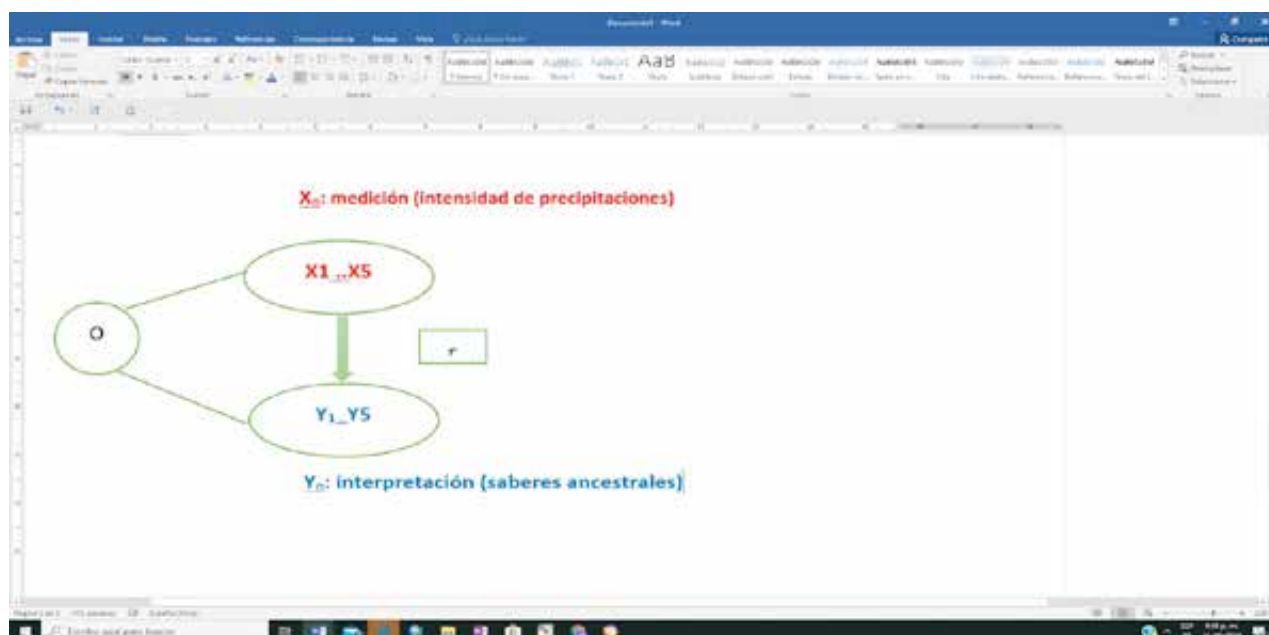
A partir de 1974, el glaciar de Quelccaya, con cerca de 44 km² en ese tiempo y con un espesor superior a los 200 m, fue intensamente estudiado por L.G. Thompson y su equipo de la Ohio State University, quienes extrajeron varias muestras de hielo de 164 m y 154 m, hasta la parte más antigua, cerca de 2000 años antes de nuestra era. Los análisis, hechos sobre la base de la ratio de los isótopos 16 y 18 de oxígeno ($\delta^{18}O$) y del polvo encontrado en el hielo, han permitido identificar la Pequeña Edad de Hielo que se terminó en 1880, el calentamiento del siglo 20, la evolución de las precipitaciones en varios siglos y el fenómeno de El Niño (Francou et al., 2010).

Referente a las precipitaciones en la cadena del Vilcanota, existe dos estaciones bien definidas: una temporada seca y otra húmeda, con precipitaciones que incluyen lluvia, granizo y nieve, allí las poblaciones siguen conservando y practicando los conocimientos climáticos ancestrales para poder sobrevivir. Entre algunos detalles se evoca el diálogo vivo y sensible con los seres divinos como los “Apus”, la “Pachamama”, la lectura de las nubes de lluvia “para-puyu” y “yunka-puyo”, la nube húmeda, “agustu puyo”, las nubes de primera siembra “yuraq-para”, la llovizna en días nublados o los “pukllaq wayra”, viento turbulento o vientos dominantes. También se toma en cuenta la visita de los “lequechos” o “leque leques”, aves andinas que anuncian las primeras lluvias. Otra costumbre es el “sisiquinakuy”, la “señal de rotación” o momento de traslado del caserío de alpacas hacia los pastos en las partes más altas de la cordillera para la regeneración de pastos en las partes bajas (humedales).

Por otra parte, el método instrumental utilizado en la investigación consiste en el uso de pluviómetros para el registro diario de las precipitaciones en cinco puntos seleccionados de la cadena del Vilcanota, tomando en cuenta lo siguiente:

- Lectura y registro del volumen (mm) de las precipitaciones diarias a hrs.07:00 am.
- Los monitores (ciudadanos alpaqueros) registran datos: volumen de precipitaciones diarios, eventos extraordinarios, variabilidades climáticas y anomalías meteorológicas de la zona.

Figura 2: Esquema de diseño utilizado



Donde:

- O : (05) Puntos de monitoreo
 X1 ... X 10 : (VI), Medición de aguas de lluvia en 05 puntos de monitoreo
 Y1 ... Y5 : (VD), Percepción de variabilidad pluviométrica en 05 puntos de monitoreo
 r : Relación entre variables independientes y variable dependiente

Nota. Elaboración propia, esquema de diseño utilizado.

La metodología está basada en el estudio pluviométrico en cinco puntos de monitoreo, establecidos en función a equidistancias y la correlación con los saberes ancestrales. El diseño de investigación es no experimental, transversal y correlacional, porque las variables no se manipulan deliberadamente. Se observó el fenómeno (precipitación) en un ambiente natural para después analizar los datos colectados en un tiempo determinado (días con precipitación).

Tabla 1: Puntos de observación pluviométricos

Puntos de Observación	Altitud msnm.	Lat /Long
Murmurani alto	5,050	-13.67870/-71.29324
Ruita Huanacuni	4,950	-13.91124/-70.88121
Quelccaya	4,877	-13.90011/-70.87780
Phinaya	4,750	-13.895865/ -70.974506
Pucarumi	4,150	-13.67870/-71.29324

Nota. Elaboración propia, a través financiamiento CICCGA-UNSAAC.

La investigación involucra el Área de Conservación Regional Ausangate, que es un área protegida en el Perú. Fue creado el 12 de diciembre de 2019, mediante Decreto Supremo N° 012-2019-MINAM. Tiene una extensión de 66 514.17 hectáreas. Involucra diversos caseríos familiares de camélidos, con paisajes pastoriles en puna alta y piso glaciar con presencia de pajonales y bofedales, o turberas, que son manejadas por las comunidades indígenas locales con pastoreo de alpacas, llamas y ovinos. Los pobladores y observadores seleccionados refieren que las sequías en las áreas montañosas del Vilcanota son más frecuentes y tienen mayor duración que antes, dando como resultando efectos socio ambientales negativos. En las diferentes visitas a los glaciares se ha podido evidenciar acciones de adaptación frente a la problemática de la variabilidad del clima, la disminución de las precipitaciones y el estrés hídrico, como son: cosecha de agua, apertura y manejo de canales de agua, manejo de pozos y manantes. Consideramos que la calidad de los ecosistemas acuáticos e híbridos, particularmente de los humedales alto andinos del Vilcanota, son esenciales para la conservación de la diversidad biológica y el bienestar de las comunidades del Área de Conservación del Ausangate y la cadena del Vilcanota y, consecuentemente, para su desarrollo económico.

Durante la última década, producto del diálogo y entrevista a pastores alpaqueros de alta montaña en la cadena del Vilcanota llegamos a tener como conclusión que sus vivencias están relacionadas a los saberes y secretos para “leer” los mensajes de los vientos, las nubes y las estrellas. Los campesinos ganaderos y agricultores permiten predecir las variaciones extremas del tiempo (heladas, nevadas, granizadas, lluvias torrenciales, sequías, entre otras). Los conocimientos tecnológicos-académicos y los conocimientos tradicionales deben articularse por las probabilidades de predicción frente a los eventos meteorológicos extremos, lo cual merece una atención etnoclimatológica.

Los campesinos observadores y gente común del campo manejan con mucha comodidad los términos “señas” y “señales” y desconocen el término “indicadores”. Muchos investigadores utilizan

“señas” e “indicador” como sinónimos. También se considera que los campesinos denominan señas a los indicadores climáticos. Moya y Torres (2008), al referirse a las señas dice: “La presencia de fenómenos climáticos trae consigo una serie de cambios atmosféricos, claramente identificados por los campesinos, que sirven de indicadores para alertarlos” (Citado por Gobierno Regional de Huancavelica- GRH, 2015, p. 14). Por otro lado, se sostiene que las “señas” o indicadores son a la vez predictores climáticos (nubes, vientos, animales, plantas, etc.) de permanente observancia y consulta (“conversación”) por el campesino (GRH, 2015). Al respecto, ver la tabla 2.

Tabla 2: Clasificación de señas meteorológicas por pobladores alto andinos

SEÑAS / INDICADORES CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS
	La Vía Láctea “qanaq pacha mayu – qatun mayu”	Cuando muestra estrellas brillantes y visibles augura el inicio de lluvias entre septiembre-octubre “buen año” “allin wata”
ASTRONÓMICOS	Auroras “wakri	La intensidad del brillo indica el inicio y cese de la temporada de lluvias regulares
	Nubes – “puyu”	Para-puyo, nube que anuncia inicio de la estación lluviosa Usia-puyu, nube que anuncia inicio de la estación seca
	Lluvias y heladas	Mayu-rity, Santa Cruz rity, anuncia buen año
HIDROMETEOROLÓGICOS		Junio, julio qasa – heladas de junio-julio, anuncia año lluvioso
	Vientos – “wayra”	Para-wayra, viento del norte que trae nubes de lluvia Usia-wayra, viento del sur que anuncia inicio de verano
	El aullido de los zorros “atuq kaka kakan”	Los aullidos claro, largos indica el inicio temprano de las lluvias. El color oscuro de las heces indica también buen año.
BIOLÓGICOS	Los hongos “kallampa – tuqllu	Indica la continuación de lluvias y buena producción de papa
	“Chikuru”, “lapqi”	Su floración indica que durante el año no hubo mucho frío y habrá buena cosecha de papa y maíz
	Cochayuyo	Indica que durante el año hubo menos helada, también la continuidad de las lluvias.

Nota. Adaptado de Gobierno Regional Huancavelica, 2015, p. 34.

La validación científica de las observaciones etnoastronómicas en los Andes, permiten reconocer los conocimientos tradicionales que practican los campesinos como estrategia real de supervivencia en condiciones climáticas adversas.

Moya y Torres (2008), presentan una propuesta de adaptación tecnológica de la crianza de alpacas en base a una exploración de las zonas alto andinas (Puno, Huancavelica y Arequipa), aunque centran su atención en la región del Cusco. El estudio identifica la variabilidad climática y la presencia de eventos meteorológicos extremos como causas de la degradación de los pastos, la disminución de los recursos hídricos y la presencia de enfermedades. La situación es más grave si dichos eventos se presentan de manera recurrente y asociada, como, por ejemplo, una intensa nevada seguida de heladas.

Es fundamental propiciar el diálogo de saberes para pensar otros paradigmas posibles, a fin de superar la concepción consumista del desarrollo actual. Del encuentro de saberes de los conocimientos tradicionales con los mejores aportes del conocimiento científico y las formas complementarias del conocimiento objetivo— surge la complejidad ambiental. El conocimiento local no compite con el conocimiento formal, sino que ambos se integran en la búsqueda de alternativas más profundas. La convivencia del poblador alpaquero altoandino con su medio está muy vinculado a la cosmovisión andina y a la observación de “señas” y mensajes de la naturaleza. Las zonas ganaderas de camélidos americanos, fundamentalmente de alpacas, corresponden a los pisos ecológicos puna alta y el piso rit'i, según la clasificación climática de Jorge de Olarte Estrada. Los indicadores, desde la visión campesina, son datos precisos y de lectura mecánica o científica. La concepción andina de los indicadores es entendida como señas, o avisos, entendidos y respondidos en un diálogo vivo y sensible con los seres de la “Pachamama” (Llosa et al., 2009).

En Quelccaya, el cambio climático, expresado como retiro de glaciares, variaciones en las temperaturas y alteraciones en los patrones de precipitación (estacionalidad, duración e intensidad), ha cambiado la extensión y ubicación de los bofedales, pastos y de la vegetación. La sociedad pastoril, por su parte, rediseña tanto sus instituciones comunales para el acceso y control de los recursos, como los patrones de movilidad del ganado. Las respuestas de las familias de Quelccaya al cambio climático se expresan principalmente en decisiones sobre el uso del suelo que co-evolucionan con cambios de cobertura del mismo (Postigo, 2009).

Específicamente, algunas de las respuestas de las familias de Quelccaya frente a los efectos del cambio climático se relacionan con el manejo del recurso hídrico, a saber: la irrigación de los bofedales y la reciente realización, en los últimos 20 años, de agricultura -papas amargas- con riego por gravedad. Asimismo, la creciente irregularidad de la precipitación ha incrementado la importancia del manejo de canales rústicos para mantener pastizales en la época de estiaje (Postigo, 2009, p. 22).

Sin embargo, desde la perspectiva de las ciencias sociales, el clima es ante todo el resultado de la forma en que los individuos perciben, se apropian e interpretan los eventos meteorológicos y climáticos que ocurren a su alrededor. Por lo tanto, el concepto de clima es una construcción cultural que se elabora a partir de procesos materiales y simbólicos, y que denota aspectos culturales, espaciales e históricos (Mariño, 2011). En el caso de las percepciones climáticas de la población alpaquera de la Cordillera del Vilcanota, de forma similar, evidencian la existencia de variabilidades en las manifestaciones del clima a lo largo de la cadena de glaciares y en su entorno. Así también, consideran que los efectos de las variabilidades climáticas y del cambio climático en el Vilcanota, en las últimas décadas, ha repercutido en la salud de los camélidos, en la escasez de sus alimentos y en el desecamiento de los humedales. Esto también afecta la economía familiar del poblador alto andino, porque los costos de la carne y la fibra de alpaca se deprecian.

Diversos estudios interdisciplinarios efectuados en esta región han buscado evaluar las repercusiones de los cambios climáticos sobre el ciclo hidrológico, los ecosistemas y la biodiversidad, los glaciares y los paisajes, al igual que en los campos económicos y sociales. Estos cambios provocan, además, una intensificación de los riesgos de desastres naturales (Walter, 2017).

Los glaciares, considerados como ancestros vivos, por un lado, son benévolos porque abastecen de agua y de vida, pero, por otro lado, son caníbales, porque provocan numerosas catástrofes naturales en el curso de los siglos.

3. RESULTADOS

Los hallazgos más importantes de la investigación radican en la interpretación de variabilidades basadas en saberes ancestrales, los que se encuentran vigentes en los ciudadanos de la alta montaña del Vilcanota.

Los datos obtenidos de los registros pluviométricos demuestran que en la última década hay variabilidades en las precipitaciones diarias, mensuales y anuales en las altas montañas del Vilcanota. Las variabilidades se dan en volumen e intensidad y en eventos extraordinarios.

La interpretación de la variabilidad del clima y las precipitaciones por ciudadanos alpaqueros son vigentes conforme a sus saberes ancestrales, los que están en relación al incremento de la contaminación ambiental y el crecimiento explosivo de la población.

Los resultados demuestran que la variabilidad encontrada en las mediciones de la intensidad de las precipitaciones guarda una perfecta relación con la percepción ambiental de los ciudadanos alpaqueros de la Cordillera del Vilcanota.

En la región Cusco y en el Perú, el uso generalizado de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), el incremento del parque automotor, la quema generalizada de masas forestales para ampliar las zonas cultivables en la ceja de selva, los incendios forestales, el incremento de las emisiones de gases contaminantes y materiales particulados como el carbón negro, tienen efectos poderosos en la fusión glacial y, por consiguiente, en el retroceso glacial y sus efectos colaterales en los ecosistemas acuáticos, terrestres e híbridos. Los niveles de BC varían sustancialmente según la temporada, aumentando sus valores más altos al final de la temporada seca, que coincide con la quema de pastizales y biomasa para la cocción de alimentos de las poblaciones del lugar (Soto et al., 2020).

Figura 3: Muestra de filtros y colecta de muestras de zona de acumulación



Nota. Filtros de cuarzo con muestras de carbón negro obtenidos en glaciares de la región. Hoy en día se aprecian los impactos del cambio climático relacionados con el agua en forma de sequías e inundaciones cada vez más frecuentes y severas. El incremento de la temperatura, los cambios en los patrones de las precipitaciones y las temperaturas extremas, así como la desertificación, están afectando la disponibilidad de los recursos hídricos mediante cambios en la distribución de las lluvias, la humedad del suelo, el deshielo de los glaciares, las nieves perpetuas y las corrientes de los ríos y las aguas subterráneas (Llosa et al., 2009).

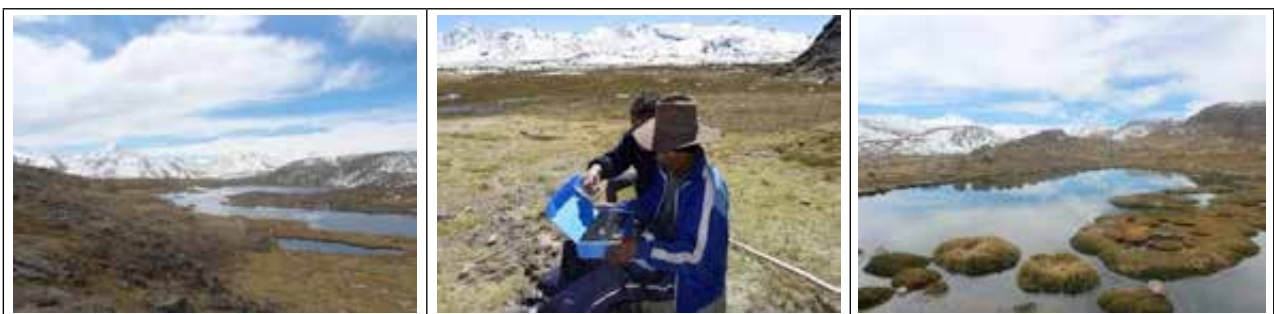
Figura 4: Canales de riego para humedal, lago de origen glaciar y vista del glaciar Ausangate



Nota. Elaboración propia. Humedales del Quelccaya y Ausangate

Ante la urgente necesidad de aumentar la disponibilidad del agua en los períodos secos, la población local opta por construir micro presas (*qochas*). “Depósitos o reservorios de agua que se adaptan a la depresión natural del suelo (hondonadas naturales) o lagunas naturales, levantando para ello un dique de tierra compactada que permite contener el agua excedente del período de lluvias y almacenarla para su posterior uso mediante técnicas de riego. Se trata, así mismo, de lograr una lenta infiltración del agua, favoreciendo la recarga de los acuíferos subterráneos” (Llosa et al., 2009).

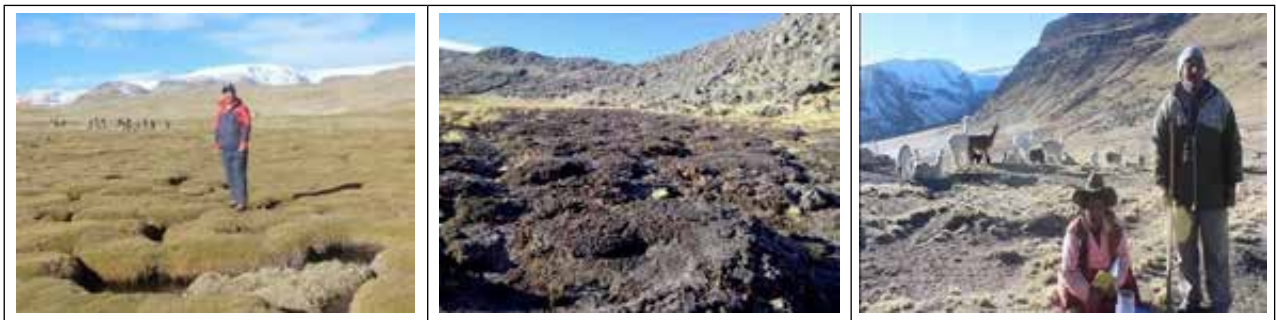
Figura 5: Observador pluviométrico en Ruita Quelccaya



Nota. Elaboración propia. Supervisando a observador pluviométrico

En la cadena del Vilcanota se ha perdido la cobertura vegetal de antaño, hay un proceso de desertificación, el aumento de la temperatura es común en las últimas décadas, ya no es posible advertir a los peces y batracios nativos, el manto de nieve que solía cubrir las montañas es cada vez menor en comparación con años anteriores y el ciclo hidrológico muestra irregularidades. Las precipitaciones sólidas al pie de los glaciares son cada vez menores, a excepción de algunos años. En muchos casos, hay mayor escorrentía de los glaciares por la fusión glaciar durante los días calurosos. Los humedales se encuentran en un proceso de desecación y ya no abastecen la alimentación de camélidos. Los glaciares muestran manchas negras por la pérdida de masa glaciar.

Figura 6: Humedal activo, humedal degradado y observador pluviométrico en Qoricalis.



Nota. Elaboración propia, registro de la zona de estudio.

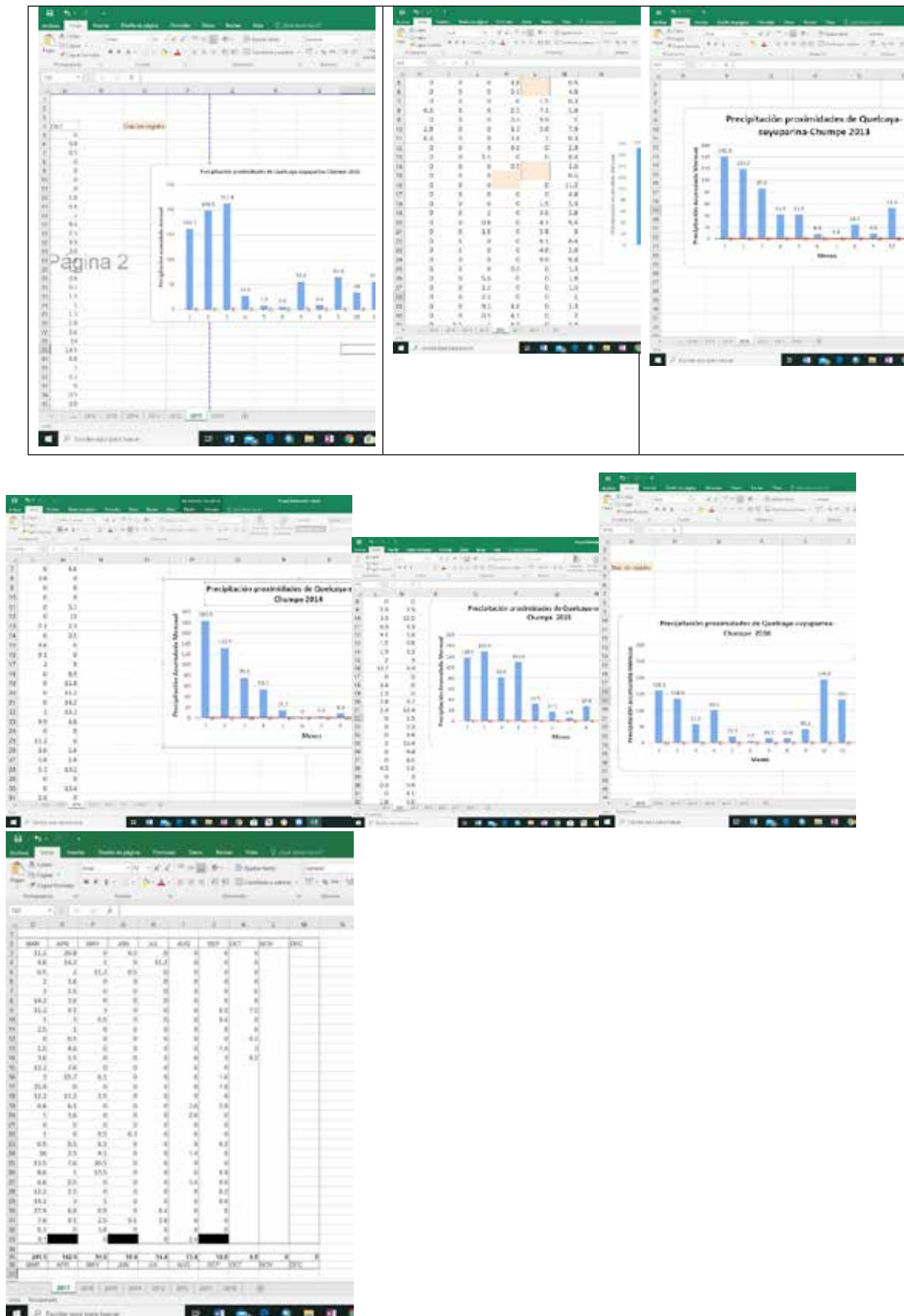
Los frentes glaciares de la cadena del Vilcanota han retrocedido ostensiblemente; también la actividad minera en áreas de glaciares se ha incrementado, afectando el recurso hídrico con la contaminación de las aguas. Se puede sentir el estrés hídrico, ya que hay disputa para derivar las aguas hacia humedales en desecación. Las lluvias, en muchos casos, son torrenciales y de poca duración y existe una alta evapotranspiración en la alta montaña. El problema se agrava por incendios forestales que se incrementan en las punas, con graves efectos en los ecosistemas andinos de alta montaña, y la generación de material particulado que afecta a los glaciares del Vilcanota, situación que se agrava por la tala y la quema en la ceja de selva, cuyas partículas negras transmontan la cadena oriental para posarse sobre los glaciares, acelerando la fusión de los mismos.

Los pobladores alpaqueros de la zona indican que se siente más frío y se ha intensificado el calor ambiental. Existe acortamiento y retraso del periodo anual de las lluvias y las precipitaciones son irregulares. Ante esta problemática, en las últimas décadas la población local optó por el mantenimiento de canales de riego de los humedales y la construcción de mini-represas rústicas para cosecha de agua, y así abastecer a los humedales en la época de estiaje (los humedales están desapareciendo por el estrés hídrico). Estas acciones familiares están acompañadas de rituales de ofrenda a la tierra que realizan los miembros mayores de las familias. Justamente, las personas mayores saben interpretar los signos que permiten pronosticar el clima, observando los astros, entre ellos las estrellas, la luna, el sol y el florecimiento de plantas nativas, que son indicadores biológicos para saber si se adelanta o retrasa la siembra de la papa amarga (la que servirá para procesar el “chuño”), saber si el año será bueno para las actividades agrícolas y pecuarias. Por otra parte, también se ha introducido el cultivo de plantas exóticas para los camélidos, pero a la fecha no tienen buenos resultados debido al frío severo y extremo.

Los ciudadanos alpaqueros de las proximidades a los glaciares del Ausangate y Qallangate, mencionan que en los últimos años ha sido muy notorio la irregularidad de las lluvias. Además, observan la disminución del recurso hídrico en la puna alta y en los humedales las lluvias son más intensas en tiempos cortos, durante el día incremento de la temperatura y en las noches el aumento del frío con heladas que generan desaparición de la cobertura vegetal y una puna desertificada con precipitaciones menos sólidas.

En las tablas 3 y 4 se muestran los resultados de variabilidad de las precipitaciones mensuales y anuales en milímetros (mm) en la cadena del Vilcanota específicamente en los glaciares próximos al Ausangate-Qallangate y Jampa, y Quelccaya-Suyuparina y Chumpe.

Tabla 3: Registro pluviométrico de Quelccaya, Suyuparina y Chumpe, 2011-2017



Nota. Elaboración propia

Figura 7: Observadores pluviométricos en las proximidades del Ausangate y Quelccaya



Nota. Elaboración propia

Tabla 4: Registro pluviométrico de Ausangate, Qallangate y Jampa, 2012-2017

Nota. Elaboración propia

4. DISCUSIÓN

Las poblaciones dedicadas a la agricultura y la ganadería en los Andes peruanos aplican sus conocimientos ancestrales para comprender las variabilidades climáticas y las anomalías de la baja tropósfera y gracias a ello se adaptan permanentemente a los cambios. En este sentido sus observaciones climáticas en base a señales astronómicas y bioindicadores concuerdan con las mediciones pluviométricas realizadas en esta investigación. Cabe mencionar que la data oficial SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) se limita a pisos bajos y no cuenta con una red de equipos de alta montaña, por lo tanto, al respecto no se cuenta con una data oficial sostenida en zonas de glaciares.

El clima era manejado inteligentemente por el poblador local sobre la base de la observación del comportamiento de los indicadores astronómicos, plantas, animales y la correspondiente información, comportamientos que permitían sincronizar las siembras y tratar de obtener las mejores cosechas (Ortega, 2009, p. 260). Los pastores alpaqueros de la cadena del Vilcanota poseen conocimientos ancestrales sobre la interpretación del clima. Generacionalmente sus observaciones biológico ambientales y astronómicas les han servido para pronosticar el tiempo y el clima local.

En las últimas décadas sienten que los bioindicadores climáticos no coinciden con las variabilidades y las anomalías del clima. Es decir, los pastores tienen dificultades para pronosticar el clima, creemos por las anomalías del calentamiento global.

La percepción de las variabilidades del clima y las precipitaciones por ciudadanos alpaqueros se explica por el incremento de la contaminación ambiental, el crecimiento explosivo del parque automotor y el aumento de los incendios forestales y la quema de la tala de bosques en la ceja de selva para efectos agrícolas. Así, los resultados del análisis de la variabilidad diaria y mensual registrados en el monitoreo pluviométrico presentan una alta correlación con la percepción de los cambios climáticos que tienen los ciudadanos alpaqueros de la Cordillera del Vilcanota.

5. CONCLUSIONES

Los saberes ancestrales de los ciudadanos de alta montaña del Vilcanota (información cualitativa), se mantienen y se corroboran con la (información cuantitativa). La variabilidad se da en volumen e intensidad y en eventos extraordinarios. Vale decir que cada año es diferente respecto al volumen: las precipitaciones son más copiosas y con menor duración, y hay menor precipitación sólida que líquida en las zonas de los glaciares.

Las mediciones y el monitoreo de las lluvias en la última década, realizadas por ciudadanos alpaqueros de alta montaña, indican variabilidades en las precipitaciones estacionales. Los registros pluviométricos realizados en cinco puntos de la Cordillera del Vilcanota aseveran las variabilidades de las precipitaciones en cantidad y en el tipo de precipitación (sólidas y líquidas). Consecuentemente existe una relación muy dinámica entre la percepción de la variabilidad del clima por parte de los ciudadanos alpaqueros y los registros pluviométricos instrumentales en la Cordillera del Vilcanota.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Duarte, C.M. (Coord.). (2006). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/01/Cambio_global.pdf

Francou, B. R., Rabatel, A., Soruco, A., Sicart, J.E., Silvestre, E.E., Ginot, P., Cáceres, B., Condom, T., Villacís, M., Ceballos, J.L., Lehmann, B., Anhelme, F., Dangles, O., Gomez, J., Favier, V., Maisincho, L., Jomelli, V., Vuille, M., Wagnon, P., Lejeune, Y., Ramallo, C., & Mendoza, J. (2010). *Glaciares de los Andes Tropicales víctimas del Cambio Climático*. Comunidad Andina; Proyecto de Adaptación al Retroceso Acelerado de Glaciares - PRAA; IRD. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-07/010062800.pdf

Gobierno Regional de Huancavelica – GRH. (2015). *Conocimientos ancestrales y adaptación al cambio climático en comunidades altoandinas de la Región de Huancavelica*. GRH. http://www.regionhuancavelica.gob.pe/descargas/upload/DOCUMENTOS%20DE%20GESTION/ESTRATEGIAS%20REGIONAL_ES/2526782_Conocimientos_Ancestrales_y_CC-Silvano_Ninfa.pdf

IPCC - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). *Cambio Climático 2007. Informe de síntesis*.

OMM; PNUMA.

Lindemann T., & Morra, D. (2007). *Afrontando cambio climático y globalización en los Andes Peruanos*. Food and Agriculture Organization of the United Nation - FAO.

Llosa Larrabure, J., Pajares Garay, E., & Toro Quinto, O. (Eds.). (2009). *Cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas: Reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes*. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo - DESCO; Red Ambiental Peruana. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4598>

Mariño, N. (2011). Reflexiones sobre la perspectiva cultural en las políticas de cambio climático en Colombia: un acercamiento al análisis cultural y espacial de las políticas públicas. En A. Ulloa (Ed.). *Perspectivas culturales del clima* (pp. 495-528).

Universidad Nacional de Colombia.

Moya, E., & Torres, J. (Eds.). (2008). *Familias alpaqueras enfrentando al cambio climático. Propuesta de adaptación tecnológica de la crianza de alpacas frente al cambio climático en Cusco*. Comisión Europea; Soluciones Prácticas ITDG. <https://www.mimp.gob.pe/webs/mimp/sispod/pdf/186.pdf>

Oltra, C. (s.f.). *Psicosociología del cambio climático*. Centro de investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT); Universitat de Barcelona.

Ortega Dueñas, R. (2009). El agua en la agricultura prehispánica y la problemática asociada con el cambio climático global- Región Cusco. En J. Llosa, E. Pajares, & O. Toro (Eds.). *Cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas. Reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes* (pp. 255-284). Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo - DESCO; Red Ambiental Peruana. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4598>

Peredo, E. (2014). *Cambio climático, glaciares y desafíos globales*. Fundación Solón.

Postigo, J.C. (2009). *Estrategias de adaptación y gestión del riesgo frente al cambio climático en tres regiones del sur andino peruano*. DESCO; CEPES.

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (1998). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to Climate Change*. Wiley

Soto Carrión, C., Schmitt, C.G., Zuñiga Negrón, J.J., Jiménez Mendoza, W., Arbieta Mamani, O., Pozo Enciso, R. S., Guevara Sarmiento, S. J., & Rado Cuchills, M. S. (2020). Quantitative Estimation of Black Carbon in the Glacier Ampay-Apurimac. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 9(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.d8.0342> Vittor, L. (2008). Región Andina: El cambio climático y efectos sobre los pueblos indígenas de los Andes. Servindi. Recuperado el 01 de noviembre de 2021 desde <https://www.servindi.org/actualidad/3778>

Walter, D. (2017). Percepciones tradicionales del cambio climático en comunidades altoandinas en la Cordillera Blanca, Ancash.

Revista de glaciares y ecosistemas de montaña, (1), 9-24. <https://doi.org/10.36580/rgem.i3.9-24n>



EJE TEMÁTICO

Ingenierías

Diseño de un algoritmo metaheurístico paralelo de optimización de enjambre de partículas para resolver el problema de la asignación cuadrática sobre una plataforma GPU

Design of a parallel metaheuristic algorithm of the particle swarm optimization to solve the quadratic assignment problem on a gpu platform

Iván C. Medrano Valencia¹, Nila Z. Acurio Usca², Doris S. Aguirre Carbajal³ Departamento Académico de Ing. Informática. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Cusco, Perú.

¹ ivan.medrano@unsaac.edu.pe <http://orcid.org/0000-0003-0623-090X>

² nila.acurio@unsaac.edu.pe

³ doris.aguirre@unsaac.edu.pe <https://orcid.org/0000-0003-1561-3355>

RESUMEN

El Problema de la Asignación Cuadrática es un problema NP-difícil (Sahni & T. Gonzalez, 1976) y soluciones secuenciales de este problema mediante metaheurísticas como Particle Swarm Optimization demandan mucho esfuerzo computacional y tiempo de ejecución cuando el tamaño del problema es suficientemente grande. En este trabajo se diseñó un algoritmo paralelo sobre procesadores GPGPU utilizando CUDA, con el objetivo de reducir el tiempo de ejecución de la metaheurística Particle Swarm Optimization para resolver el problema de la asignación Cuadrática. Se utilizó la metodología cuasiexperimental (Palella & Martins, 2006) y los resultados muestran, un considerable incremento de la velocidad con respecto al algoritmo secuencial llegándose a obtener un speedup siempre mayor a uno en los casos más exigentes. En cuanto a la calidad de las soluciones se obtuvieron un promedio de 17.70% de aproximación con respecto a las mejores soluciones conocidas para diversos problemas obtenidos de QAPLib (Burkard, Karisch, & Rendl, 2002).

Palabras clave: Particle Swarm Optimization (PSO), Problema de la Asignación Cuadrática (QAP), GPGPU, CUDA, Inteligencia de Enjambre.

ABSTRACT

The Quadratic Assignment Problem is a NP-Hard problem (Sahni & T. Gonzalez, 1976) , and sequential solutions to this problem using metaheuristics like Particle Swarm Optimization demand a lot of computational effort and runtime when the size of the problem is large enough. In this work, a parallel algorithm was designed on GPU processors using CUDA, with the objective of reducing the execution time of the Particle Swarm Optimization metaheuristic to solve the Quadratic Assignment Problem. The quasi-experimental methodology (Palella & Martins, 2006) was used and the results show a considerable increase in speed with respect to the sequential algorithm, obtaining a speedup always greater than one in the most demanding cases. Regarding the quality of the solutions, an average of 17.70% approximation was obtained with respect to the best known solutions for various problems obtained from QAPLib (Burkard et al., 2002).

Keywords: Particle Swarm Optimization (PSO), Quadratic Assignment Problem (QAP), GPGPU, CUDA, Swarm Intelligence.

1. INTRODUCCIÓN

Existen problemas que computacionalmente son definidos como intratables (Sahni & T. Gonzalez, 1976), por la complejidad de los recursos computacionales requeridos para su solución; dentro de estos se considera el problema de la asignación cuadrática (QAP), planteado por Koopmans y

Beckmann en 1957 (T.C Koopmans, 1957), el cual consiste en un modelo matemático que permite resolver un problema de locaciones, en el que se tiene como condicionantes N instalaciones que se deben asignar a N locaciones o ubicaciones, considerando un costo a cada una de las asignaciones; se debe considerar también que el costo estará determinado por las distancias, el flujo entre las locaciones y costos de instalación (Cela, 1998).

La solución determinística de estos problemas es inviable computacionalmente hablando, cuando N tiende a crecer. Sin embargo, la sociedad exige soluciones prontas para este tipo de problemas. Es ahí cuando las ciencias de la computación, plantean técnicas alternativas, que ofrecen soluciones aceptables o aproximadas, tal como los algoritmos metaheurísticos, dentro de ellos la metaheurística Particle Swarm Optimization (R.C. Eberhart, 2001).

Adicionalmente, el avance vertiginoso de la tecnología, ofrece mecanismos coadyuvantes a reducir tiempos de procesamiento computacional. Hoy en día los computadores ofrecen capacidades de computación heterogénea, es decir utilizar diferentes tipos de procesadores de cómputo. Uno de estos tipos viene a ser las denominadas “Unidades de procesamiento gráfico de propósito general (GPGPU)” (Nickolls & Dally, 2010) que permiten optimizar los tiempos de procesamiento, permitiendo resolver problemas de alta demanda computacional mediante algoritmos paralelos, en contra posición a los algoritmos convencionales que son estrictamente secuenciales.

En suma, este trabajo consiste en la aplicación de una metaheurística de inteligencia de enjambre aplicada a la solución del problema de asignación cuadrática, mediante algoritmos paralelos implementados para su funcionamiento en computadoras con procesadores GPGPU.

2. METODOLOGÍA

Consideramos que este es un estudio cuasiexperimental (Palella & Martins, 2006), debido a que se quiere demostrar la validez de un algoritmo paralelo, utilizando datos que no pueden ser obtenidos al azar, con la finalidad de analizar su comportamiento con respecto a su equivalente secuencial y obtener relaciones causa-efecto que nos permitan alcanzar importantes conclusiones.

3. MATERIALES

Los programas se ejecutaron en el siguiente equipo laptop:

- Marca: HP
- Modelo: ZBook
- Procesador CPU: Intel Xeon
- Procesador gráfico: NVIDIA QUADRO P1000
- Número de procesadores CPU: 12
- Nro. de procesadores GPU: 512

4. RESULTADOS

4.1. Casos de prueba

Los siguientes casos de prueba fueron seleccionados por conveniencia de la librería QAPLIB (Burkard et al., 2002)

Tabla 1. Casos de prueba del QAP

Problema	Dimensión	Óptimo Conocido	Permutación del valor óptimo conocido
Nug8	8	214	
Nug12	12	578	(12,7,9,3,4,8,11,1,5,6,10,2)
Nug16a	16	1610	(9,14,2,15,16,3,10,12,8,11,6,5,7,1,4,13)
Had20	20	6922	(8,15,16,14,19,6,7,17,1,12,10,11,5,20,2,3,4,9,18,13)
Tho30	30	149936	(8,6,20,17,19,12,29,15,1,2,30,11,13,28,23,27,16,22,10,21,25,24,26,18,3,14,7,5,9,4)
Lipa40b	40	476581	
Esco49	49	23386	
Lipa60b	60	2520135	

Los experimentos se realizaron con los parámetros iniciales de la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de ejecución de PSO

Nro. de partículas (población)	1024
Nro. de iteraciones (generaciones)	10000
Rango mínimo	-2.5
Rango máximo	2.5
Ω	0.6
C_1	1.2
C_2	1.2

4.2. Resultados Experimentales

Los resultados experimentales promedios se obtuvieron después de ejecutar 5 veces el programa para cada caso. Estos resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados experimentales promedios

Caso de prueba	Dimensión	Ejecución Paralela		Ejecución Secuencial		Mínimo Conocido
		Tiempo (s)	Mínimo	Tiempo (s)	Mín. obtenido	
Nug8	8	16.706	223.2	29.940	224	214
Nug12	12	32.891	665.6	58.288	661.6	578
Nug16a	16	54.903	1884.8	86.864	1863.2	1610
Had20	20	114.797	7338.4	165.168	7335.6	6922
Tho30	30	158.182	190536	214.727	190956	149936
Lipa40b	40	274.8384	603870.4	357.0958	603996.2	476581
Sko49 ¹	49	503.8672	27587.6	-	-	23386
Lipa60b ²	60	720.2568	3213908.4	-	-	2520135

^{1,2} No fue posible determinar los resultados de la ejecución secuencial para estos casos.

5. DISCUSIÓN

Speedup

El speedup (Tan, 2016) nos permite saber cuán rápido es el programa paralelo con respecto a su equivalente secuencial. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de speedup para cada caso de prueba

Problema*	Dimensión	Tiempo Paralelo (s)	Tiempo Secuencial (s)	Speedup
Nug8	8	16.706	29.939	1.792
Nug12	12	32.891	58.288	1.772
Nug16a	16	54.903	86.864	1.582
Had20	20	114.797	165.168	1.439
Tho30	30	158.182	214.727	1.357
Lipa40b	40	274.838	357.096	1.299
Promedio:				1.540

* No se consideran los resultados de los problemas Sko49 y Lipa60b debido a que no fue posible obtener el tiempo de ejecución del programa secuencial

Según la tabla 5, se puede apreciar que en promedio la velocidad del programa PSO paralelo sobre GPGPU es 50% más rápido para resolver el problema QAP con respecto al programa secuencial. En los casos Nug8 y Nug12 se obtienen las mejores aceleraciones, mientras que en los casos Tho30 y Lipa40b la aceleración del programa paralelo es más reducida con respecto al programa secuencial.

5.1. Calidad de los Resultados

Para analizar la calidad de los resultados, calcularemos la distancia entre la solución encontrada y la mejor solución conocida (Best Known Solution, BKS) (Burkard et al., 2002). Esto es calculado según la ecuación (1).

$$gap = \frac{(Solucion - BKS)}{BKS} \times 100 \quad (1)$$

Tabla 5. Calidad de los resultados obtenidos

Problema	Dimensión	BKS	Promedio solución encontrada	gap (%)
Nug8	8	214	223	4.21
Nug12	12	578	665	15.05
Nug16a	16	1610	1884	17.02
Had20	20	6922	7338	6.01
Tho30	30	149936	190536	27.08
Lipa40b	40	476581	603870	26.71
Sko49	49	23386	27587	17.96
Lipa60b	60	2520135	3213908	27.53
Promedio:				17.70

En la tabla 5 podemos ver que para los problemas Nug8 y Had20 el programa paralelo desarrollado se desempeña mejor, puesto que presentan un 4.21% y 6.01% de desviación respectivamente. Mientras que los problemas Tho30, Lipa40b y Lipa60b presentan el grado mayor de desviación con 27.08, 26.71 y 27.53% respectivamente.

El promedio de las desviaciones es 17.70% por lo que podemos concluir que la calidad de las soluciones encontradas es buena, teniendo en cuenta que el problema del QAP es NP-Difícil y la cantidad de posibles soluciones es N!

6. CONCLUSIONES

Para resolver problemas NP-Difícil, como el Problema de la Asignación Cuadrática (QAP), resultan de mucha utilidad las GPGPU porque nos permiten realizar programas paralelos que en otras circunstancias serían imposibles de llevar a cabo.

La implementación paralela sobre una plataforma GPGPU de la metaheurística Particle Swarm Optimization (PSO) para resolver el Problema de la Asignación Cuadrática (QAP), demuestra ser bastante eficiente en relación a su tiempo de ejecución, como se ha demostrado experimentalmente. En promedio, éste es casi la mitad del tiempo de su equivalente secuencial.

Para problemas de gran dimensión como Sko59 y Lipa60b, se obtienen resultados en un tiempo razonable, problemas en los que el algoritmo secuencial ya no muestra ningún resultado o su tiempo de ejecución es demasiado grande.

En cuanto a la calidad de los resultados la metaheurística paralela PSO obtiene valores cercanos al mejor valor conocido para cada problema considerado en la parte experimental, en promedio los resultados obtenidos varían en un 17.70%, lo que indica que los resultados son calificados como buenos teniendo en cuenta la envergadura del problema QAP.

Creemos que el punto crítico es el algoritmo GVP, responsable de convertir en permutaciones los valores que van tomando las partículas dentro de un determinado rango. Mejorar este algoritmo permitiría obtener mayor calidad en los resultados.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Burkard, R. E., Karisch, S. E., & Rendl, F. (2002). QAPLIB - A Quadratic Assignment Problem Library. Retrieved from <http://anjos.mgi.polymtl.ca/qaplib/>

Cela, E. (1998). The Quadratic Assignment Problem: Theory and Algorithms. Combinatorial Optimization. Springer. Nickolls, J., & Dally, W. J. (2010). The GPU Computing Era. *IEEE Micro*, 30(2), 56-69. doi:10.1109/MM.2010.41 Palella, S., & Martins, F. (2006). *Metodología de la Investigación Cuantitativa* (2da, ed.). Caracas: FEDUPEL.

R.C. Eberhart, Y. S. (2001). *Swarm Intelligence* (Vol. 313). San Francisco, USA.: Morgan Kaufmann Publishers. Sahni, S., & T. Gonzalez. (1976). P-Complete Approximation Problems. *Journal of the ACM*, 23, 555-565.

T.C Koopmans, M. J. B. (1957). Assignment problems and the location of economic activities. *Econometrica*, 25, 53-76 Tan, Y. (2016). *GPU-based Parallel Implementation of Swarm Intelligence Algorithms* (E. Inc. Ed.). USA.

Caracterización hidrogeológica en la ciudad del Cusco, uso de plataformas digitales para la interpretación hidrogeoquímica

Ccopa. J.¹, Peña. F.², Otiniano. A.¹ & Andrade. J.¹

¹Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, INGEMME Lima, Perú
marlonccopa@gmail.com

Código ORCID: 0000-0001-6141-8919

alonso.otiniano.z@uni.pe Código ORCID: 0000-0001-6282-7992

jandradec@uni.pe Código ORCID: 0000-0001-5645-7286

²Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS
Lima, Perú fpena@gmail.com

Resumen

En gran parte de la ciudad del Cusco y centros poblados periféricos, el abastecimiento de agua para consumo humano y riego proviene en su mayoría de fuentes superficiales, sin embargo, también existen fuentes de abastecimiento que proceden de numerosos manantiales que son captados en forma directa (mediante la técnica de alerones) y mediante galerías filtrantes; que tienden a ser empleados en su conjunto, para consumo humano y agrícola. Otra parte de la ciudad se abastece de pozos que se ubican en el acuífero poroso no consolidado de Piñipampa (cuenca del río Vilcanota) y el gran porcentaje del agua potable para la ciudad, proviene de la laguna de Piuray (fuente superficial).

Para elaborar la caracterización hidrogeológica de las rocas y suelos se realizó un inventario de fuentes de agua subterránea, cartografiado hidrogeológico, toma de muestras de agua subterránea y realización de pruebas hidráulicas para determinar parámetros hidrogeológicos como la conductividad hidráulica, gradiente hidráulico, etc. Esta información, así como datos de campo elementales se utilizaron para la elaboración del mapa hidrogeológico de la parte alta de la subcuenca del río Huatanay a una escala detallada. El mapa tiene por finalidad, mostrar la distribución espacial de los acuíferos potenciales, zonas de surgencias de aguas subterráneas relacionados a los peligros geológicos y a diferenciar zonas impermeables. Esta información, junto con la distribución hidroquímica de las facies del agua subterránea alrededor de la ciudad del Cusco, constituyen las variables elementales para el diagnóstico hidrogeológico. Adicionalmente, en este estudio, se propone diseñar planes y proyectos adecuados que permitan encaminar hacia una gestión integrada de los recursos hídricos, la misma que contribuya con planes adecuados de expansión urbana de la ciudad del Cusco.

El análisis hidrogeoquímico se realizó con la ayuda de plataformas interactivas (formatos HTML) que facilitaron el ordenamiento de la data, así como los cálculos hidroquímicos, así se utilizaron diversas técnicas de investigación para la mejor interpretación de la hidrogeología en la parte alta de la subcuenca del río Huatanay hasta Angostura.

Palabras clave: Hidrogeología, hidroquímica, acuífero, facies, hidrogeoquímica, Piper

Abstract

In a large part of the city of Cusco and peripheral populated centers, the supply of water for human consumption and irrigation comes mostly from surface sources, however, there are also sources of supply that come from numerous springs that are directly captured (using the aileron technique) and filtering galleries; that tend to be used as a whole, for human and agricultural consumption. Another part of the city is supplied by wells located in the unconsolidated porous aquifer of Piñipampa (Vilcanota river basin) and the large percentage of drinking water for the city comes from the Piuray lagoon (surface source).

To develop the hydrogeological characterization of the rocks and soils, an inventory of underground water sources was carried out, hydrogeological mapping, taking groundwater samples and carrying

out hydraulic tests to determine hydrogeological parameters such as hydraulic conductivity, hydraulic gradient, etc. This information, as well as elementary field data, were used for the elaboration of the hydrogeological map of the upper part of the sub-basin of the Huatanay River at a detailed scale. The purpose of the map is to show the spatial distribution of potential aquifers, groundwater upwelling areas related to geological hazards and to differentiate impervious areas. This information, together with the hydrochemical distribution of the groundwater facies around the city of Cusco, constitute the basic variables for the hydrogeological diagnosis. Additionally, in this study, it is proposed to design adequate plans and projects that allow to move towards an integrated management of water resources, the same that contributes with adequate urban expansion plans of the city of Cusco.

The hydrogeochemical analysis was carried out with the help of interactive platforms (HTML formats) that facilitated the ordering of the data, as well as the hydrochemical calculations, thus various research techniques were used for the best interpretation of the hydrogeology in the upper part of the sub-basin. from the Huatanay river to Angostura.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la subcuenca del río Huatanay se encuentra la ciudad del Cusco, con una población de más de 457 mil habitantes según censo (INEI 2017), cuyo abastecimiento de agua se realiza por cinco sistemas; Laguna de Piuray, sistema subterráneo de Korkor, sistema Salkantay, sistema de Jaquira y Plan Maestro en Piñipampa.

La disminución de los caudales de las fuentes de agua de abastecimiento actual se debe principalmente a dos factores internos relacionados a la pérdida de la capacidad de regulación hídrica de los ecosistemas asociados a las fuentes de agua debido a la desvalorización de vegetación por deforestación, quemas y sobrepastoreo, así como la intensificación del proceso de erosión de los suelos. Tanto la vegetación como el suelo constituyen un binomio que permite la infiltración de las aguas de la precipitación pluvial y que los acuíferos se recarguen; al perderse la vegetación y los suelos, el agua escurre libremente y se pierde directamente en los cauces de los ríos y quebradas, acelerando también el proceso de erosión.

1.1. Ubicación

La subcuenca del río Huatanay se ubica en la zona sur oriental del territorio peruano. Políticamente se encuentra en el departamento del Cusco; abarca los distritos de Cusco, Santiago, Wánchaq, San Jerónimo, San Sebastián y parte del distrito de Poroy.

Hidrográficamente pertenece a la vertiente del Atlántico, macrocuenca Amazónica, cuenca Urubamba y subcuenca Huatanay.

La parte alta de la subcuenca del río Huatanay tiene una superficie de 264 152 km². El río principal del mismo nombre de la subcuenca, se origina con la confluencia de los ríos Huancaro y Saphy, que recorre la subcuenca con dirección oeste-este. Limita por el norte con la cuenca Urubamba, del cual separa las cadenas de montañas del Cusco, que sirve de divisoria de aguas entre ambas cuencas. Limita por el sur, con la subcuenca del río Paruro (cuenca del río Apurímac), donde son delimitados por las serranías del Vilcaconga. Por el oeste limita con el sistema fluvial de Cachimayo (Anta). Finalmente, por el este limita con la microcuenca Saylla (Choquehuanca et al., 1996).

2. METODOLOGÍA

La caracterización hidrogeológica e hidroquímica está sujeta a un método científico que envuelve observaciones en campo, del comportamiento de las unidades geológicas e interpretaciones para la situación de los flujos subterráneos, en base a las observaciones se postularon hipótesis que fueron corroboradas en el transcurso de la investigación, se tomó la información generada para el proyecto "Peligro Geológico por movimientos en Masa e Inundación Fluvial en la Ciudad del

Cusco”, Boletín C80 del Ingemmet, incluido el cartografiado litológico a escala 1/10000, para la representación de los colores de estas litopermeabilidades en el mapa y la leyenda se usó la guía de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos–AIH (Struckmeier y Margat, 1995) (Fig. 1).

Los trabajos de campo, para realizar el inventario de fuentes de aguas subterráneas se realizó en un solo periodo y que corresponde a la época de estiaje, concretamente los meses de setiembre y octubre de 2018.

El inventario de fuentes permitió encontrar las principales zonas de surgencia que tienen los acuíferos, conocer su ubicación, el control de surgencia (litológico o estructural), el comportamiento de sus caudales etc. Para medir su composición química se midieron parámetros físico-químicos *in situ* y se tomaron muestras para análisis químico. De las 34 fuentes inventariadas en la cuenca, se tomaron muestras en 32 de ellas: una para análisis de aniones, parámetros físicoquímicos, dureza y alcalinidad, y otra para análisis de cationes y metales pesados. Los puntos de muestreo y mediciones de parámetros físicoquímicos se muestran en el cuadro de inventario de fuentes

Los parámetros físicos de campo tomados *in situ* son pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (TDS).

En el cuadro 2 se muestran los resultados del balance iónico. De los resultados obtenemos que ninguna de las muestras de las fuentes de agua subterránea sobrepasa el +/- 10%, con estos resultados elaboramos los diagramas de Piper y Scatter para la visualización del tipo de agua que presentan estas fuentes, aparte de si tienen un corto, medio o largo recorrido subterráneo.

2.1. Clasificación hidrogeológica

En el mapa hidrogeológico de la ciudad del Cusco a escala 1/10 000 (mapa hidrogeológico), se han zonificado los afloramientos rocosos clasificados según su capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas. Evidentemente, las rocas que en superficie permiten la infiltración del agua, son las que formarán acuíferos en profundidad, en contraste con las rocas impermeables que son generalmente acuitardos.

2.2. Caracterización hidrogeológica

Los materiales geológicos han sido clasificados de acuerdo a sus parámetros hidrogeológicos de porosidad y permeabilidad y de acuerdo a su capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas en 4 grupos:

porosos no consolidados, fisurados sedimentarios, fisurados kársticos y volcánico-sedimentarios. A los acuitardos se les ha agrupado en: no consolidados, sedimentarios, volcánicos-sedimentarios e intrusivos.

De acuerdo a estadísticas en la parte alta de la subcuenca del río Huatanay el 37.01 % de su área total corresponde a acuitardos, los cuales se ubican predominantemente en la zona central de la ciudad del Cusco y el 62.39 % de las áreas corresponde a acuíferos (porosos no consolidados, fisurado kárstico, fisurado sedimentario y volcánico sedimentario), ubicados principalmente en la zona periférica de la ciudad y la distribución de las fuentes inventariadas es de más del 50 % que surgen en acuíferos.

2.3. Acuíferos

Estos materiales pueden ser porosos no consolidados (Fig. 2), fisurados sedimentarios (Fig. 2), fisurados kársticos (Fig. 2) y volcánico sedimentarios (Fig. 2).

Acuíferos poroso no consolidado

Acuífero poroso no consolidado fluvial

Son depósitos cuaternarios delgados y alargados que se encuentran ubicados a lo largo del recorrido del río Huatanay. Está constituido en su mayoría por gravas arenosas de moderada profundidad muy permeables transportados por la corriente del río Huatanay y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por su curso actual. Es considerado un acuífero potencial ya que se ha explotado mediante pozos durante varios años, en especial en el centro histórico de la ciudad del Cusco.

Acuífero poroso no consolidado residual

Estos depósitos se encuentran ubicados en la quebrada Pumamarca al norte de la ciudad del Cusco, son materiales derivados de la descomposición física y química de la roca in situ (proceso de meteorización intensa). No son suelos transportados, en parte conservan la estructura de la roca original. Son materiales de baja permeabilidad y están conformados principalmente por gravas, areniscas, calizas. Superficialmente afloran en extensiones muy reducidas por lo que se considera de poco interés, ocupa un área mínima de 0.95 km².

Acuífero poroso no consolidado glacial

Dentro de esta subunidad se ha considerado los depósitos de origen netamente glacial (morrenas), unidades con alta permeabilidad y moderada productividad, así como los materiales de origen glacial que fueron transportados y redepositados por escorrentía pluvial o por deshielo de los nevados. Estos depósitos están ubicados a 4,000 m s.n.m. aproximadamente sobre la meseta de Huacoto, al frente se observan las montañas Pachatusan. Ocupan un área de 7.4 km².

Al contener intervalos permeables, sirven para conducir agua, pero por su posición topográfica elevada, tiene moderado interés hidrogeológico.

Acuífero no consolidado aluvial

Son acuíferos continuos de moderada a alta permeabilidad, están compuestos por una mezcla de fragmentos rocosos heterométricos y heterogéneos (bolos, gravas, arenas, etc.), redondeados a subredondeados, transportados por la corriente de los ríos o quebradas. Corresponde a los depósitos aluviales y algunas terrazas activas e inactivas ubicadas en piso de valle evidencia de ello se tienen varios pozos que vienen siendo explotados desde la década de los 90s que están ubicados en todo el centro histórico de la ciudad del Cusco hasta la zona de Marcavalle (Gravas arenosas) y pozos exploratorios ubicados en las zonas de Ttio y La Florida que son gerenciados por la empresa SEDACUSCO.

Acuífero no consolidado proluvial

Fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos, bloques, etc.) con relleno limo arenoso-arcilloso depositado en el fondo del valle y conos deyectivos en la confluencia con el río. Material arrastrado y lavado por la lluvia. Ocupa un área de 0.95 km².

Acuífero no consolidado deluvial

Conformados por capas de suelo fino, generalmente compuesto por limos, arcillas y arenas con inclusiones de fragmentos rocosos; se depositan en laderas de los cerros con taludes moderadas; han sido formados por la escorrentía pluvial de corto recorrido, son continuos de moderada a alta permeabilidad, de alto interés hidrogeológico, pero de poca extensión en el área de estudio.

Acuífero no consolidado biogénico

Los localizamos en las altiplanicies, están conformados por arenas, limos y restos orgánicos que están alrededor de los oconales en la meseta de Huacoto, son pequeños y tienen un bajo interés hidrogeológico.

Acuífero fisurado sedimentario

Dentro del área de estudio este tipo de acuífero está conformado principalmente por areniscas que presentan fisuras y fracturas, también diversas fallas activas de gran extensión como la falla Tambomachay y la falla Cusco, la zona de estudio es considerada una zona tectónicamente activa. Tales discontinuidades proveen a esas rocas de permeabilidad secundaria.

Es notorio que en la mayoría de esas discontinuidades se observa desplazamiento, abertura y separación, lo cual favorece la infiltración del agua de lluvia, la circulación en profundidad y el almacenamiento como reservorio.

Acuífero fisurado sedimentario Kayra

Se ubica en gran parte de la ciudad del Cusco siendo uno de los acuíferos principales por su extensión y la gran potencia de sus estratos, ocupa un área de 95.27 km² dentro de la zona de estudio. Está constituido principalmente por areniscas feldespáticas fracturadas, intercaladas con niveles de lutitas de medios fluviales. Al techo conglomerados fluviales en la base bancos arenosos.

Las areniscas cuarzo-feldespáticas tienen una elevada permeabilidad, adquieren una porosidad secundaria a partir de las innumerables fracturas. Las diaclasas y la surgencia de aguas subterráneas están condicionadas por algunas fallas existentes como es el caso de la falla Tambomachay, en este acuífero se encuentra un tercio de las fuentes inventariadas además que la mayoría de galerías filtrantes han sido construidas en este acuífero porque su alimentación y recarga es por la infiltración directa del agua de las precipitaciones. Es de extensión regional y sus aguas son generalmente blandas y de buena calidad, aptas para el consumo humano.

Acuífero fisurado sedimentario Soncco-II

En el área de estudio se presenta en el borde suroeste de la ciudad del Cusco. Constituye un "acuífero de tipo libre", constituido por areniscas cuarzo-feldespáticas fluviales blancas y verdosas, al techo aparecen conglomerados fluviales en la base de bancos arenosos. Corresponde al miembro superior de la Formación Soncco del Eoceno. Es un afloramiento discontinuo donde ya se han construido galerías filtrantes que producen aguas subterráneas para las poblaciones aledañas, ocupa un área de 34.53 km².

Acuífero fisurado sedimentario Huancané

Aflora de manera discontinua en la parte alta de la zona este y sureste de la subcuenca del río Huatanay y reúne las mejores características como acuífero. Litológicamente está compuesto por conglomerados y microconglomerados de cuarcitas, areniscas cuarzosas con laminaciones oblicuas fluviales y eólicas. Sus rocas tienen buena permeabilidad primaria porque sus areniscas cuarzosas son redondeadas y tienen poca matriz lo que permite el flujo del agua subterránea y una porosidad secundaria al estar fracturada. La recarga de este acuífero se da exclusivamente por infiltración de aguas de lluvia y está limitada por la poca potencia de sus estratos. En la zona de estudio tiene un alto interés hidrogeológico, pero extensión restringida (ocupa un área de 0.2314 km²)

Acuífero fisurado kárstico

Acuífero fisurado kárstico Ayabacas (1.26 km²)

Son calizas del tipo mudstone a wackstone, son de ambiente de formación de plataforma interna muy poco profunda supratidal a intertidal y con mucha luz, lo que dio origen a la formación de buenas porosidades y fracturamiento, son calizas plásticas con tendencia a la formación de karst, en la zona de estudio su distribución es muy variada ya que se reparte en bloques pequeños a lo largo de unos 23 km² englobados en lutitas y yesos de la Formación Maras, su producción es estacional generalmente en época de lluvias.

Acuitardo sedimentario Puquin

Está constituido por materiales impermeables de escaso interés hidrogeológico, en zonas puntuales puede albergar acuíferos muy locales en horizontes arenosos. Presenta lutitas rojas y moradas, lacustres con carofitas, yesos de sabkha continental.

Acuitardo sedimentario Quilque

Es un acuitardo de extensión local, constituye el basamento de acuíferos fisurados y está compuesto por areniscas, lutitas y microconglomerados fluviales con clastos calcáreos de medios fluviales.

Acuitardo sedimentario Chilca

Jorge José Díaz Oblitas
Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil
Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú
jorge.diaz@unsaac.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-2342-8988>

Resumen

Este artículo presenta una primera aproximación a los efectos de la COVID19 en la arquitectura, entendida como territorio, ciudad y hecho arquitectónico. El objetivo del texto es reflexionar sobre el concepto de “sindemia”, que va más allá de la relación entre esta enfermedad y la arquitectura, sino que analiza ambas dentro del contexto político, económico, social y cultural actual. El artículo se centra en tres momentos: antes, durante y después de la pandemia; y en tres espacios: global, nacional y local. El método utilizado es cualitativo, integrando diversas formas de conocimiento vinculadas a la hermenéutica y la dialéctica, buscando un diseño no lineal, no determinista y no estático, sino un análisis de retroalimentación. Este ensayo no pretende proponer un marco teórico completo, sino recoger y organizar algunas ideas a partir de lo que hemos vivido como sociedad en el último año y medio, lo que se ha discutido en el mundo virtual por los especialistas y lo que ha percibido el autor. Más que tener respuestas en este momento de incertidumbre, tenemos preguntas a las que ojalá podamos encontrar respuestas y llegar a un conocimiento activo.

This article presents a first approach to the effects of COVID19 on architecture, understood as territory, city and architectural fact. The objective of the text is to reflect on the concept of “syndemic”, which goes beyond the relationship between this disease and architecture, but analyzes both within the current political, economic, social and cultural context. The article focuses on three moments: before, during and after the pandemic; and in three spaces: global, national and local. The method used is qualitative, integrating diverse forms of knowledge linked to hermeneutics and dialectics, seeking a non-linear, non-deterministic and non-static design, but rather a feedback analysis. This essay does not intend to propose a complete theoretical framework, but to collect and organize some ideas from what we have experienced as a society in the last year and a half, what has been discussed in the virtual world by specialists and what has been perceived by the author. More than having answers in this moment of uncertainty, we have questions to which hopefully we can find answers and reach an active knowledge.

Key words: Syndemic, COVID19, architecture, territory, city

Palabras clave: Sindemia, COVID19, arquitectura, territorio, ciudad

1. INTRODUCCIÓN

Los años 2020 y 2021 han transformado la existencia de la humanidad, sumiéndonos en crisis e incertidumbre, donde a los desafíos más graves, como la pobreza, el hambre y el cambio climático, se ha sumado la emergencia mundial de la salud. Se trata posiblemente de una de las peores crisis del mundo moderno, siendo ya nítidos los impactos devastadores, que no sólo han alejado los objetivos de desarrollo sostenible, sino han hecho retroceder décadas de progreso (Naciones Unidas, 2020).

Como señala el secretario general Adjunto de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, Liu Zhenmin, “La crisis ha afectado a todos los segmentos de la población, todos los sectores de la economía y todas las áreas del mundo. No es sorprendente que esté afectando más a las personas más pobres y vulnerables del mundo. Ha expuesto desigualdades duras y profundas en nuestras sociedades y está exacerbando aún más las disparidades existentes dentro y entre países” (Naciones Unidas, 2020, p. 3).

El presente artículo pretende abordar los efectos de esta pandemia en la arquitectura y el espacio habitado a partir del concepto de sindemia. La noción de ‘sindemia’ fue concebida por primera vez por Merrill Singer, una antropóloga médica estadounidense en la década de los 90s que revela la importancia de las interacciones biológicas y sociales para el pronóstico, el tratamiento y la política de salud” (Horton, 2020).

El COVID19 ha enfermado y matado más en las naciones pobres que en las ricas, y que a su vez en estas ha tenido un efecto devastador sobre los miembros de grupos demográficos minoritarios, como la población afrodescendiente, indígena, latina, personas sintecho o inmigrantes de bajos recursos.

Las maneras en que el hombre existía en el espacio cambiaron abruptamente, afectando el hábitat y la arquitectura. Nuevos paradigmas territoriales, urbanos y objetuales cobraron fuerza, tales como la ciudad de los quince minutos, la nueva movilidad, los nuevos usos de los espacios públicos, las nuevas tipologías e infraestructuras de salud, la regulación de usos, aforos, distanciamientos y señalética, entre otros.

Latinoamérica antes de la pandemia ya estaba sumergida en una profunda crisis, propia de un sistema económico globalizado de libre mercado, que nos tienen asignado el rol de proveedoras de materias primas sin valor agregado. Los poderosos intereses externos, como los factores internos, ejercen presiones sobre estados débiles, que dificultan el desarrollo sostenible y cualquier intento de planificación que a la larga tienen efecto en el manejo del territorio, el urbanismo y la arquitectura.

Algunos de estos efectos se pueden evidenciar en indicadores del hábitat latinoamericano como que una de cuatro personas residan en áreas de pobreza (Fariza, 2021), que de las 50 ciudades con mayor inseguridad en el mundo 41 se encuentran en Latinoamérica (BBC News Mundo, 2018), que el tratamiento de aguas sea menor al 15 % (Fluence, 2020) o que sólo el 50% de los residuos vayan a buen destino como rellenos sanitarios y que sólo el 4% sea reciclado (Ortega, 2018), entre otros.

Esta situación ha generado protestas y malestar en la población. En Brasil se demandan hospitales y no sólo estadios; en Chile hubo protestas por una educación de mejor calidad y gratuita además de tarifas justas en el transporte público; en el Perú la corrupción, los arreglos subalternos no éticos de la clase política y el colapso del sistema sanitario gatillaron protestas y represión contra miles de jóvenes en noviembre del 2020.

En el Perú la pandemia aumentó a 29.5% la pobreza en el 2020, lo que significa diez años de retroceso en la lucha contra la pobreza (Mesa & de Concertación para la Lucha contra la Pobreza (MCLCP), 2020). Además, el Perú encabeza las cifras récord a nivel mundial en exceso de muertes con aproximadamente 200,000 para octubre de 2021 (OpenCovid-Perú, 2021; Stabe et al., 2020).

Algunos investigadores, como Tiff-Annie Kenny, de la Universidad Laval, sostienen que entender el COVID19 desde el concepto de “sindemia” permitirá poner atención no sólo en la enfermedad sino también en el contexto social en el que viven las personas y que actúa como el espacio en el que aparecen las enfermedades. Es decir, que la solución de la crisis sanitaria demanda la interacción de acciones biológico- sanitarias, socioeconómicas, políticas y espaciales, entre otras (BBC News Mundo, 2020).

Tomando en consideración lo mencionado, el objetivo de este ensayo es realizar una primera aproximación a lo experimentado por la humanidad, lo discutido por los especialistas en foros virtuales y específicamente lo sentido aquí y ahora por nosotros durante la pandemia, a nivel del territorio, la ciudad y los hechos arquitectónicos con la finalidad de esbozar algunas reflexiones sobre este fenómeno.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente artículo, basado en el concepto de “sindemia” nos interpela sobre la relación que existe entre la pandemia del COVID19 y la Arquitectura.

Se ha adoptado una perspectiva interdisciplinaria y cualitativa, al considerar que la idea de método no necesariamente debe tener un enfoque exclusivamente positivista, neutral y objetivo y que es necesario recobrar la intersubjetividad y el consenso para acercarnos a la realidad.

Por tanto, es necesario “recobrar la subjetividad como espacio de construcción de la vida humana. La reivindicación de la vida cotidiana como escenario básico para comprender la realidad sociocultural. La reivindicación de la intersubjetividad y el consenso, como medios para acceder al conocimiento de la realidad humana” (Gurdian-Fernandez, 2007, p. 95). Así, el acto de hacer investigación cualitativa no se puede enfocar nunca más desde una perspectiva positivista, neutral u objetiva” (Gurdian-Fernandez, 2007, p. 35).

Esta investigación es además exploratoria en el sentido de que se trata de una versión inicial de una investigación mayor. Para ello se ha recogido información sobre lo experimentado por la humanidad en el último año, lo discutido virtualmente por los especialistas y lo percibido por nosotros desde la cotidianidad.

En cuanto a las técnicas de investigación utilizadas en este artículo, destacan la observación participante de vivencia cotidianas durante la pandemia, las entrevistas desestructuradas y el análisis de documentos, principalmente virtuales, recogidos a nivel global.

3. RESULTADOS

Los resultados de esta investigación pueden ser resumidos del siguiente modo:

3.1. A nivel global

- La pandemia ha anunciado que se avecinan tiempos, ya no de concentración en grandes urbes, sino de redes de ciudades medianas policéntricas conformadas por barrios multiuso. Iniciativas como la “ciudad de los quince minutos” serán replicadas en todo el mundo. El uso del vehículo, que emplea energías no renovables, será paulatinamente reemplazado por la bicicleta u otros medios menos contaminantes, mejorando la movilidad, la seguridad y el incremento de espacios públicos saludables e inclusivos.
- Dos ejes fundamentales de la arquitectura serán crear lugares para el desarrollo humano y la transformación ecológica (desarrollo sostenible).
- Es necesario que trabajemos en nuestras ciudades en tres ejes: a) la producción de energía limpias y renovables, b) el abastecimiento de alimentos basado en producciones locales, y c) el desarrollo de industria y tecnología.
- Los espacios públicos, responderán a respuestas nuevas, seguras, inclusivas, accesibles, acogedoras y estéticamente bellas.
- El incremento de las modalidades virtuales de comunicaciones y su intensificación debido a la emergencia sanitaria prevé la rápida adopción e incremento tanto del teletrabajo como de la tele escuela y/o una mayor hibridación entre lo virtual y lo presencial, repercutiendo en el cambio de las tipologías edilicias (adaptación, rehabilitación o creación).

3.2. A nivel nacional

- Se demandará prioritariamente institucionalizar la planificación en general, y la territorial en particular para permitir la toma de decisiones concertadas, técnica, política y socialmente fundamentadas. Esto con la finalidad de alcanzar el desarrollo en términos del índice del desarrollo humano planteado por Naciones Unidas. Esto implica procesos a largo plazo, así como voluntad política y ética. Para esto es necesario articular la gestión ambiental, la ocupación territorial y la zonificación ecológica y económica, reclamando entre otras medidas, fortalecer la

descentralización, alentar una regionalización transversal, consolidar los gobiernos regionales y locales, cambiar las relaciones ciudad-campo, fortalecer las redes de comunicación y reforzar los centros urbanos del interior.

- Nuestra cultura y por tanto la arquitectura están vivas, siempre cambian. Estos cambios que se intensificaron con la pandemia deberán responder a nuestro *ethos* (cultura, geografía y rasgos propios y constantes) sin dejar de apreciar las innovaciones propias de nuestro tiempo.

4. DISCUSIÓN

4.1. Respeto al territorio

En Perú, país en construcción, es evidente que el conocimiento y organización del territorio es casi nulo y que ningún gobierno lo ha priorizado. Evidencia de esto son un grave centralismo económico y político, desequilibrios en la ocupación territorial, términos desfavorables para el campo, mala delimitación de las regiones que debería tener como base el sistema de cuencas y corredores económicos naturales, una mala relación entre minería y agricultura, un sistema urbano nacional macro cefálico y no jerarquizado, desequilibrios en la dotación de servicios y equipamiento, falta de consistencia frente a desastres y una descoordinación de gobernanza entre los diferentes niveles de gobierno, entre otros.

La planificación instrumento esencial, ha sido postergado por intereses económicos y políticos bajo la creencia de que obstaculiza el libre mercado y las actividades extractivas. “Las políticas estatales en el Perú con relación al territorio y al ambiente, las que tienen un carácter cada vez más confuso a pesar de los esfuerzos por mejorar. La legislación en materia territorial y ambiental continúa orientada hacia la permisividad frente al deterioro en la ocupación del territorio. La normativa relacionada con la gestión territorial no tiene carácter vinculante excepto la ambiental, pero la capacidad de maniobra se reduce en desmedro del ente rector, el Ministerio de Ambiente” (Rendón Cusi et al., 2019, p. 620).

Los incipientes esfuerzos de planificación antes de la pandemia no sistematizaban ni articulaban gestión ambiental, ordenamiento territorial, y zonificación ecológica-económica generando sólo un crecimiento económico desordenado. Los gobiernos regionales tampoco la consideraban necesaria, mostrando solo desinterés. En consecuencia, cuando existen recursos, no se tiene una cartera de proyectos integrados y comprometidos con una visión de desarrollo integral. Esta situación se ha agravado con la emergencia sanitaria poniendo en evidencia la impostergable necesidad de la planificación.

Para alcanzar un desarrollo sostenido no es suficiente tener una ley de regionalización y asignar una gran cantidad de recursos provenientes del canon que son controlados por llaves centralistas. Es necesario también reconocer las limitaciones que existen al interior de las propias regiones a nivel de capacidades técnico-políticas, transparencia, integridad, ética y participación.

Datos del Ministerio de Economía y Finanzas del 2020 demuestran que Ancash, Tacna, Arequipa, Cusco y Cajamarca, las 5 regiones con mayores transferencias de canon minero a gobiernos regionales y locales, que bordeaba aproximadamente los 1,770 millones de soles, no se reflejan en la planeación, ejecución y control presupuestal y menos en el desarrollo.

Hoy 70 años después del desborde popular del campo a la ciudad emprendido en los años 50, los provincianos inician un éxodo de retorno a sus lugares de origen, El futuro es incierto, no se sabe si lo hacen temporal o definitivamente.

Frente a esta situación proponemos entre otras medidas de consolidación del proceso de descentralización y de un sistema urbano equilibrado, resiliente y sostenible, la presencia de “centros equilibradores” de la monopólica Lima, creando nuevas centralidades, dotados de todos los componentes económicos, sociales, culturales, educativos y de infraestructura, que retengan a los pobladores en sus lugares de origen.

Territorialmente se debería fomentar la economía sostenible, acercando la producción a las ciudades y diversificando y evitando que exista una dependencia acentuada hacia los sectores del turismo y la minería.

Es fundamental también vincular territorio y ciudad, fomentando el autoabastecimiento alimentario, comercial, energético e industrial, de modo que el hábitat en general sea resiliente.

4.2. Respeto a la ciudad

Las ciudades en Latinoamérica y específicamente en el Perú son el resultado de nuestro imaginario, económico social, político y ecológico. Las mismas han sido construidas ancestralmente en base a la desigualdad y no como “ciudades de vida”, donde se produzca riqueza material y espiritual.

En Perú, Lima y otras ciudades del interior se expanden ilimitadamente ocupando y destruyendo casi todas las cuencas que dan al Pacífico, así como valles interandinos y riberas de los ríos amazónicos, antes dedicadas a la productividad. Al interior de éstas, encontramos otras varias “ciudades”.

En la macro cefálica Lima antes de la pandemia cerca del 56,7% de la producción económicamente activa estaba ocupada en el sector informal (INEI, 2019, p. 119), situación que empeoró con la pandemia. La población con empleo adecuado en el primer trimestre del 2021 disminuyó en un 34.2% (INEI, 2021).

Los informales se trasladan diariamente a los espacios públicos muy alejados donde realizan su trabajo, lugares caracterizados por la aglomeración, caos, desorden y contagio. Estos residen también en la “ciudad informal” (asentamientos humanos alejados del centro), evidencia física de las desigualdades profundamente arraigadas, donde prima la pobreza, inseguridad, precariedad. En estas zonas los servicios y equipamiento son insuficientes o inexistentes.

La ciudad es la “zona cero de la pandemia” con aproximadamente un 90% de los casos registrados a nivel mundial. Esto se agudiza en los países más pobres y en las zonas más vulnerables. La pandemia, en un primer momento ocasionó un serio deterioro de las relaciones sociales ya que la mayoría rechazaba toda interacción física o la restringía a grupos cerrados, limitando ésta a lo virtual.

La pandemia ha acelerado el paso de una sociedad de lugares a una de espacios virtuales. Sin duda, las redes y su relación con la nueva tendencia del teletrabajo y la educación son una realidad y continuarán en el futuro en todo el mundo.

La virtualidad tiene aspectos positivos, cómo superar tiempos y distancias, tener alcance universal, ser un poderoso instrumento de información, conocimiento, aprendizaje, permitir opinar libremente, estar al alcance de las personas vulnerables, facilitar la gestión y organización, trabajar y educarse en equipos colaborativos, ejercer la profesión sin barreras ayudándonos “a salir sin salir”, reduce costos fijos en plantas físicas, mantenimiento, servicios públicos, mobiliario, equipamiento, etc.

El trabajo virtual ejecutado desde lugares lejanos o suburbios ocasionó en muchas ciudades de Latinoamérica el decaimiento de los “centros empresariales” o su “reconversión económica”, vislumbrándose que éstos puedan transformarse en zonas residenciales exclusivas. Es posible que una vez concluida la emergencia los sectores que gozan de este beneficio en Latinoamérica, continúen trabajando virtualmente.

Sin embargo, no debemos olvidar que el mundo virtual también ocasiona graves problemas: información negativa, exposición infantil, invasión de la privacidad, violencia, confusión entre información y conocimiento, captación de información para generar consumo, etc. El entorno virtual, cada vez más complejo y sofisticado, instrumenta cookies, algoritmos, sistemas de control

facial o la geolocalización motorizada de los individuos que permiten captar paquetes de datos a gran escala, almacenando información sobre nuestros gustos, conductas e ideologías, mercancía muy preciada por las corporaciones privadas.

Estos datos, bien utilizados, en manos de organismos gubernamentales podrían ser muy valiosos para el desarrollo equitativo de la ciudad. Sin embargo, en manos de agentes privados puede conducir a ofrecer una ciudad que privilegia y localiza un diseño urbano cada vez más privatizado, exclusivo y orientado al individualismo y consumismo personalizado, dejando de lado o descartando a muchos colectivos sociales.

Lo digital o virtual automatiza y seduce, apoderándose del entorno real, técnico, estético, ético y filosófico. Psicológicamente, las relaciones humanas se crean a partir de lo cercano. Somos existiendo y existimos relacionándonos con nuestros semejantes y nuestro territorio. Si bien lo virtual acorta las distancias, también alarga las presencias.

A nivel global, la pandemia ha llevado a muchas ciudades a repensar su diseño, entendiendo que la población siga un modelo hiper local, que no demande desplazarse grandes distancias. En Europa y Estados Unidos, se ha planteado, las “ciudades de 15 minutos”. Tiempo que caminando o en bicicleta nos permitiría encontrar todo lo necesario para existir. Se trata de modelos de vida productivos y de consumo basados en la cercanía (Hernandez Millan, 2020). En Latinoamérica tendremos nuestra propia versión de la ciudad de 15 minutos, que tiene que ver con los barrios, comunas, colonias, sectores, entre otros.

De otro lado con la pandemia se apreció en muchas ciudades la re- funcionalización de los edificios. Así, por ejemplo, antiguas industrias fueron convertidas en refugios temporales o residencias o muchos hoteles en desuso se convirtieron en hospitales o centros de aislamiento.

En cuanto a las tipologías edilicias (públicas y privadas) algunas de ellas al ajustarse a los protocolos de salud, entraron en desuso temporal: Infraestructuras empresariales, culturales, educativas, deportivas, turísticas y religiosas. Un ejemplo claro son los edificios del centro empresarial de San Isidro en Lima que tendrán una adaptación y recuperación lenta. Algo más prometedor es lo que ocurre en el ámbito residencial, ya que, en el mes de diciembre del 2020, se observó un ligero crecimiento, según datos de Semana Económica.

La planificación de la ciudad debe buscar nuevos paradigmas, enfocados en el ser humano y la sostenibilidad. Ya no parecen ser necesarias grandes metrópolis ni la zonificación rigurosa o privilegiar el vehículo sobre el hombre. En Perú debemos centrarnos en hacer de nuestras ciudades centros inclusivos social y físicamente. Algunas prioridades serán: el control y administración del suelo urbano por parte del Estado, el pago de la plusvalía ocasionada por inversiones del Estado en ciertos sectores urbanos, mejores, canales de financiamiento de vivienda, entre otros. Es posible también experimentar e introducir cambios en todas las tipologías edilicias, especialmente en la residencial, laboral, educativa y sanitaria.

4.3. Respecto al transporte

A nivel urbano, el transporte, que ya era crítico antes de la pandemia, ha pasado a ser caótico e inmanejable. En Lima podemos ver a miles de personas de los conos norte y sur haciendo colas de hasta tres horas para movilizarse en transportes hacinados para trasladarse a sus centros de trabajo.

En las ciudades la distribución del espacio de las calles es poco equitativa, ya que el 70% del mismo está destinado a los vehículos motorizados. Es posible que después de la pandemia, esto pueda ir variando. Indicadores como el de la agencia de calificación crediticia S&P Global registran que, en el 2020, las ventas mundiales de vehículos experimentaron una caída del 20% en comparación con las cifras que se lograron en el 2019 (Noguerol, 2020).

El transporte masivo en metros, líneas de transporte público o trenes rápidos, que son indispensables en los grandes centros urbanos, deberán adaptarse a las nuevas condiciones, incrementando unidades, frecuencias más cortas, extracción mecánica y ventilación natural intensa y permanente de aire, límite de aforo, bioseguridad, empleo de materiales no contaminantes en superficies sometidas al tacto, entre otras.

Como vemos, se está transitando lentamente hacia un nuevo paradigma. Se están dando nuevas funciones en los lugares destinados sólo a los vehículos, promoviendo y fortaleciendo el traslado peatonal o en bicicletas, para lo cual se están incrementando las ciclovías, a lo que se suma la movilidad eléctrica u otras igualmente sostenibles.

Se ha comprobado que moverse a pie o en bicicleta es mucho más saludable y natural que ir sentado en un vehículo motorizado, tanto para el planeta como para nosotros. Esta es una muestra de que arquitectura de la ciudad y salud caminan juntas. En esta línea, son remarcables algunas medidas como la de destinar la avenida Arequipa de Lima los domingos al uso exclusivo de peatones y bicicletas, o que en el Plan recuperación del Centro Histórico de Lima (2019- 2029), contemple el transporte peatonal exclusivo, que ya incluye 40 cuadras desde mediados del 2021.

4.4. Respeto al espacio público

El espacio público es la red de espacios abiertos y cerrados utilizados permanente o regularmente por la población para el desarrollo integral de sus diferentes manifestaciones culturales (económicas, sociales, artísticas, entre otras).

En Perú cerca del 70% de la población económicamente activa trabaja en la informalidad y está concentrada mayoritariamente en los espacios públicos, que tradicional y estratégicamente son atractivos, generando puntos de aglomeración, caos, desorden y enfrentamiento con la autoridad. Estos ven el espacio público como lugar de oportunidades de trabajo y fuente de ingresos a diferencia de otros que los ven como lugares de peligro y que prefieren atrincherarse en sus casas.

Ante la imposibilidad del Estado de mantener confinada a la población en sus viviendas por más tiempo debido a la pandemia, sumada a la paralización de la economía y el avance de la vacunación, hoy la población en general vuelve a los espacios públicos, no siempre en condiciones seguras, siendo las consecuencias aun inciertas.

De otro lado el 2020, en diversos lugares del mundo se han dado iniciativas para proteger a las poblaciones más vulnerables que tenían como lugar de residencia a la calle. En Barcelona, por ejemplo, se ha dado la habilitación de espacios públicos para personas sin hogar o que viven en infraviviendas. En Bruselas se han dado medidas para impedir desahucios. En Perú, en Lima se dio el acondicionamiento de la “Casa de Todos” en la Plaza de Toros de Acho, convertido en un albergue temporal de la Municipalidad de Lima-Beneficencia, para dar cobijo, alimentación y servicios de salud a 122 personas en situación de calle. Hoy este, se ha trasladado a la urbanización Palomino, en el Cercado de Lima. convirtiéndose en una casa permanente.

James Delaney, presidente de Block by Block, una iniciativa benéfica fundada como una asociación entre el desarrollador de Minecraft Mojang y las Naciones Unidas, señala al respecto que “durante esta pandemia, los espacios públicos han desempeñado un papel vital en la salud y la sostenibilidad de las comunidades urbanas de todo el mundo” (Harrouk, 2021).

4.5. Respeto a la infraestructura de la salud

El sistema de salud ha sido el sector más afectado durante la pandemia. Los hospitales en el mundo y específicamente en el Perú han colapsado, surgiendo la necesidad de alternativas que den soluciones rápidas y urgentes.

En el mundo surgieron estructuras rápidas simples, flexibles y eficientes que se implantaron en cualquier sitio, permitiendo descongestionar a los hospitales y ambulatorios de atención primaria.

En otros casos se propusieron contenedores para ejecutar protocolos especiales, cobijos para realizar cuarentenas o refugios médicos de emergencia. Algunas de estas infraestructuras tuvieron una gran envergadura como el inmenso hospital construido en Wuhan, China en 10 días, con más de 34,000 m², 400 camas y un equipo de 1,400 médicos (Cervantes, 2020).

En otros casos edificios de tipologías diferentes, como hoteles o centros de convenciones fueron adaptados como sitios de atención alternativa. Un ejemplo fue el Palacio de Congresos de Madrid, que en siete días se convirtió en un hospital.

En el caso de Perú, la Villa Panamericana, construida en el 2019 para albergar a 10,000 deportistas durante los Juegos Panamericanos, se convirtió en el Centro de Atención y Aislamiento Temporal para pacientes con COVID 19 y que hoy ha ampliado su cobertura.

4.6. Respeto a la vivienda: el nuevo espacio del trabajo y la educación

Si bien en Latinoamérica antes de la pandemia se hablaba de la “oficina sin papel” y que los sectores populares, ya trabajaban dentro de la vivienda (relación estrecha entre vivienda y trabajo), con la llegada de la pandemia se agregó una nueva variable en donde “ya no trabajo en mi casa sino vivo en mi trabajo las 24 horas”. La masificación del trabajo y la educación virtual hicieron que las tipologías vinculadas a estas actividades entren en revisión, crisis y sean repensadas.

Sin embargo, el trabajo virtual no es una realidad disponible para todos. En países como el nuestro, aproximadamente, unos 1 500 000 trabajadores públicos fueron beneficiados con el trabajo virtual en el 2021. Estos han trasladado el trabajo al hogar sobreponiendo dos funciones diferentes en un mismo espacio.

El hogar sinónimo de descanso, recreación y convivencia familiar, al que se llegaba después de completada la jornada laboral, hoy ha pasado a ser el núcleo central de nuestra existencia. Incorporando nuevos usos como el laboral, estudio, gimnasio, culto, recreación, relax e incluso producción a través de bio huertos. En muchas ocasiones esto ha alterado las relaciones de convivencia, superponiendo atenciones, requiriendo mobiliario y equipamiento nuevo, y a veces creando una atmósfera negativa que confunde a nuestros cerebros con secuelas físicas y psicológicas. Debido a la pandemia, en las viviendas se está dando un proceso de limpieza, orden y eliminación de muchas cosas acumuladas y amontonamos durante décadas en nuestras casas.

Las situaciones más graves respecto a la vivienda, las atraviesan sin duda los hogares de las personas con menores recursos, confinados en minúsculas, precarias e inseguras viviendas. Normalmente, estas salen a ganarse el sustento diariamente, dejando a sus hijos generalmente solos, sin poder cumplir adecuadamente con la educación a distancia y con la responsabilidad de atender a sus hermanos menores, adultos mayores o a algún pariente discapacitado. Así, las personas que solo habitaban en una habitación tuvieron que asignar una esquina para trabajar, otra para comer y otra para descansar.

En la vivienda se hace patente la desigualdad. Así, aquellos con ingresos dignos y estables tienen una o varias viviendas dignas en donde pueden resistir las exigencias espaciales de la pandemia. En el caso de los pobres en cambio la marginalidad y segregación espacial se hacen evidentes, sus casas se han vuelto en una especie de prisión o lugar inseguro.

Los promotores privados de viviendas, antes y posiblemente después de la pandemia, identifican vivienda social con vivienda mínima (mayores ganancias). Es necesario retomar el contenido social de calidad y de integralidad de la vivienda, indagando desde la accesibilidad de ésta al trabajo y al centro, equipamiento, servicios. Es evidente que dignidad, salubridad, habitabilidad y diseño están íntimamente relacionados.

En cuanto a la relación vivienda y educación, en todo el mundo, la pandemia ha obligado a cambiar la educación presencial por la virtual. En Perú, el Ministerio de Educación (MINEDU) ha puesto en funcionamiento la estrategia “Aprendo en Casa” en los niveles iniciales, primaria, secundaria y educación básica especial. Una medida similar fue adoptada por la SUNEDU para la educación superior. La pandemia del COVID19 ha hecho evidente la brecha entre centros escolares que ya contaban con plataformas virtuales para facilitar el aprendizaje remoto, y aquellos que no. Estos centros con menos recursos no contaban siquiera con electricidad, internet o dispositivos electrónicos.

El INEI señala que, en Lima Metropolitana, el 62.9% de los hogares cuentan con una conexión a internet, en el resto de las áreas urbanas el acceso a internet alcanzó al 40,5% de los hogares, mientras que en el área rural esto baja a 5.9% de los hogares (INEI, 2020). Es necesario que el Estado, juntamente con los operadores, priorice y de una solución a esta situación.

En el mediano plazo, 2022 o 2023, que es cuando se espera que las condiciones epidemiológicas mejoren, es posible que el sistema educativo de paso a dinámicas emergentes o entornos híbridos que combinen lo virtual con lo presencial.

4.7. Respecto al abastecimiento (mercados, alimentos, ropa y otros)

Posiblemente se trate de una de las tipologías prioritarias para adecuar o recrear. Estos espacios presentan una gran variedad que va desde los antiguos mercados, bodegas o tiendas barriales, hasta los contemporáneos y multifacéticos centros comerciales o supermercados donde se encuentra “de todo”.

La pandemia causó la clausura temporal de grandes emporios productivos y comerciales en Lima durante gran parte del 2020 y 2021. Gamarra con más de 40 mil establecimientos que empleaban a más de 100 mil personas y que generó 1,000 millones de soles anuales al Estado en impuestos el 2019, ha vivido la peor crisis de sus 100 años de historia (USIL, 2020). Según Susana Saldaña, presidenta de la Coordinadora de Empresarios de Gamarra, existía un alto riesgo de que a fines del 2020 se perdería más del 50% de la masa empresarial y laboral de Gamarra debido al COVID19 (Gestión, 2020).

Es posible que programas que aumenten la conciencia social hacia el consumo de proximidad, así como la competencia agresiva del comercio por internet en auge en estos días, posiblemente repercutan sobre el languidecimiento temporal de los grandes centros comerciales o que una vez superada la emergencia estos se reinventaran creando nuevas estrategias y actividades complementarias, además de usar plataformas virtuales y almacenes en lugares estratégicos para las ventas.

Durante la pandemia, en el Perú, los mercados populares, en muchas ocasiones, han sido intervenidos y clausurados al considerarse como focos de contagio. En Cusco los mercados tradicionales están languideciendo.

El momento actual demanda con urgencia una nueva versión de la “bodega de la esquina”. La idea es que cada barrio o urbanización cuente con un pequeño centro de abastecimiento, que ofrezca también algunos servicios como cajeros, farmacias o bancos, entre otros.

4.8. Respecto a la cultura y el turismo

La actividad turística estuvo prácticamente congelada en todo el mundo el 2020, mostrando una caída aproximada del 50% y con tendencias a agravarse. En el 2021 en Perú, y en especial en Cusco, esta actividad está aún en una fase crítica. Sectores como el transporte aéreo, terrestre, los alojamientos, la artesanía, los restaurantes o los emprendedores de turismo rural comunitarios, es decir toda la oferta turística que daba trabajo a más de un millón de personas, está aún (semi) o paralizada.

La pandemia ha provocado una pérdida de 154,000 empleos en las regiones del sur del país a marzo del 2021 (IPE, 2021).

En los pocos lugares donde se mantienen algunos alojamientos abiertos, se ha tratado de reanimar la actividad volviendo la mirada al turismo interno, ofreciendo tarifas rebajadas e incorporando reajustes en sus plantas físicas. Por ejemplo, todos los espacios con frecuencias e intensidades altas de uso como recepciones, ascensores, comedores o baños han tenido que acomodarse para evitar el encuentro, integrar puntos de asepsia y desinfección, evitar contacto físico en puertas y ascensores incorporando sensores, baños auto limpiables, cambiando y trasladando usos masivos a lugares más abiertos, buscando circulaciones unidireccionales, empleando señalética, etc.

En hoteles y restaurantes de mayor categoría se están incorporando gradualmente tecnologías caras y sofisticadas que permiten a los ductos de aire acondicionado sumar desinfectantes “anti COVID19” basados en filtros, fotocatalisis, partículas de hidroperóxido que “sanar” el ambiente acondicionado o el empleo de rayos láser que también esteriliza el ambiente.

5. CONCLUSIONES

El tema del COVID19 está marcando la agenda de la humanidad, sumiéndose en un escenario incierto, pero que a la vez nos ofrece oportunidades de reinventarnos. La Organización Mundial de la Salud nos alerta que deberemos acostumbrarnos a convivir con este tipo de eventos que se presentan cada 100 años y que el futuro de ahora en adelante no ha de ser igual, ni tampoco diametralmente opuesto.

Como hemos visto en el desarrollo del artículo, con la emergencia sanitaria el fenómeno del hábitat hoy más que nunca está relacionado con otros factores vinculados a la salud, la cultura, la economía, entre otros, tal y como postula el concepto de sindemia.

Este impulso en el tiempo post pandemia no debe ser olvidado y debemos continuar investigando para el futuro. Debemos buscar respuestas en la investigación interdisciplinaria. Hay que descubrir una nueva relación entre el ser humano, la arquitectura, la salubridad y la naturaleza.

Si el territorio, la ciudad y la vivienda, en suma, la arquitectura, sigue reflejando desigualdades, ésta será insostenible. Es tiempo de inventar o reinventar todas las tipologías que convocan a grandes aglomeraciones como aeropuertos, terminales, mercados, hospitales, etc.

Debemos también tener presente lo que dice Christakis, investigador de la Universidad de Yale, quien señala que “Si miras lo que ha pasado en los últimos 2.000 años, cuando las pandemias terminan, hay una fiesta. Es probable que veamos algo similar en el siglo XXI” (Barría, 2021).

Hoy tenemos la oportunidad para reflexionar y analizar sobre la forma en que vivimos y nos relacionamos. De acuerdo con lo que hallemos debemos plantearnos cómo queremos reconstruir nuestro territorio, nuestras ciudades y nuestros hechos arquitectónicos, así como vislumbrar su mejora futura, lo cual a largo plazo puede significar un renacimiento humano.

Mientras escucho el angustiante ulular de las ambulancias, donde posiblemente el hálito de una vida se esté apagando, dejo abiertas las preguntas planteadas en este texto para este período de incertidumbre. Me pregunto también si, hasta que no se encuentre un remedio para el COVID19, una de las respuestas a mejorar será la arquitectura.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barría, C. (2021). Los nuevos locos años 20: «Después de la pandemia puede venir una época de desenfreno sexual y derroche económico». *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55595931>
- BBC News Mundo. (2018). Estas son las 50 ciudades más violentas del mundo (y 42 están en América Latina). *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-43318108>
- BBC News Mundo. (2020). Qué es una sindemia y por qué hay científicos que proponen llamar así a la crisis del coronavirus. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-54543375>
- Cervantes, V. (2020). *Prefabricados permitieron edificar el hospital de Wuhan*. Conexiones 365. <https://www.conexiones365.com/nota/expo-cihac/tecnologia/prefabricados-en-la-construccion>
- Fariza, R. M., Ignacio. (2021, marzo 4). *La pobreza extrema en Latinoamérica marca su máximo en 20 años por el coronavirus*. El País. <https://elpais.com/economia/2021-03-04/la-pobreza-extrema-en-latinoamerica-sera-la-mas-alta-en-20-anos-por-el-coronavirus.html>
- Fluence. (2020, junio 19). *Water and Sanitation in Latin America Today*. <https://www.fluencecorp.com/water-and-sanitation-in-latin-america/>
- Gestión. (2020, agosto 3). *Gamarra en riesgo de perder más del 50% de su masa empresarial y laboral a fines del 2020 | ECONOMIA*. Gestión; NOTICIAS GESTIÓN. <https://gestion.pe/economia/gamarra-en-riesgo-de-perder-mas-del-50-de-su-masa-empresarial-y-laboral-a-fines-del-2020-noticia/>
- Gurdian-Fernandez, A. (2007). *El Paradigma Cualitativo en la Investigación Socio-Educativa*. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana (CECC) y Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).
- Harrouk, C. (2021, febrero 28). *Los espacios públicos y los desafíos del Covid-19: Respuestas urbanas a pequeña escala de ONU-Hábitat en Vietnam, Bangladesh e India*. Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/957716/los-espacios-publicos-y-los-desafios-de-covid-19-respuestas-urbanas-a-pequena-escala-de-onu-habitat-en-vietnam-bangladesh-e-india>
- Hernandez Millan, B. (2020, agosto 25). La ciudad de 15 minutos. *Cosas de Arquitectos*. <https://www.cosasdearquitectos.com/2020/08/ciudad-de-15-minutos/>
- Horton, R. (2020). Offline: COVID-19 is not a pandemic. *The Lancet*, 396(10255), 874. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32000-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32000-6)
- INEI. (2019). *Perú: Evolución de los indicadores de empleo e ingresos por departamento, 2007-2017*. INEI. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1678/libro.pdf
- INEI. (2020). *El 40,1% de los hogares del país tuvo acceso a Internet en el primer trimestre del 2020*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/el-401-de-los-hogares-del-pais-tuvo-acceso-a-internet-en-el-primer-trimestre-del-2020-12272/>
- INEI. (2021). *Situación del Mercado Laboral en Lima Metropolitana* (N.º 3; p. 79). <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-mercado-laboral-dic2020-ene-feb2021.pdf>
- IPE. (2021). Turismo del sur perdió 154 000 empleos por COVID-1. *Instituto Peruano de Economía*. <https://www.ipe.org.pe/portal/turismo-del-sur-perdio-154-000-empleos-por-covid-19/>
- Mesa, & de Concertación para la Lucha contra la Pobreza (MCLCP). (2020). *Informe Nacional sobre el Impacto del COVID-19 en las dimensiones Económica, Social y en Salud en el Perú* (p. 88). <https://www.mesadeconcertacion.org.pe/storage/documentos/2020-08-17/informe-salud-mclcp-2020-7-de-julio.pdf>

Naciones Unidas. (2020). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020* (p. 64).

Noguerol. (2020, septiembre 20). *S&P prevé que las ventas anuales de automóviles caerán un 20% este año*. ABC Economía. https://www.abc.es/motor/economia/abci-preve-ventas-anuales-automoviles-caeran-20-por-ciento-este-202009210103_noticia.html

OpenCovid-Perú. (2021). *OpenCovid-Perú*. <http://opencovid-peru.com> Ortega, J. S. (2018, marzo 16). América Latina frente a la basura. *El País*. https://elpais.com/elpais/2018/03/15/planeta_futuro/1521126150_256751.html

Rendón Cusi, S. F., Sánchez Aguilera, D., Elorrieta Sanz, B., Universitat de Barcelona, Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional, & Universitat de Barcelona. (2019). *Ordenamiento y planificación territorial en Perú: Una aproximación crítica a los instrumentos de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE)*. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/146803>

Stabe, M., Kao, J. S., Blood, D., Klasa, A., Elliott, O., Harlow, M., Tilford, C., Burn-Murdoch, J., Wisniewska, A., Smith, A., & Madsen, W. (2020, julio 29). *Coronavirus tracker: The latest figures as countries fight the Covid-19 resurgence*. <https://www.ft.com/content/a2901ce8-5eb7-4633-b89c-cbdf5b386938>

USIL. (2020, agosto 14). *Emporio de Gamarra espera recuperar dinamismo comercial*. USIL - Universidad San Ignacio de Loyola. <https://www.usil.edu.pe/noticias/emporio-de-gamarra-espera-recuperar-dinamismo-comercial>

Dimensiones de la pluma volcánica de los volcanes Etna (Italia) y Popocatépetl (México) en el 2021

Volcanic plume dimensions of the Etna volcanoes (Italy) and Popocatepetl (Mexico) in 2021

Julio César Cuenca Sánchez¹

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, jccsa@pumas.ii.unam.mx

Jorge Henry Cuenca Sánchez²

Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco Perú, jorge.cuenca@unsaac.edu.pe

Resumen

El Etna y el Popocatépetl son volcanes activos con intensa actividad volcánica y sísmica en el año 2021. Se recopiló las dimensiones de la pluma volcánica utilizando la medición de herramienta de medición vista en la página web de <https://worldview.earthdata.nasa.gov>. Asimismo, se complementa con imágenes de ambos volcanes y también con videos de la página web del CENAPRED. Factores como la dirección y el largo de la pluma volcánica va a depender de la dirección del viento, de la desgasificación y explosividad. A mayor actividad volcánica mayor es el largo de la pluma volcánica. El Popocatépetl tiene una pluma volcánica con dimensiones más largas, es más explosivo y tiene una pluma volcánica más larga.

Palabras clave: Dimensiones de la pluma volcánica, volcanes Etna y Popocatépetl.

Abstract:

In the Etna and Popocatepetl are. Etna and Popocatepetl are active volcanoes with intense volcanic and seismic activity in the year 2021. The dimensions of the volcanic plume are collected using the measurement tool measurement seen on the website <https://worldview.earthdata.nasa.gov>. Likewise, it is complemented with images of both volcanoes and also with videos from the CENAPRED. Factors such as the direction and length of the volcanic plume will depend on the direction of the wind, degassing and explosiveness. The greater the volcanic activity, the greater the length of the volcanic plume. Popocatepetl has a volcanic plume with longer dimensions, it is more explosive and has a longer volcanic plume.

Keywords: Plume volcanic dimensions, Etna and Popocatepetl volcanoes.

1. INTRODUCCIÓN

El volcán Etna (conocido como Monte Etna) es un estratovolcán en la Isla de Sicilia, en la ciudad de Catania, Italia (figuras 1 y 2), tiene una altitud: 3,326 metros, el tipo de erupción es estromboliana y el tipo de lava: similar al basalto alcalino y al traquibasalto, básica poco explosivo. Recientemente la actividad volcánica del Etna ha sido estromboliana. Este año 2021 el Etna emitió lava el 24-mayo-2021, como es observado desde Catania y Paterno, ver la figura 3. El 14-junio-2021-21 continuó dicha actividad volcánica identificada por imagen termal, ver figura 4. Se observó una fuente de lava del Etna el 21, 22 y 23 de mayo del 2021, observadas desde Catania (ver Figura 5). Boselli et al. (2018) realizó mediciones de la pluma volcánica usando técnica de Lidar en el Etna en el 2013.

El Popocatépetl es un estratovolcán ubicado entre el Estado de México, Estado de Puebla y Estado de Morelos, México (figuras 1 y 2), tiene una elevación de 5,426 metros y está ubicado a 60 km al SE de la ciudad de México. El tipo de erupción ha sido pliniana, estromboliana, vulcaniana y el tipo de lava es andesítica. El 21 de diciembre de 1994 se produjo la primera emisión de ceniza en cerca de 70 años y Epinasa (2012) presenta la actividad volcánica desde el año 1995 al 2011. En la figura 6 la NASA en Volcano Discovery (2013) estimó la pluma volcánica de 150 km del Popocatépetl

en 7-marzo- 2013 y 7 km sobre el nivel mar (<https://earthobservatory.nasa.gov/images/80621/volcanic-plume-from-popocatepetl>) y medida con WORLDVIEW tiene un largo de 145 km con una línea en blanco y negro.

Debido a la fuerte actividad volcánica en el año 2021, recopilamos información de la pluma volcánica del Etna y Popocatépetl. Nuestro objetivo es comparar la longitud de la pluma volcánica de ambos volcanes Etna y Popocatépetl.

2. METODOLOGÍA

Se mide el largo de la pluma volcánica usando una medición gráfica con <https://worldview.earthdata.nasa.gov>. También utilizamos las imágenes de la actividad volcánica y los videos del Popocatépetl de la página web del CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres en México) <http://www.cenapred.gob.mx/>.



Fig. 1: Fase de actividad volcánica en el año 2021 y su vista satelital del Etna (insertada una escala gráfica 10.6 km) y Popocatépetl con su vista satelital (insertada una escala gráfica 12.6 km).

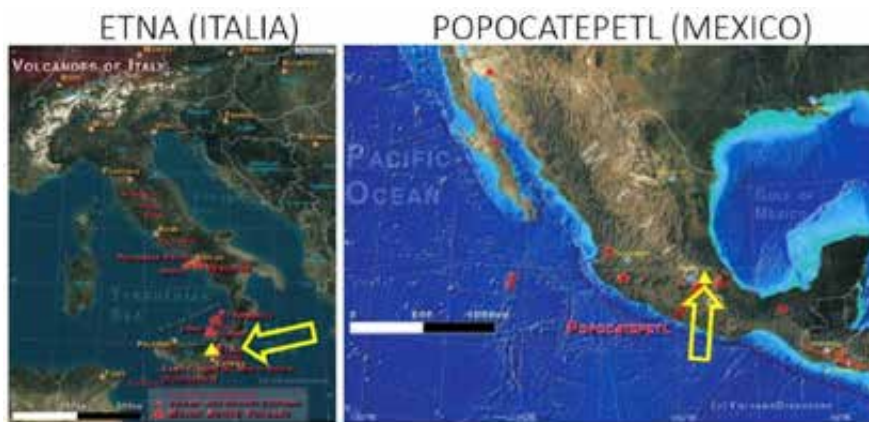


Fig. 2: Triángulo y flecha de color amarillo con la ubicación del Etna (izquierda) en isla Sicilia al sur de Italia y Popocatépetl (derecha) en la zona central de México.

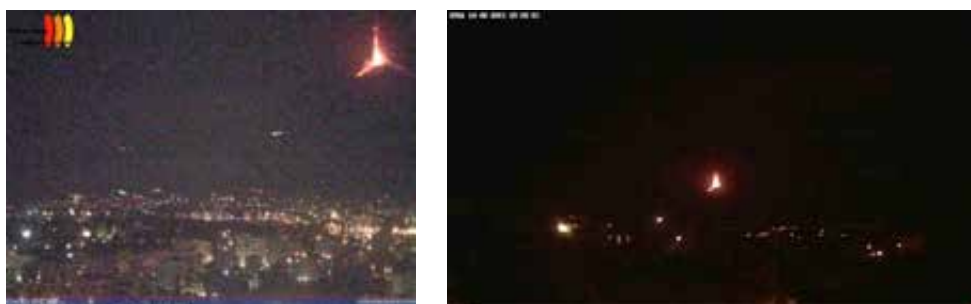


Fig. 3: (Izquierda) Webcam del Etna emitiendo lava del 24-mayo-2021 desde Catania a las 23:20:01. (Derecha) desde Paterno a las 23:23:51.



Fig. 4: (Izquierda) Imagen termal del Etna (INGV-OE) desde Catania, del 14-junio-2021-21:39:00. (Derecha) Imagen de dicha actividad estromboliana.



Fig.5: Emisión de lava del Etna. (Izquierda) del 21-mayo-2021-05:54 (@GIORGIOCOSTA). (Centro) Webcam desde Catania del 22-mayo-2021-23:25:01. (Derecha) Imagen del 22-23-mayo-2021 (@GIORGIOCOSTA).



Fig. 6: (Izquierda) Imagen de la NASA en Volcano Discovery (2013) de la pluma volcánica del Popocatépetl del 7-marzo2013, estimando 150 km de largo y 7 km sobre e nivel mar (ver escala gráfica). (Derecha) Largo de 145 km usando herramienta de WORLDVIEW.



Fig. 7: (Izquierda) El Etna y su pluma volcánica de 28.2 km de largo con fecha 16-junio-2021.

Fig. 8: (Derecha) Pluma volcánica de 29.6 km de largo del Etna con fecha 27-jun2021.

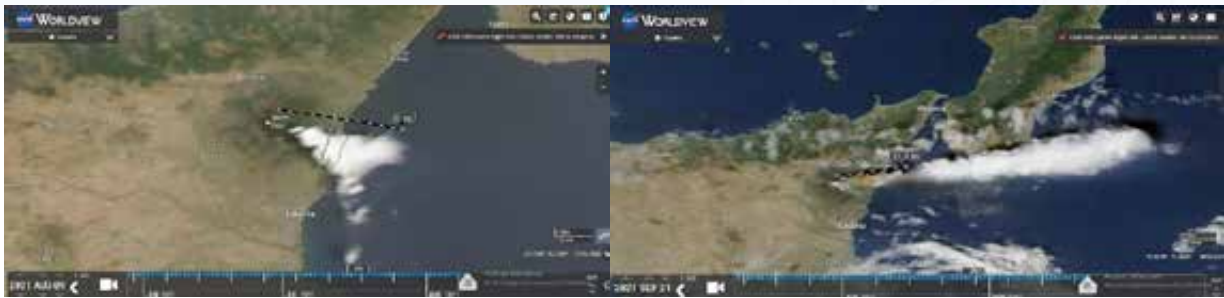


Fig. 9: (Izquierda) Pluma volcánica de 32 km de largo del Etna del 9-agosto-2021.

Fig. 10: (Derecha) El Etna y su pluma volcánica con un largo de 37.3 km con fecha del 21-septiembre-2021.



Fig. 11: (Izquierda) Popocatépetl y su pluma volcánica con un largo de 42.5 km con fecha del 1-enero- 2021.

Fig. 12: (Derecha) Pluma volcánica de 42 km de largo del Popocatépetl del 4-enero-2021.



Fig. 13: (Izquierda) Popocatépetl y su pluma volcánica con un largo de 14 km con fecha del 8-febrero-2021.

Fig. 14: (Derecha) Pluma volcánica de 18 km de largo del Popocatépetl del 19-abril-2021.

Pluma volcánica del volcán Etna

En las figuras 7, 8, 9 y 10 se aprecia los cuatro casos de pluma volcánica del Etna, donde se observa una línea en blanco y negro de una regla de medición gráfica en kilómetros por cada figura. El largo se mantiene casi uniforme de un mínimo de 28 km el 16-junio hasta un máximo de 37 km el 21-septiembre. En la figura 9 se aprecia una inicial y fuerte desgasificación en forma de nube blanca por un tiempo bastante largo, sin embargo, la fuerte actividad de gases y emisión de ceniza y material incandescente de lava es observado por el color café claro de la pluma volcánica

Pluma volcánica del volcán Popocatépetl

La actividad del Popocatépetl se muestra como un volcán más explosivo. Las figuras 11, 12, 13 y 14 muestran el largo de su pluma volcánica. Para el Popocatépetl la pluma muestra un rango

mínimo de 14 km hasta 42 km como la pluma más larga. La pluma volcánica para el Etna fue hasta 37 km y para el Popocatépetl un largo mayor de 42 km, teniendo una actividad volcánica de mayor duración.

3. CONCLUSIONES

La dirección y el largo de la pluma volcánica va a depender de la dirección del viento, de la etapa de desgasificación y de la intensidad volcánica o explosividad.

Para el Etna reportamos una pluma volcánica en cuatro fechas:

- La primera fue el 16-junio-2021 y la pluma volcánica fue de 28.2 km de largo, con dirección hacia el Sureste.
- La segunda fue el 27-junio-2021 con un largo de 29.6 km, con dirección hacia el Este.
- La tercera fue el 9-agosto-2021 con 32 km de largo, dirigida hacia al Sureste.
- La cuarta fue el 21-septiembre-2021 con 37.3 de largo, en dirección hacia el Este.

El Popocatépetl presentó una pluma volcánica en cuatro fechas:

- La primera el 1-enero-2021 con un largo de 42.5 km, con una dirección hacia el Noreste.
- La segunda ocurrió el 4-enero-2021 la cual tuvo un largo de 42 km, con dirección hacia el Sureste.
- La tercera fue el 8-febrero-2021 con largo de 14 km y una dirección hacia el Norte.
- La cuarta ocurrió el 19-abril-2021 cuyo largo fue de 18 km y con dirección hacia el Este.

Concluimos que a mayor actividad volcánica mayor es el largo de la pluma volcánica, siendo el Popocatépetl el más explosivo y tiene una pluma volcánica con dimensiones más largas.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antonella Boselli, Simona Scollo, Giuseppe Leto, Ricardo Zanmar Sanchez, Alessia Sannino, Xuan Wang, Mauro Coltelli and Nicola Spinelli (2018). First Volcanic Plume Measurements by an Elastic/Raman Lidar Close to the Etna Summit Craters. Earth Sci., 24 September. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00125>.

Página web de CENAPRED <http://www.cenapred.gob.mx>

Espinasa Pereña, Ramón (2012). Historia de la actividad del volcán Popocatépetl 17 años de erupciones. Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED. Dirección de Investigación, subdirección de riesgos geológicos. Primera edición 2012, versión electrónica 2014, 69 páginas.

Volcano Discovery (2013, March 9) Popocatépetl Volcano (Central Mexico) activity update. WORLDVIEW, página web <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

Efecto de sito no lineal en estación NZ20 usando el sismo del 7-septiembre-2017 M8.2 de Chiapas México

Non-linear site effect in station NZ20 using the earthquake of 7-September-2017 M8.2 of Chiapas Mexico

Julio César Cuenca Sánchez¹

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, jccsa@pumas.ii.unam.mx

Jorge Henry Cuenca Sánchez²

Universidad Nacional San Antonio Abad Cusco, jorge.cuenca@unsaac.edu.pe

Resumen

Analizamos el cociente espectral H/V y la amplitud espectral de la estación en aceleración NZ20 ubicada en Ciudad Nezahualcóyotl. Esta estación está en zona III según la microzonificación geotécnica y corresponde a un suelo blando con potentes estratos de arcilla. Realizamos el análisis del comportamiento no lineal del cociente espectral para NZ20 usando el terremoto del 7-septiembre-2017 M=8.2 el cual tuvo epicentro en la costa de Chiapas al sureste de México. Al realizar el análisis de H/V de 6 ventanas de 81 segundos de duración. Identificamos que la mayor amplificación sísmica está en la tercera ventana de 46.9 veces correspondiente a la coda de la onda S y no en la segunda ventana donde la onda S tiene la mayor amplitud, con esto se demuestra que hay un comportamiento no lineal del H/V en NZ20. Finalmente, la amplificación baja a 14.2 veces en similar al inicio con la onda P, concluyendo que el suelo en NZ20 se auto recupera rápidamente. En cuanto a la frecuencia varía de 0.24 Hz en la primera ventana y en la sexta ventana baja a 0.16 Hz, es decir el suelo pasa a ser más blando de 4.3 s a 6.2 s. Aplicando la Transformada de Fourier, a seis ventanas de 81 segundos, encontramos el promedio del espectro de amplitud donde predomina la componente Norte. En cada una de las seis ventanas hay un predominio de la componente Norte con excepción de la cuarta ventana donde predomina la componente Este. Por lo anterior, comprobamos que hay un comportamiento no lineal del efecto sitio en NZ20.

Palabras clave: Efecto de sitio no lineal, estación aceleración NZ20.

Abstract:

We analyze the H/V spectral ratio and the spectral amplitude of the accelerating station NZ20 located in Ciudad Nezahualcóyotl. This station is in zone III according to the geotechnical microzoning and corresponds to a soft soil with thick layers of clay. We performed the analysis of the non-linear behavior of the spectral quotient for NZ20 using the earthquake of September 7, 2017 M = 8.2 which had its epicenter on the coast of Chiapas in the southeast of Mexico. When performing the H/V analysis of 6 windows of 81 seconds duration. We identified that the highest seismic amplification is in the third window of 46.9 times corresponding to the coda of the S wave and not in the second window where the S wave has the greater amplitude, with this it is demonstrated that there is a non-linear behavior of the H/V in NZ20. Finally, the amplification drops to 14.2 times similar to the beginning with the P wave, concluding that the ground in NZ20 recovers quickly. Regarding the frequency, it varies from 0.24 Hz in the first window and in the sixth window it drops to 0.16 Hz, that is, the ground becomes softer from periods of 4.3 s to 6.2 s. Applying the Fourier transform to six windows of 81 seconds, we find that the average of the amplitude spectrum predominates the North component. In each of the six windows there is a predominance of the North component with the exception of the fourth window where the East component predominates. Therefore, we verify that there is a non-linear behavior of the site effect in NZ20.

Keywords: Nonlinear site effect, acceleration station NZ20.

1. INTRODUCCIÓN

El terremoto de Chiapas (figura 1) ocurrió la noche del 7-septiembre-2017 a las 23:49:17 hora local (8-sep- 2017, 04:49:17, hora en Tiempo Universal) y fue localizado a 140 km al suroeste de Pijijiapan en el Estado de Chiapas. El epicentro tuvo las coordenadas del epicentro en Latitud Norte 14.761 y Longitud Oeste - 94.103, profundidad de 45.9 km y magnitud de 8.2, según el Servicio Sismológico Nacional (SSN) del Instituto de Geofísica, UNAM.

La aceleración máxima registrada en NZ20 (Figura 1) en unidades de Gal (cm/s/s) de cada componente es: Norte-Sur= 41.1674, Vertical= 11.01101, Este-Oeste= 43.48511. Durante terremotos es reconocido un comportamiento no lineal (Beresnev, 1995) y de la relación esfuerzo-deformación en suelos blandos (Field et al., 1997). Nuestro objetivo es analizar espectralmente con su amplitud espectral y determinar el comportamiento del efecto de sitio no lineal del cociente espectral de NZ20 y de las variaciones en amplificación máxima y de su frecuencia predominante.



Fig. 1: Localización del sismo del 7-septiembre-2017 a 726 km la estación del CIRES NZ20 en el área conurbana a la Ciudad de México.

Fig. 2: Se muestran las estaciones del CIRES y NZ20 (rodeada de círculo amarillo) con la zonificación geotécnica de 3 zonas: suelo firme en color gris, en color amarillo la zona de transición y en rojo la zona de suelos blandos.

Instrumental y sensor sísmico

El Centro de Registro Sísmico (CIRES) es la institución responsable de la estación de aceleración cuyo nombre es Nezahualcóyotl con clave NZ20 (Figura 2) está localizada en Cd. Nezahualcóyotl,

Colonia Ampliación Vicente Villada, Av. Carmelo Pérez Esq. Con calle la Escondida, en el Estado de México. Sus coordenadas 19.4027 Latitud Norte y 99.0000 Longitud Oeste y una altitud de 2,232 m.s.n.m. y está asentada en suelo arcilloso, dentro de la zona de lago (en color rojo en la Fig. 2). El modelo del acelerógrafo es RADES con 3 canales N00E/+V/N90W, graba a 100 muestras/segundo. La escala completa de cada uno de los sensores es de 0.5g.

2. METODOLOGÍA

Usamos el programa libre de GEOPSY para analizar espectralmente la traza sísmica. Se utiliza la transformada de Fourier (FFT) para estudiar el contenido en frecuencia y la mayor propagación de energía del movimiento sísmico. Asimismo, se determina el efecto de sitio (Aki, 1993), mediante el cálculo del cociente espectral H/V (Nakamura, 1989) para obtener el la frecuencia predominante y su amplificación asociada.

Para este análisis elegimos seis ventanas cada una de 81 segundos de duración. La traza sísmica de las Figuras 3 y 6, desde la primera ventana 1v es la onda P, las 2v es la onda S, la 3v es la coda de onda S, 4v es la coda 1, 5v es la coda 2 y 6v es la coda 3. Cada ventana es la misma duración en tiempo por cada componente del movimiento sísmico.

2.1. Zonificación geotécnica

El artículo 170, Capítulo VIII, del Código de Edificación de la Ciudad de México. (GDFa, 2004), establece que, para fines regulatorios, la Ciudad de México y conurbada (Figura 2) está dividida en tres zonas con las siguientes características generales (Juárez-Camarena et al., 2016):

- Zona I. Colinas, formadas por rocas o suelos duros que generalmente se depositaron fuera del área del lago. En esta zona son habituales las cavidades en las rocas, las cavernas de las minas de arena y los túneles, así como los vertederos incontrolados.
- Zona II. Transición, donde se encuentran depósitos firmes y profundos a una profundidad de 20 m o menos, y que consisten predominantemente en capas de arena y limo intercaladas con capas de arcilla lacustre. El espesor de las capas de arcilla es variable entre algunas decenas de centímetros y metros.
- Zona III. Lago, compuesto por potentes depósitos de estratos arcillosos altamente compresibles separados por capas de arena con contenido variable de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de firmes a duras y su espesor varía desde unos pocos centímetros hasta varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales, materiales secos y materiales de relleno artificial, el espesor de este paquete puede superar los 50 m.

2.2. Análisis del cociente espectral y de la amplitud espectral

La figura 3 muestra la traza sísmica del terremoto del 7-septiembre-2017 M8.2, del registro en aceleración en la estación NZ20 y cada ventana tiene diferente color y una misma duración de 81 segundos de tiempo. El cociente espectral de NZ20 es graficado en la Figura 4 (en línea de color azul), las líneas entrecortadas son la desviación estándar. Obtenemos un H/V= 0.8 Hz como la frecuencia predominante y una asociada amplificación máxima de 15.7 veces, la cual es bastante alta. Para NZ20 el periodo (T) es de 5.55 segundos el cual constituye un valor para la zona blanda dentro de la zonificación geotécnica, al oriente del área conurbada de la Ciudad de México, donde hay potentes capas de arcilla.

Analizando individualmente cada una de las seis ventanas (ver figura 5) encontramos que en la tercera ventana (3v) donde la amplificación máxima alcanza un valor alto de 46.9 veces. Recordar que la mayor amplitud de la traza sísmica está en la segunda ventana (2v) para la onda S. Además, dicha amplificación de la primera ventana (1v onda P) y de la última ventana (6v coda 3) son similares con valores de 14.2 veces y 13.5 veces respectivamente, es decir hay una autorrecuperación del suelo.

En la figura 5 las líneas rojas muestran la tendencia de cambio de la amplificación máxima observada en NZ20. La Figura 6 muestra la variación de cada una de las seis ventanas con la amplificación máxima, lo cual demuestra un comportamiento del efecto de sito no lineal. En la figura 7 comparamos la frecuencia predominante versus la ventana, donde la frecuencia baja de la primera ventana 0.24 Hz a la última ventana

0.16 Hz. La disminución en la frecuencia significa un aumento en el periodo y por lo tanto el suelo se comporta más blando. Cabe recordar que el comportamiento sísmico no lineal de suelos tiene su mayor efecto en suelos blandos como es en este caso la estación NZ20 localizada sobre la zona III o zona del antiguo lago de la Ciudad de México.

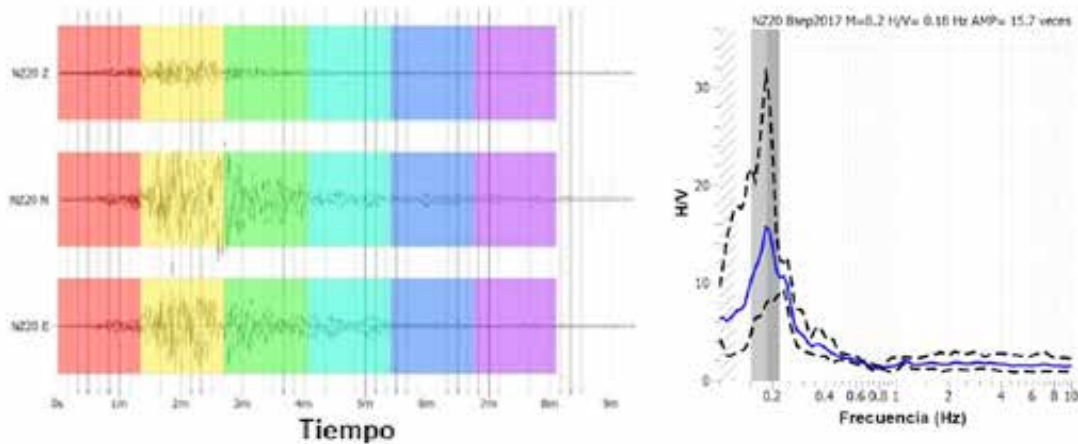


Fig. 3: (Izquierda) Acelerograma en NZ20 del terremoto del 7-septiembre-2017 M8.2, cuyas aceleraciones máximas (A_{max}): en sus componentes: Vertical (Z)=11.01101, Norte-Sur= 41.1674, Este-Oeste=43.48511, respectivamente en unidades Gal ($cm/s/s = cm/seg^2$).

Fig. 4: (Derecha) La línea azul es el Cociente Espectral H/V = 0.18 Hz y las líneas entrecortadas la desviación estándar, con una amplificación máxima de 15.7 veces (leído en el eje vertical). El periodo (T)= $1 / 0.18 \text{ Hz} = 5.55 \text{ s}$ corresponde a suelo blando.

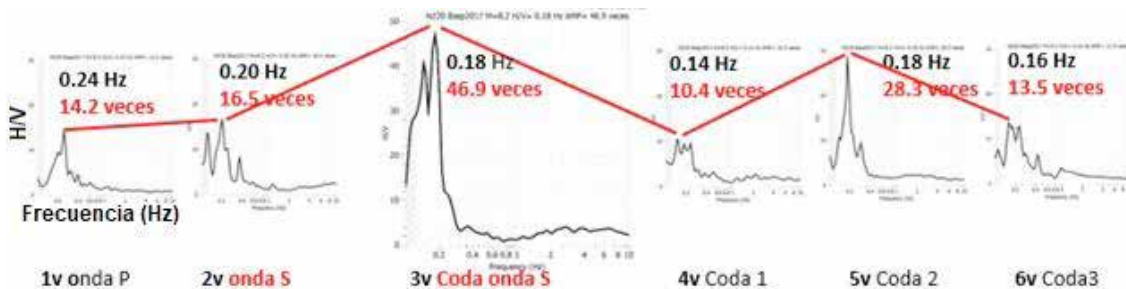


Fig. 5: Cociente espectral (H/V) versus frecuencia de 6 ventanas cada una de 81 segundos de duración. Corresponden a la onda P, onda S, coda de onda S, coda 1, coda 2 y coda3 (ver Figuras 3 y 8). Las líneas rojas muestran los cambios de la amplificación máxima.

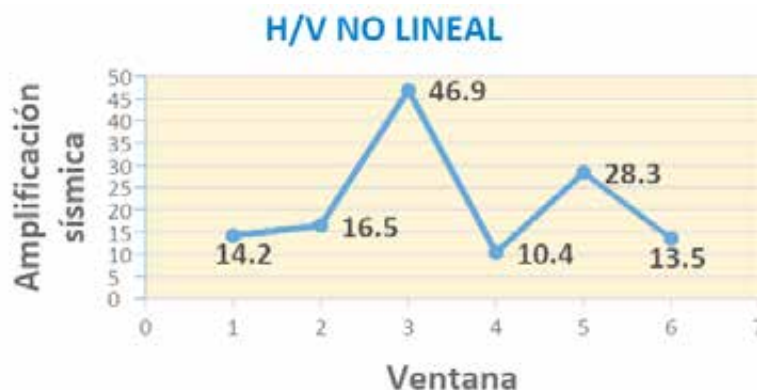


Fig. 6: Variación de la amplificación sísmica máxima en las 6 ventanas. En la tercera ventana (coda de la onda S) aumenta la amplificación y en la sexta ventana se restituye aproximadamente al valor inicial de la primera ventana.

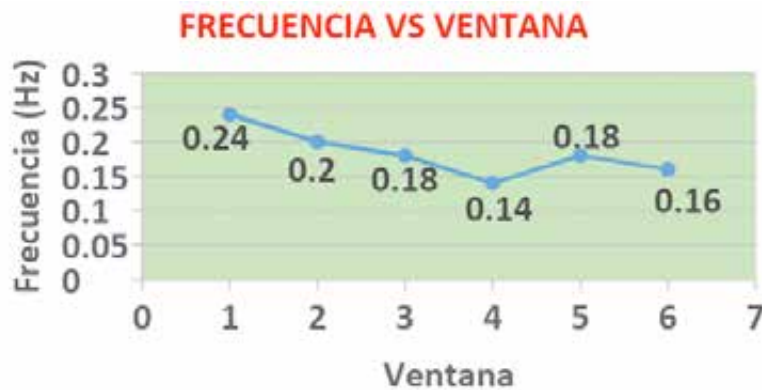


Fig. 7: Variación de la frecuencia (Hz) predominante en las 6 ventanas. Se observa una disminución de la frecuencia.

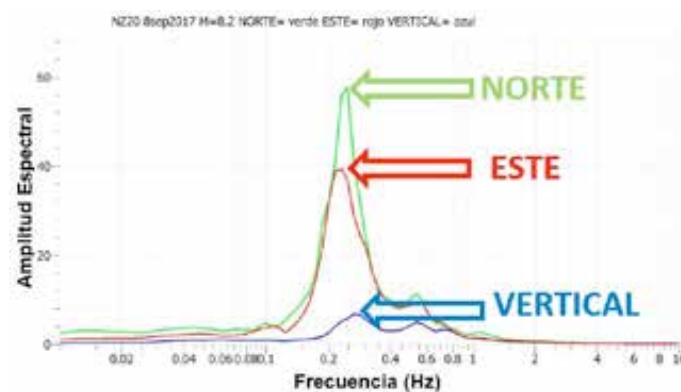
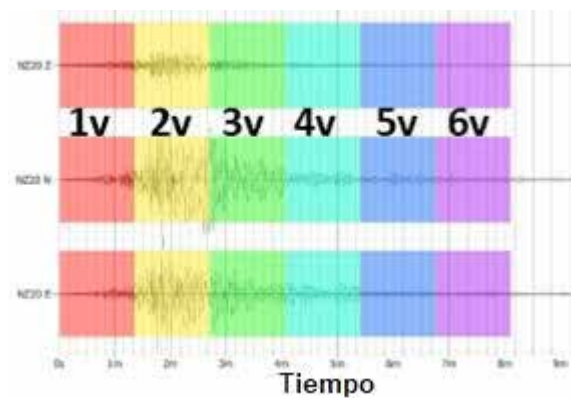


Fig. 8: (Izquierda) Ventanas (6) elegidas cada una de 81 segundos de duración.
 Fig. 9: (Derecha) Espectro de amplitud (frecuencia versus amplitud espectral) usando la Transformada de Fourier de las 6 ventanas. La componente Norte (en color verde) tiene la mayor amplitud, dirección donde hay la mayor propagación de energía de las ondas.

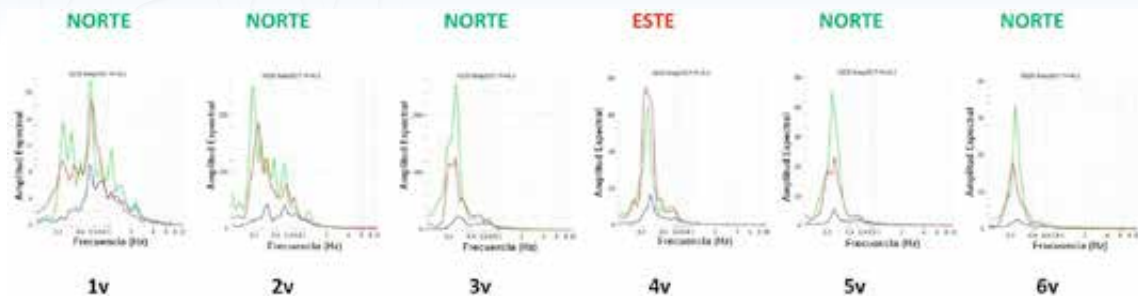


Fig. 10: Espectros de amplitud para las 6 ventanas en la figura 8 (1v, 2v, 3v, 4v, 5v, 6v). Hay un predominio de la dirección Norte (en color verde) con excepción de la cuarta ventana (4v) donde predomina la componente Este (en color rojo).

Para las 6 ventanas de 81 segundos de duración (figura 8) mostramos el espectro de amplitud promedio para NZ20 en la figura 9, donde la componente Norte tiene la amplitud más grande seguida por la componente Este y la componente Vertical en menor amplitud. Esto es una prueba de que hay un efecto de sito al tener las componentes horizontales más grandes en amplitud respecto a la Vertical. Interpretamos que hay una mayor propagación de las ondas sísmicas con mayor energía en la dirección hacia el Norte.

Analizando ventana por ventana en la figura 10, desde 1v hasta 6v, observamos que el espectro de amplitud predomina en la componente Norte. Sin embargo, en la cuarta ventana (4v) predomina la dirección Este, es decir aquí también hay un comportamiento no lineal. Los valores de amplitud varían desde la 1v con valores bajos a la llegada de la onda P, alcanza un valor alto con la llegada de la onda S en las ventanas 2v y 3v y en las últimas ventanas vuelve a valores bajos correspondiente a la coda del sismo.

3. CONCLUSIONES

Se analiza el cociente espectral H/V de la estación de aceleración NZ20 en Ciudad Nezahualcóyotl, localizada sobre suelo blando o zona III de la microzonificación geotécnica. Identificamos que hay un aumento de la amplificación en la tercera ventana (v3) con 46.9 veces, correspondiente a la coda de la onda S. La mayor amplitud de la traza sísmica está con el arribo de la onda S en la segunda ventana (2v). En la coda 3 (6v) la amplificación espectral es de 13.5 veces comparado con 14.2 veces de la onda P (1v), es decir el medio se auto recupera en valores similares iniciales.

La frecuencia predominante tiene una variación desde 0.24 Hz en la primera ventana y en la sexta ventana disminuye a 0.16 Hz, es decir hay un corrimiento hacia más baja frecuencia (0.16 Hz) e incluso en la cuarta ventana alcanza el valor de 0.14 Hz. Esta variación de alta a baja frecuencia de 0.24 Hz (periodo de 4.2 s) y el suelo pasa de ser algo blando de 0.16 Hz (periodo= 6.2 s). Con esto demostramos el comportamiento no lineal de NZ20.

El resultado de la amplitud espectral de 6 ventanas muestra que el espectro de amplitud predomina en la componente Norte. Hay una excepción en la ventana 4v la cual predomina en la dirección Este. En cuanto a los valores de amplitud son bajos en la 1v (onda P) y en las últimas ventanas de la coda. Los valores altos aparecen en las ventanas 2v y 3v con el arribo de la onda S. Con lo anterior se demuestra que hay un comportamiento no lineal.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aki K (1993). Local site effects on weak and strong ground. *Tectonophysics*, Vol. 218, pp. 93-111.
- Beresnev, I. A., K.-L. Wen, and Y. T. Yeh (1995). Seismological evidence for nonlinear elastic ground behavior during large earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 14 103 – 114. 41.

Field, E. H., P. A. Johnson, I. A. Beresnev, and Y. Zeng (1997). Nonlinear ground-motion amplification by sediments during the 1994 Northridge earthquake. *Nature* 390 599–602. 10, 41.

GEOPSY, software libre disponible en www.geopsy.org

Gobierno del Distrito Federal (GDFa). Reglamento de construcciones para el Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 29 de enero, México, 2004.

Juárez-Camarena, Moisés, Gabriel Auvinet-Guichard y Edgar Méndez-Sánchez (2016). Geotechnical Zoning of Mexico Valley Subsoil Zonificación geotécnica del subsuelo del Valle de México. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XVII (número 3), julio-septiembre 2016: 297-308 ISSN 1405-7743 FI-UNAM. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432016000300297)

[77432016000300297](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432016000300297)

Nakamura Y (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research*, 30(1), 25-33.

Reconocimiento

Se agradece al Centro de Registro Sísmico (CIRES) por haber proporcionado los datos de sus estaciones en aceleración de la Ciudad de México y área conurbada.

Función tiempo fuente de seis sismos del 2021 alrededor de la placa de Nazca

Source time function of six earthquakes in 2021 around the Nazca plate

Julio César Cuenca Sánchez¹

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, jccsa@pumas.ii.unam.mx

Resumen

En el año 2021 han ocurrido seis eventos los cuales disponemos la Función Tiempo Fuente (FTF), publicada bajo el método de SCARDEC y aquella por el NEIC. Se recopila seis sismos de Argentina, Perú, Sullana, Trujillo, Chile, Puerto Aldea, Panamá y Pacífico. La FTF describe la razón de momento liberada y la forma en que se produce la ruptura en la fuente. La metodología se realiza haciendo una deconvolución que resulta en una Función de Tiempo Relativa que es corregida por la trayectoria, del sitio y de los efectos instrumentales. Encontramos que los mecanismos focales de Panamá y Pacífico son de falla de deslizamiento de Rumbo, son los más más superficiales, tienen un FTF mayor y un momento sísmico mayor, que los eventos de mecanismo focal inverso.

Palabras clave: Función Tiempo Fuente (FTF), placa de Nazca.

Abstract:

In the year 2021, six events have occurred, which we have the Time Source Function (FTF), published under the SCARDEC method and that by the NEIC. It is collected six earthquakes from Argentina, Peru Sullana, Peru Trujillo, Chile Puerto Aldea, Panama and the Pacific. The FTF describes the rate of moment released and how the break in the source occurs. The methodology is carried out by doing a deconvolution that results in a Relative Time Function that is corrected for the trajectory, the site and the instrumental effects. We found that the focal mechanisms of Panama and the Pacific are strike slip fault, are the most superficial, have a higher FTF and a higher seismic moment, than the reverse focal mechanism events.

Keywords: Function Time Source (FTS), Nazca plate.

1. INTRODUCCIÓN

La Función Tiempo Fuente FTF (Source Time Function, siglas en inglés STF) de un evento sísmico describe la liberación de la razón de momento y la evolución de la ruptura en la fuente. Si se observan efectos de directividad, se podrían estimar la velocidad de ruptura y la dirección de ruptura. La extracción de STF de los sismogramas requiere la separación de los efectos de la fuente de los de la trayectoria, el sitio y la respuesta del instrumento de registro.

Una técnica de deconvolución basada en la Función Empírica de Green (siglas en inglés, EGF) se hizo popular en los estudios de terremotos hace mucho tiempo. Para dos eventos sísmicos de diferente intensidad, ubicados cerca uno del otro y con mecanismos focales similares, el registro del evento más pequeño puede considerarse como EGF (Hartzell, 1978).

Puede deconvolucionarse del registro del evento más grande para obtener una función de tiempo de origen relativo (RSTF) en una estación determinada para el evento más grande (Mueller, 1985). Tal deconvolución debería resultar en un RSTF que es corregida por la trayectoria, sitio y los efectos instrumentales.

El objetivo de este trabajo es identificar las funciones tiempo fuente de 6 eventos alrededor de la placa de Nazca, con diferente mecanismo focal, magnitud de momento mostrados en la figura 1.

2. METODOLOGÍA

El método SCARDEC para el análisis de la fuente del terremoto, utiliza ondas corporales telesísmicas, de sismos con magnitudes superiores a 5.5 - 6, para recuperar:

- la profundidad,
- el mecanismo focal,
- la magnitud del momento y
- la función de tiempo de origen de los terremotos

Los detalles de la metodología se describen en Vallée et al. (2011). Una aplicación a todos los terremotos de magnitud superior a 6 en el período 1992-2011 podemos encontrar en Vallée (2013).

El método SCARDEC recupera las Funciones de Tiempo Fuente Relativas (siglas en inglés RSTF) para cada estación y tipo de onda. La función tiempo fuente rellena de gris es una de las RSTF, deducida de la deconvolución de la onda P. Elegida en base a su calidad y similitud a la promediada RSTF (mostrados por la curva roja), ver figura 2.



Fig. 1: Epicentros de 6 sismos alrededor de la Placa de Nazca (NEIC) y sus mecanismos focales (CMT). Valor alto de magnitud de momento Mw 6.8 y 6.6 para Panamá y Pacífico.

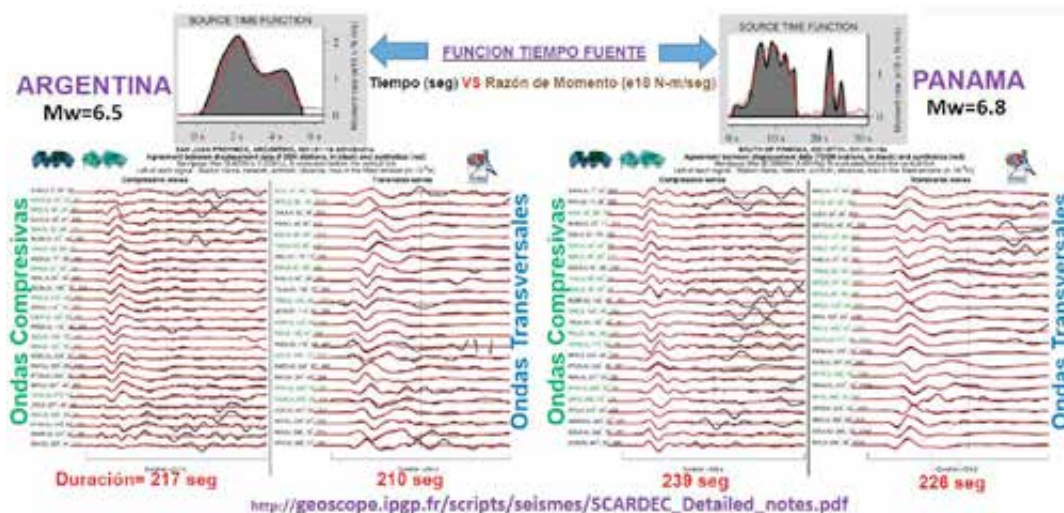


Fig. 2: Función Tiempo Fuente (Source Time Function) del evento de Argentina M6.5 y Panamá M6.8. La RSTF es aquella rellena de color gris. La promediada RSTF se muestra en línea roja. Las trazas en color negro los datos de desplazamiento y las trazas en color rojo son las curvas sintéticas. Se muestra el ajuste para ondas compresivas y para ondas transversales de estaciones mundiales.

Pequeñas diferencias entre el RSTF seleccionado y el promediada de los RSTF implican que los RSTF se han determinado de forma fiable, y que el RSTF seleccionado está cerca de la función de tiempo de fuente absoluta. Grandes diferencias pueden deberse a gran complejidad de la fuente espacio-temporal. Los efectos de directividad para las ondas P telesísmicas son moderados. Las grandes diferencias están relacionadas con dificultades para evaluar (http://geoscope.ipgp.fr/scripts/seismes/SCARDEC_Detailed_notes.pdf):

- gran extensión de profundidad de la fuente,
- cambios en el mecanismo focal durante la ruptura (sismos de deslizamiento),
- mala relación señal-ruido.

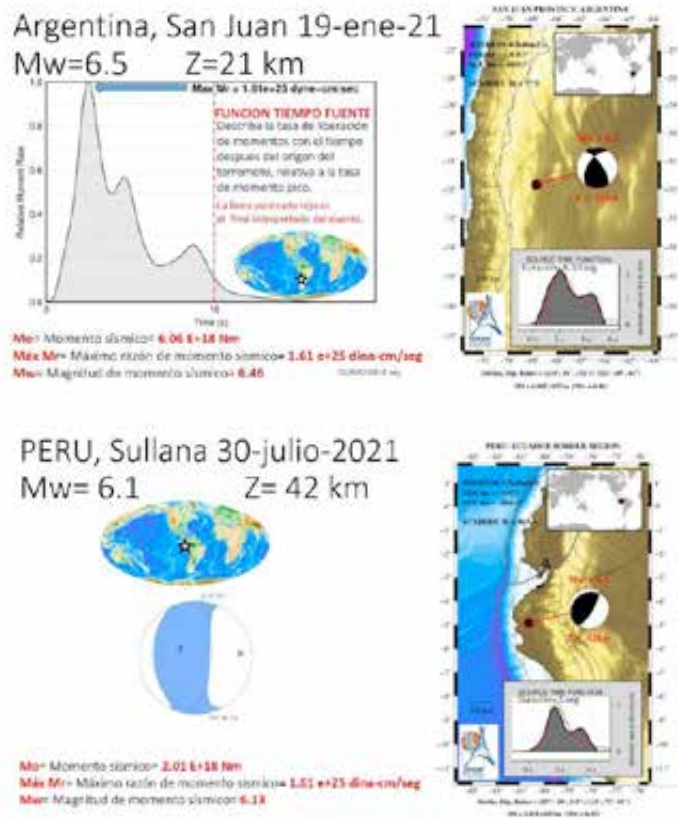
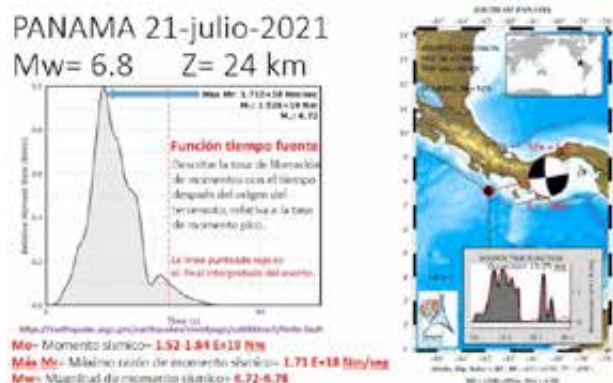


Fig. 3: (izquierda) Función Tiempo Fuente para evento en Argentina del 19-enero-2021 Mw6.5, profundidad 21 km. En el lado izquierdo la tasa de momento relativo (normalizado a 1) versus la duración en tiempo (segundos) publicada por el NEIC.

Fig. 4: (Derecha) Función Tiempo Fuente para evento en Perú Sullana (Su.) del 30-julio-2021 Mw6.1, profundidad 42 km. En el lado izquierdo el mecanismo focal publicado por el CMT.



PERU, Trujillo 29-julio-2021
 Mw= 5.8 Z= 27 km

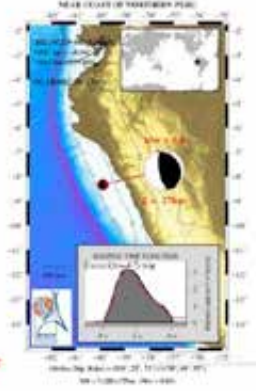


Fig. 5: (izquierda) Función Tiempo Fuente para evento en Panamá 21-julio-2021 Mw6.8, profundidad 24 km. En el lado izquierdo la tasa de momento relativo (normalizado a 1) versus la duración en tiempo (segundos) publicada por el NEIC.

Fig. 6: (derecha) Función Tiempo Fuente para evento en Perú Trujillo (Tr.) del 29-julio-2021 Mw5.8, profundidad 27 km. En el lado izquierdo el mecanismo focal publicado por el CMT.

CHILE, Pto Aldea 2-mayo-2021
 Mw= 5.8 Z= 38 km

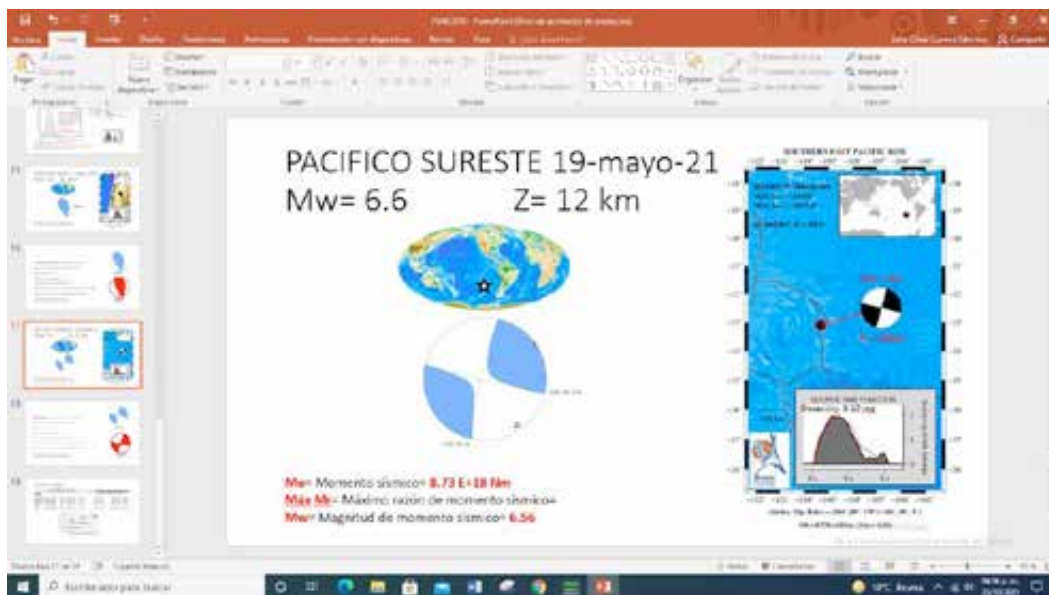
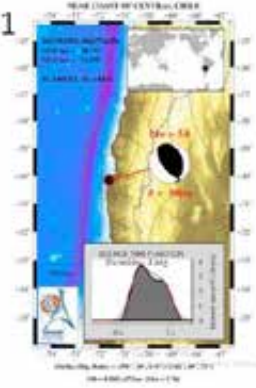
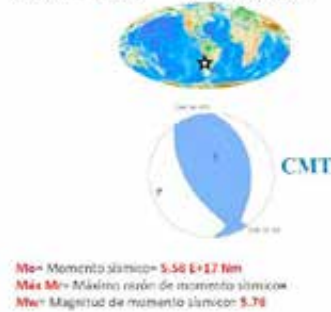


Fig. 7: (izquierda) Función Tiempo Fuente para evento en Chile Puerto Aldea 2-mayo-2021 Mw5.8, profundidad 38 km. En el lado izquierdo el mecanismo focal publicado por el CMT.

Fig. 8: (derecha) Función Tiempo Fuente para sismo en Pacífico 19-mayo-2021 Mw6.6, profundidad 12 km. En el lado izquierdo el mecanismo focal publicado por el CMT.

2.1. Funciones Tiempo Fuente

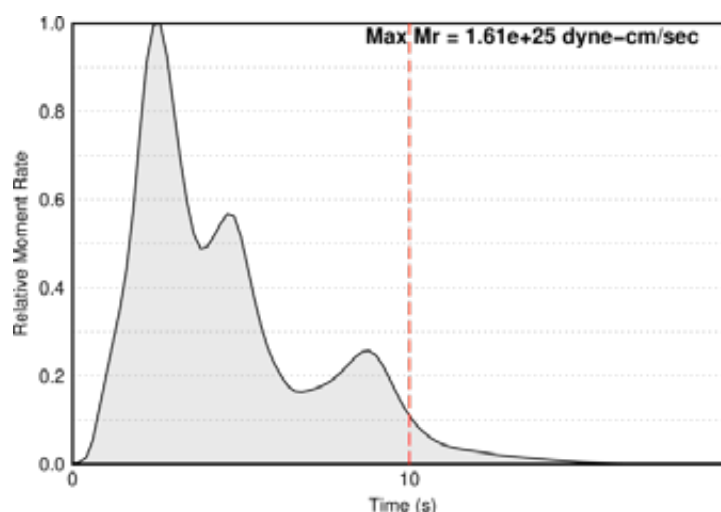
Se presenta la función tiempo fuente para seis sismos, los cuales se dispone publicados de acuerdo a su magnitud. En el lado izquierdo la razón de momento normalizada a 1 versus la duración segundos de tiempo. Las FTF han sido publicadas por el NEIC del tipo inverso.

Ver la figura 3 para el sismo de Argentina del 19-enero-2021 Mw6.5, con una profundidad 21 km y una función tiempo fuente es de 6-10 segundos. El mecanismo focal es inverso (CMT). En la figura 4 se muestra la Función Tiempo Fuente para evento en Perú Sullana (Su.) del 30-julio-2021 Mw6.1, con una profundidad 42 km. Al lado izquierdo el mecanismo focal publicado por el CMT de tipo inverso de subducción, con duración de la función tiempo fuente de 5 segundos.

En la figura 5 presentamos la Función Tiempo Fuente para sismo en Panamá 21-julio-2021 Mw6.8, con una profundidad 24 km, el tipo de falla es de deslizamiento de rumbo. La duración de la función tiempo fuente es de 15-25 segundos. En la figura 6 la Función Tiempo Fuente para evento en Perú Trujillo (Tr.) del 29-julio- 2021 Mw5.8, con una profundidad 27 km. En el lado izquierdo el mecanismo focal publicado por el CMT de uno de tipo de falla inverso. La duración de la función tiempo fuente e de 4-5 segundos.

Ver la figura 7 para el sismo de Chile Puerto Aldea v a 2-mayo-2021 con magnitud de momento Mw5.8, una profundidad 38 km. A la izquierda el mecanismo focal (CMT) de tipo inverso de subducción. La función tiempo fuente es sencilla con una duración de 3 segundos. La figura 8 observamos la Función Tiempo Fuente para evento en Pacífico sureste, pero al extremo oeste de la placa de Nazca, del 19-mayo-2021 Mw6.6 con una profundidad 12 km y a la izquierda el mecanismo focal tipo de falla de Rumbo publicado por el CMT. La función tiempo fuente es sencilla con duración de 8-10 segundos.

Comparamos la FTF de Argentina y Panamá en la figura 9, la forma triangular en similar al tiempo de subida de la fuente (conocido como "rise time"). El valor máximo de liberación de momento relativo corresponde a 2.6 segundos para sismo de Argentina (figura 9, lado izquierdo) y 11 segundos para el sismo de Panamá (figura 9, lado derecho). Los resultados finales de momento sísmico VS duración de la fuente tiempo fuente (segundos) se muestran en la figura 10.



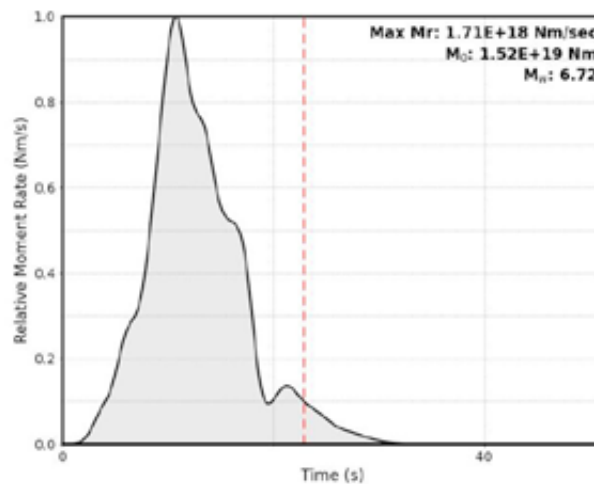


Fig. 9: Razón de Momento Relativo VS el Tiempo (segundos). Área gris es la Función Tiempo Fuente del sismo de Argentina (izquierda) y para el sismo de Panamá (derecha). Línea punteada roja es el final interpretado del evento, en 10 y en 21 segundos.

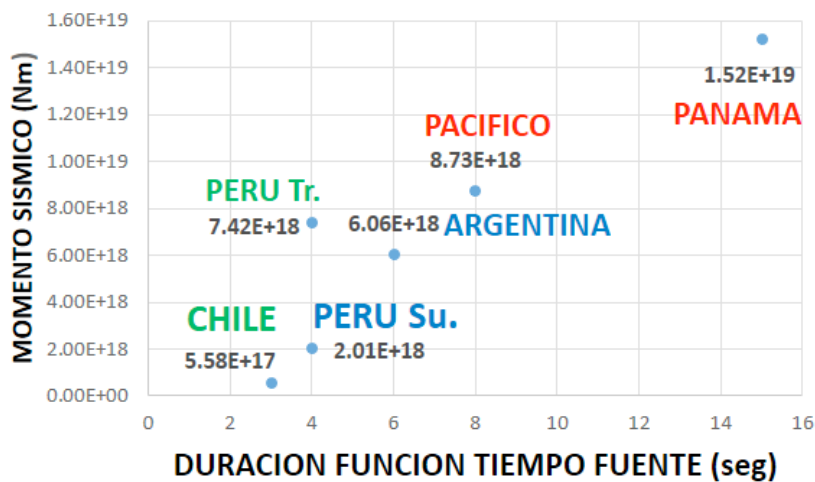


Fig. 10: Función Tiempo Fuente para los 6 eventos versus al Momento Sísmico (Nm).

3. CONCLUSIONES

Se analizan la Función Tiempo Fuente (FTF) de 6 sismos, siendo para el evento de Panamá compleja y para el evento del Pacífico ambos los más fuertes de Momento Sísmico (M_0) y su larga duración de la Función Tiempo Fuente (FTF), ambos con una profundidad (Z) de 12 km y son los más superficiales de los seis eventos.

Comparamos el valor máximo de liberación de momento relativo, desde cero segundos a 2.6 segundos para sismo de Argentina y de cero segundos a 11 segundos para el sismo de Panamá, siendo este último sísmicamente más grande. Interpretamos como la evolución de “rise time” o tiempo de liberación de energía de la fuente.

Los seis sismos tienen mecanismo focal (MF): Inverso (Inv) y Rumbo (Ru). El Mecanismo Focal de Rumbo de Panamá y Pacífico prevalece por sus magnitudes M_w , son más superficiales, por su FTF y por el momento sísmico (M_0) en Newton-metro (Nm). Se resume a continuación:

ARGENTINA	19-enero-21	Mw= 6.5 MF= Inv Z= 21 km	FTF= 6 seg	Mo=6.06 E+18 Nm
PERÚ Su.	30-julio-2021	Mw= 6.1 MF= Inv Z= 42 km	FTF= 4 seg	Mo=2.01 E+18 Nm
PERÚ Tr.	29-julio-2021	Mw= 5.8 MF= Inv Z= 27 km	FTF= 4 seg	Mo=7.42 E+17 Nm
PANAMÁ	21-julio-2021	Mw= 6.6 MF= Ru Z= 12 km	FTF=15 seg	Mo=1.52 E+19 Nm
CHILE	2-mayo-2021	Mw= 5.8 MF= Inv Z= 38 km	FTF= 3 seg	Mo=5.58 E+17 Nm
PACÍFICO	19-mayo-2021	Mw= 6.6 MF= Ru Z= 12 km	FTF= 8 seg	Mo= 8.73 E+18 Nm

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hartzell, S. (1978). Earthquake aftershocks as Green's functions, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 5, pp. 1-4.

Mueller, C. S. (1985). Source pulse enhancement by deconvolution of an empirical Green's function, *Geophys. Res. Lett.* 12, 33–36.

NEIC, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>

Vallée, M., J. Charléty, A.M.G. Ferreira, B. Delouis, and J. Vergoz (2011). SCARDEC: a new technique for the rapid determination of seismic moment magnitude, focal mechanism and source time functions for large earthquakes using body wave deconvolution, *Geophys. J. Int.*, 184, 338-358.

Vallée, M. (2013). Source time function properties indicate a strain drop independent of earthquake depth and magnitude, *Nature Communications*, doi: 10.1038/ncomms3606.

Parámetros cinéticos y termodinámicos del proceso de adsorción de iones de cadmio de soluciones acuosas en material cerámico sintetizado

¹Salas Pino, M*.; ¹Romero Peña, L.M. y ²Garces Porras, K. M.
¹Facultad de Ingeniería de Procesos, Ingeniería Química, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
² Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Universidad Andina del Cusco.
 *miriam.salas@unsaac.edu.pe

RESUMEN

El cadmio es considerado uno de los contaminantes ambientales de efectos adversos a la salud. Niveles ambientales elevados de cadmio en agua, pueden venir de una variedad de fuentes. Como una alternativa a los métodos convencionales de remoción se ha evaluado el potencial del material cerámico modificado, elaborado a partir de arcilla procedente de la región, en la adsorción de Cd (II) e investigado los aspectos cinéticos y termodinámicos del proceso. La mayor capacidad de adsorción fue de 13 mg Cd (II)/g de cerámica modificada a 24°C y 27 ppm de concentración inicial. La cinética de adsorción se adecuó a pseudo segundo orden, con constantes de velocidad de reacción de 0.01123 mg/g-min para 18 ppm a temperatura de 24.5°C y 0.0394 mg/g- min para 103.845 ppm a temperatura de 10°C. El mejor ajuste para la isoterma fue el modelo de Freundlich (R²=0.97). Por los valores obtenidos de ΔG : 0.025 kJ/mol (305K), 0.222 kJ/mol (320K) y - 0.653 kJ/mol (300 K) kJ/mol, lo que indica que a mayores temperaturas la reacción tiende a la no espontaneidad y con los resultados de $\Delta H = -11.6$ kJ/mol y $\Delta S = -0.0371$ J/mol, se concluye que el proceso de adsorción es un proceso exotérmico e irreversible respectivamente.

Palabras claves: Adsorción de cadmio, adsorbente cerámico, modelo de isoterma, cinética de adsorción, parámetros termodinámicos.

Kinetic and thermodynamic parameters of the adsorption process of cadmium ions from aqueous solutions on synthesized ceramic material

¹Salas Pino, M.; ¹Romero Peña, L.M. and ²Garces Porras, K. M.
¹Facultad de Ingeniería de Procesos, Ingeniería Química, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
² Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Universidad Andina del Cusco
 *miriam.salas@unsaac.edu.pe

ABSTRACT

Cadmium is considered one of the environmental pollutants with adverse health effects. Elevated environmental levels of cadmium in water can come from a variety of sources. As an alternative to conventional removal methods, the potential of the modified ceramic material, made from clay from the region, in the adsorption of Cd (II) has been evaluated and the kinetic and thermodynamic aspects of the process have been investigated. The highest adsorption capacity was 13 mg Cd (II) / g of modified ceramic at 24 ° C and 27 ppm of initial concentration. The adsorption kinetics was adapted to pseudo second order, with reaction rate constants of 0.01123 mg / g-min for 18 ppm at a temperature of 24.5 ° C and 0.0394 mg / g-min for 103.845 ppm at a temperature of 10 ° C. The best fit for the isotherm was the Freundlich model (R² = 0.97). By the values obtained from ΔG : 0.025 kJ / mol (305K), 0.222 kJ / mol (320K) and -0.653 kJ / mol (300 K) kJ / mol, which indicates that at higher temperatures the reaction tends to no spontaneity. and with the results of $\Delta H = -11.6$ kJ / mol and $\Delta S = -0.0371$ J / mol, it is concluded that the adsorption process is an exothermic and irreversible process respectively.

Keywords: Cadmium adsorption, ceramic adsorbent, isotherm model, adsorption kinetics, thermodynamic parameters.

1. INTRODUCCIÓN

La presencia acentuada de iones metálicos en ambientes acuáticos se debe principalmente a actividades industriales, es así que la contaminación de ambientes acuáticos por metales pesados representa un grave riesgo no solo para la población humana, sino también para la supervivencia de animales, microorganismos y plantas. (Albaji *et al*, 2013).

La toxicidad de Cadmio puede manifestarse en síndromes, como hipertensión, disfunción renal, defectos óseos, lesiones hepáticas, daño pulmonar y efectos reproductivos. El cadmio máximo aceptable en el agua potable es 0.003 mg/L (OMS, 2008); (Nurchi *et al*. (2011); el manual en toxicidad de aguas superficiales formulado por CEPIS, presenta igual valor de concentración que la FAO y Canadá (0.01 mg/l para el Cadmio), en aguas que se utilizan para riego (Minsa 2019)

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial del material cerámico modificado, elaborado a partir de arcilla procedente de la región, en la adsorción de Cd (II), investigando la isoterma de adsorción, cinética y termodinámica del proceso.

Es posible caracterizar el proceso de adsorción a través de la determinación de los parámetros cinéticos y termodinámicos, parámetros útiles para establecer el diseño y evaluación de las variables del proceso como la concentración de la solución y la carga en el adsorbente (Bibing, 2019). Akpomie *et al*. (2016) indican que la mayoría de los estudios sobre la sorción de metales pesados de soluciones contaminadas en lo referente a la cinética han presentado los mejores ajustes con el modelo de pseudo-segundo orden, los modelos simplificados en dinámicas de adsorción más usados son Lagergren (pseudo primer orden) y Ho con Elovich (pseudo segundo orden) (Así mismo la literatura indica que la temperatura afecta la capacidad de adsorción es así que cuando la capacidad de adsorción aumenta con un aumento de temperatura, se dice que el proceso es endotérmico, mientras que disminuye es exotérmico (Figuroa *et al*. 2014; Akpomie 2016; Taffarel y Rubio, 2009)

La isoterma de adsorción es la expresión del modelo matemático que establece la relación de equilibrio que se efectúa mediante el análisis de las isotermas de adsorción a una temperatura constante, para obtener los valores se grafica la cantidad adsorbida de contaminante por unidad de masa del adsorbente frente a la concentración de equilibrio. Por tanto, la isoterma de adsorción predice la capacidad de un adsorbente para remover un contaminante presente en aguas. Existen dos modelos matemáticos para ajustar los datos Langmuir y Freundlich, (Marín & Vásquez, 2019).

La metodología aplicada en la investigación fue cuantitativo experimental de alcance explicativo para lo cual se utilizaron ajustes de modelos matemáticos termodinámicos y cinéticos.

Los resultados obtenidos muestran que, la acidificación del material adsorbente incrementó el área superficial. la porosidad, el tamaño de los poros lo que contribuyó a mejor capacidad de adsorción, más aún a temperaturas más bajas. La cinética de adsorción correspondió a pseudo segundo orden, el modelo de isoterma fue Freundlich, los parámetros termodinámicos mostraron que a mayor temperatura los valores de energía libre de Gibb tienden a la no espontaneidad, la entalpía y entropía revelan proceso exotérmico e irreversible respectivamente.

2. METODOLOGÍA

2.1. Activación de la cerámica

Para la elaboración del cerámico sinterizado como material adsorbente se consideró el trabajo de Salas Pino M. (2020) y para ampliar el rango operativo de adsorción de cationes, se activó

el material adsorbente utilizando ácido sulfúrico 0.1M, prosiguiendo un protocolo de los mejores resultados informados por Rangel et al. (2015) y Akpomie et al. (2016). Para la acidificación, fueron utilizados: 300mL de ácido sulfúrico 1.5M, 15g de cerámica triturada, temperatura operativa de 150°C, tiempo de agitación de 180 min. Después de ese tiempo el ácido restante se eliminó por lavado (Rangel et al. 2015), hasta pH neutro, obteniéndose el material sólido (adsorbente) en condiciones de utilizarse.

2.2. Caracterización de cerámica activada

Durante las diferentes etapas se realizaron las siguientes caracterizaciones.

2.2.1. Caracterización química por fluorescencia (FRX).

Los análisis se realizaron en la Unidad de la empresa Cole Palmer y en la unidad de hidrocarburos del Programa académico de Ingeniería Química que cuenta con el equipo Analizador de Rayos X, modelo VANTA M, marca Olympus.

2.2.2. Caracterización por espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR).

Los análisis de FTIR se realizaron en el laboratorio de la UNI. El espectro fue registrado en el rango de 200 a 2000 cm^{-1} para la identificación del material y su pureza.

2.2.3 Caracterización textural por porosimetría de adsorción de nitrógeno.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Físico Química de la UNI, utilizando el equipo que determinó análisis superficial con las siguientes características, Micromeritics GEMINI-VII serie t. Las muestras fueron desgasificadas al vacío durante 2 h a 200°C previo a la adsorción.

2.3. Remoción de cadmio inmerso en agua sintética utilizando cerámica

Determinación de pH de trabajo

De acuerdo al diagrama de distribución de Cadmio elaborado por Kemi, (2018), explica que el ion de cadmio está en forma iónica Cd^{+2} como especie predominante hasta pH 8, a mayor pH está especie emergente $\text{Cd}(\text{OH})^{+}$ y a pH mayor a 9 ocurre precipitación $\text{Cd}(\text{OH})_2$ (Baes & Mesmer, 1986).

2.3.1. Preparación de la solución madre del catión Cd^{+2}

Para obtener la solución madre del catión Cd^{+2} , se utilizó CdCl_2 P.A, del laboratorio Merck, se consideraron las concentraciones de 3, 9, 14, 18, 22 y 27 ppm. Se agitó las muestras a 185 RPM por 2 horas a temperaturas de 24, 35 y 45°C. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Análisis de Líquidos de la UNSAAC. El pH fue llevado a 7.5 con uso de HCL 0.1 M o base con NaOH 0.1M (laboratorio Carlo Erba).

2.3.2. Isoterma de adsorción del catión Cd^{+2} .

Los ensayos de adsorción fueron realizados en un sistema batch con agitación (marca *Incu Shaker*) a 200 RPM a 25°C de temperatura y durante 1 hora. Se utilizaron seis matraces erlenmeyer de 100mL cada cual contenía 50 mg de cerámico triturado y 50 mL de solución madre. Al término de la operación de agitación se filtraron las soluciones utilizando Filtro Miller HV PVDF 0.45 μm , 33mm. Se midió el pH de la porción líquida y luego fue evaluada por absorción atómica para determinar el contenido de los cationes remanentes.

2.3.3. Determinación de la competencia en remover Cd^{+2} en agua sintética utilizando cerámica.

En la gráfica de las isothermas se presentó con los datos de capacidad de adsorción frente a la concentración.

La capacidad de adsorción en equilibrio se determinó con la formulación siguiente:

$$q_e = \frac{V}{m} \frac{(C_o - C_e)}{\text{Ecuación 1}}$$

q_e (mg/g) es la capacidad de adsorción

q_e (mg/g) es la capacidad de adsorción en equilibrio.

C_o (mg/L) es la concentración inicial del adsorbato.

C_e (mg/L) es la concentración del adsorbato en equilibrio.

V (L) es el volumen del adsorbato.

m (g) es la masa del material adsorbente

Los resultados se contrastaron con los modelos, Langmuir y Freundlich para determinar si el mecanismo de adsorción es físico o químico, así como determinar las constantes, la capacidad máxima de adsorción del cerámico y determinar los coeficientes físicos y químicos correspondientes.

2.4. Determinación de la cinética de adsorción del cadmio

Los ensayos se realizaron en sistema batch, se utilizaron seis frascos Erlenmeyer de 125 mL y en cada uno de los cuales se vertió 50 mg de cerámica activada como adsorbente y 50 mL de solución conteniendo catión Cd. Se trabajó en dos etapas a diferentes temperaturas (24.5°C y 10°C) y a diferentes concentraciones iniciales (18 ppm y 103.847 ppm) respectivamente con referencia a temperaturas. El pH inicial fue de 7.35, la velocidad de agitación de 180 rpm, tiempo de acción variable para cada etapa.

Los datos de concentración reportados de laboratorio se utilizaron en los modelos matemáticos de capacidad de adsorción, cinética de adsorción y pseudo orden de la cinética de adsorción, las constantes y capacidad de adsorción calculada resultaron de las gráficas del modelo pseudo primer orden (Lagergren) y pseudo segundo orden (Ho con Elovich).

2.5. Determinación de los parámetros termodinámicos

Las estimaciones se realizaron mediante la variación del parámetro Termodinámica de Langmuir y/o Freundlich (Kads-Kf), relativa a la energía de adsorción, con la temperatura mediante la siguiente expresión:

$$\ln \ln (k) = -\frac{\Delta H}{RT} + \frac{\Delta H}{R}$$

Ecuación 2

Donde:

ΔG° es la variación de la energía estándar libre de Gibbs, kJ mol^{-1} ΔH° , es la variación de la entalpia estándar kJ mol^{-1} .

ΔS° es la variación de la entropía estándar, J mol K^{-1} . Kads é a constante de equilibrio. R es la constante universal de los gases, $8,314 \text{ J mol K}^{-1}$

Para evaluar el efecto de la temperatura, los experimentos de adsorción de Cd^{+2} en el material cerámico sintetizado se realizó a tres temperaturas diferentes: 24.5, 35 y 45 ° C.

A partir de las isotermas generadas de acuerdo a las condiciones de trabajo, se ajustaron los datos experimentales a la isotermas de Freundlich y Langmuir a partir de la cual se obtuvieron los coeficientes de equilibrio (K_f) y aplicando en la ecuación 4, se determinó ΔG° , ΔH° y ΔS° .

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de la cerámica sinterizada

Composición química de la cerámica sinterizada por análisis por fluorescencia de rayos X. (tabla 1)

Los resultados muestran una suma total de los componentes de 58%. Debido a que la cerámica verde es una mezcla de Arcilla:cuarzo:aserrín en las cantidades 60%:10%:30% respectivamente. El serrín es un producto orgánico, por tanto, por la característica de este análisis el 30% de aserrín no fue considerado, ya que la radiación X incidente expulsa electrones de capas interiores del átomo del elemento químico (Alicante, 2019).

Con un cambio de base a 100% para efectos de comparación posterior, los resultados se muestran en la tabla 4. Se observa que en la cerámica verde están presentes: sílice está en 21%, el aluminio en 14.5% y el hierro en 8.56% y según Cáceres et al. (2017), las arcillas caoliniticas e illiticas para el uso de elaboración de cerámicos presentaron contenido de silicio entre 28.03% a 28.96%, aluminio entre 11.86% a 10.62% y hierro entre 3.46% y 4.71, lo que significa que la composición de esta arcilla, es competente para elaborar cerámica.

Tabla 1. Resultados de la caracterización por fluorescencia de rayos X, de cerámica (sinterizada a 950°C):

Componente	Cerámica (sinterizada a 950°C)	
	% (w/w)	% (w/w) Base 100
SiO ₂	60.093	64.152
Al ₂ O ₃	15.595	16.648
CaO	5.463	5.832
K ₂ O	2.412	2.575
P ₂ O ₅	0.195	0.208
MgO	5.646	6.027
Ti	0.416	0.444
Fe	3.55	3.790
*otros	0.303	0.323
Total	93.673	100.000

*otros: cantidades menores a 0.06% (Mn, Sn, Cu, Zn, Ba, As, Zr) y menores a 0.005% (V, Y, Rb, Sr, Zr, Hg, Pb, Co), los resultados de análisis completo están en el anexo.

Fuente: ROFA *Laboratory & Process Analyzers*.

3.2. Caracterización por espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR).

Para comparar los efectos de sinterización, y de la activación de la mezcla, se procedió a la caracterización FTIR, los resultados se observan en la figura 3.

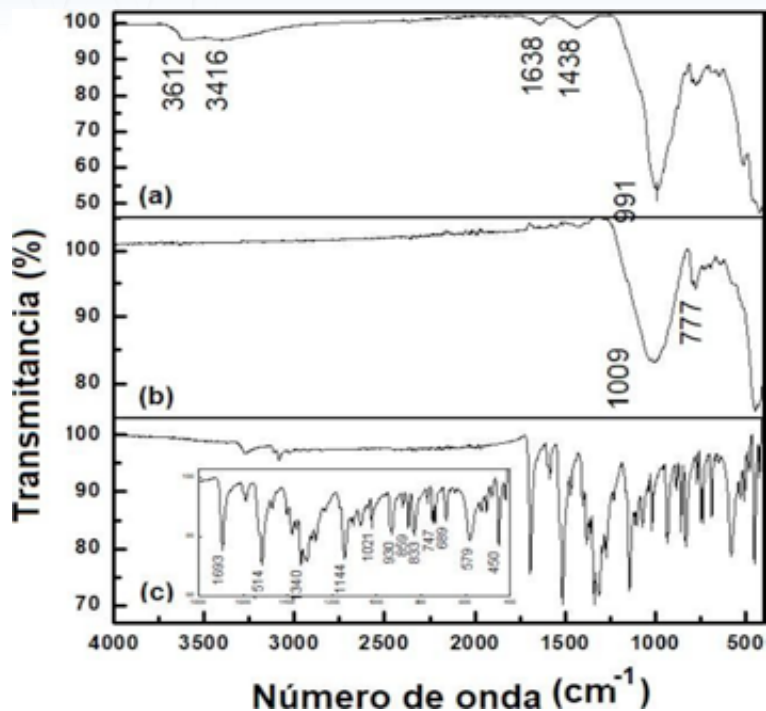


Figura 1. Espectro FTIR de las siguientes muestras: (a) Arcilla pura, (b) Cerámica sinterizada a 950°C, (d) Cerámica activada.

Fuente: Laboratorio de Físico química de la UNI.

Espectroscopia infrarroja de cerámica sinterizada a 950°C.

La cerámica mostró señales de absorción a 3752.2 cm^{-1} , 3677.2 cm^{-1} , 3429.6 cm^{-1} , 2920 cm^{-1} y 2850 cm^{-1} . En las bandas de 3752.2 y 3677.2 hay señales pequeñas correspondientes a vibraciones de estiramiento y flexión interno de los grupos OH^{-1} , y específicamente a 3677 cm^{-1} se presenta los grupos Mg-OH y cercanos a la banda 3436 cm^{-1} correspondería a vibración de estiramiento de moléculas de agua, como se describió en documentos que se analizó coincidiendo con (Madejová, Gates, & Petit, 2017).

La presencia de estiramiento del grupo OH^{-1} de la superficie externa se representa con la banda ancha que se formó en 3429.6 cm^{-1} . Pequeñas señales en bandas 2920 , 2850 , 2320 , 1850 , 1658 , 1641 , 1624 , 1473 , 1458 , 1384 zona de doble enlace. Señal profunda y de banda ancha en 1058 zona que corresponde a la huella digital del material.

La banda a 1059 cm^{-1} es señal de asimetría de vibración de estiramiento de Si-O-Si y Si-O-(Al) y la banda a 468 cm^{-1} se debe a la vibración de flexión de O-Si-O y en 797 cm^{-1} a la vibración de simetría Si-O-

Si. Este comportamiento fue similar a los resultados obtenidos con la cerámica sinterizada a 1000°C , obtenidos por Salas Pino, M. (2020).

3.3. Infrarroja de cerámica modificada

En la figura 3. c) corresponde al espectro Infrarrojo de la cerámica modificada (sección 2.1.5) se observa la desaparición de las señales en 3752.2 , 3677.2 , 3429.6 cm^{-1} (de banda ancha), 2920 , 2850 cm^{-1} y otras señales pequeñas. Aparecen señales para absorción poco profunda en 3746.7 cm^{-1} y bastante profunda en 3448.4 cm^{-1} con señal de banda ancha, corresponden a la

zona de estiramiento de vibración OH del exterior de las moléculas de agua. En zona de doble enlace aparecen señales en 1887.4 cm^{-1} , en 1630 cm^{-1} señal con profundidad considerable y se profundiza en cercanías de la banda 1086 cm^{-1} muestra cuatro bandas de estiramiento bien resueltas Si-O, las bandas de flexión OH en 866 cm^{-1} pertenece a Al Fe^{+3} OH y a 799 cm^{-1} Fe^{+3} Mg-OH, la vibración Fe-O a 685 cm^{-1} , igualmente como lo advirtió Madejová et al. 2017. Los espectros mostraron cambios por la activación en la zona $3000\text{ a }3800\text{ cm}^{-1}$ y aparece 3746 cm^{-1} en vez de 3752 cm^{-1} , desaparecen los picos $3677, 3429\text{ cm}^{-1}$ y aparece el pico 1887 cm^{-1} , en la banda de $1400\text{ a }1700\text{ cm}^{-1}$ desaparecen cinco picos, en la banda de $700\text{ a }1000\text{ cm}^{-1}$ permanecen y aparece los picos de $583\text{ y }465\text{ cm}^{-1}$, por lo que se concluye que el hecho de activar la cerámica ha causado efecto las posiciones indicadas. Se presentaron cambios en la banda $3400, 2900$ con modificación de picos y en la banda 2320 creció formando protuberancia, siendo evidencia del proceso de adsorción de cadmio sobre el cerámico modificado (CM).

3.4. Caracterización textural (porosimetría de adsorción de nitrógeno)

Los resultados de la caracterización textural realizada en la arcilla roja, cerámica sinterizada, y la cerámica modificada, se muestran en a tabla 2 Los resultados muestran similar efecto al encontrado por Salas Pino, M.,(2020) en la cerámica sinterizada a 1000°C , La acidificación modificó las propiedades físicas de la cerámica: incremento en el área superficial de $0.1823\text{ a }17.0409\text{ m}^2/\text{g}$, un aumento importante en el volumen de poro de $0.0000148\text{ a }0.066619\text{ cm}^3/\text{g}$, y crecimiento del diámetro de poros de $1.4319\text{ a }6.9317\text{ nm}$, lo que mejora el proceso de adsorción.

Tabla 2 Caracterización textural de la cerámica (950°C) y cerámica modificada

Material	Área de superficie (m^2/g)	Volumen de poro (cm^3/g)	Diámetro de poro (nm)
Cerámica sinterizada	0.1823	0.000148	1.4319
Cerámica modificada	17.040	0.066619	15.9

Fuente: laboratorio de Físico Química de la UNI.

3.5. Mecanismos y parámetros fisicoquímicos del proceso de adsorción

Los parámetros fisicoquímicos y termodinámicos expresan el mecanismo de adsorción, grado de afinidad de los adsorbentes con los constituyentes en la solución y las propiedades de la superficie de la adsorbente condición advertida en conceptos teóricos. Estos aspectos se visualizaron en las isotermas de adsorción con enfoque en la termodinámica que permitió establecer modelos de isotermas de equilibrio y propiedades termodinámicas.

3.6. Isotermas de adsorción

De acuerdo con la metodología descrita en el ítem 2.3.3 se obtuvieron los siguientes resultados experimentales producto de las diferentes concentraciones iniciales sometidas al proceso tabla 3.

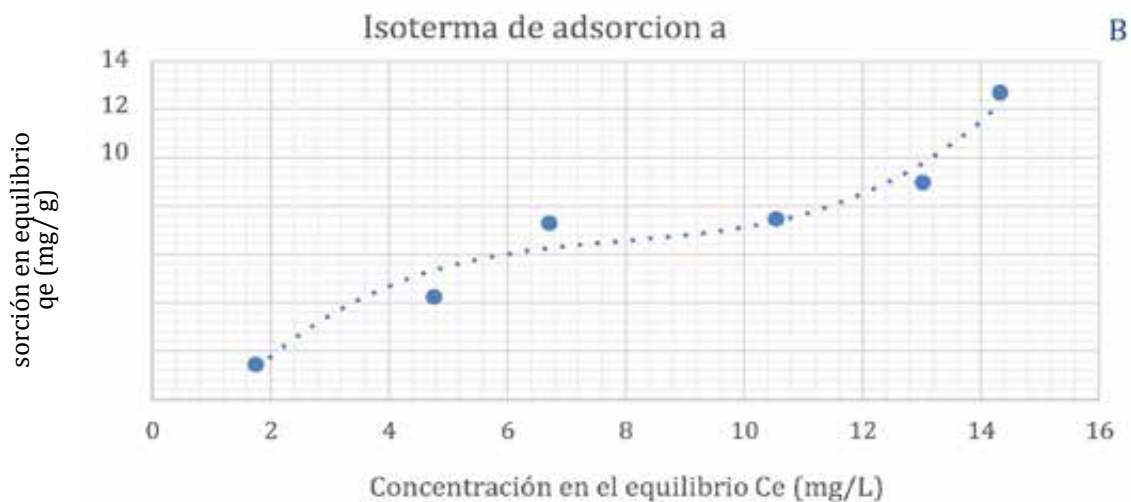
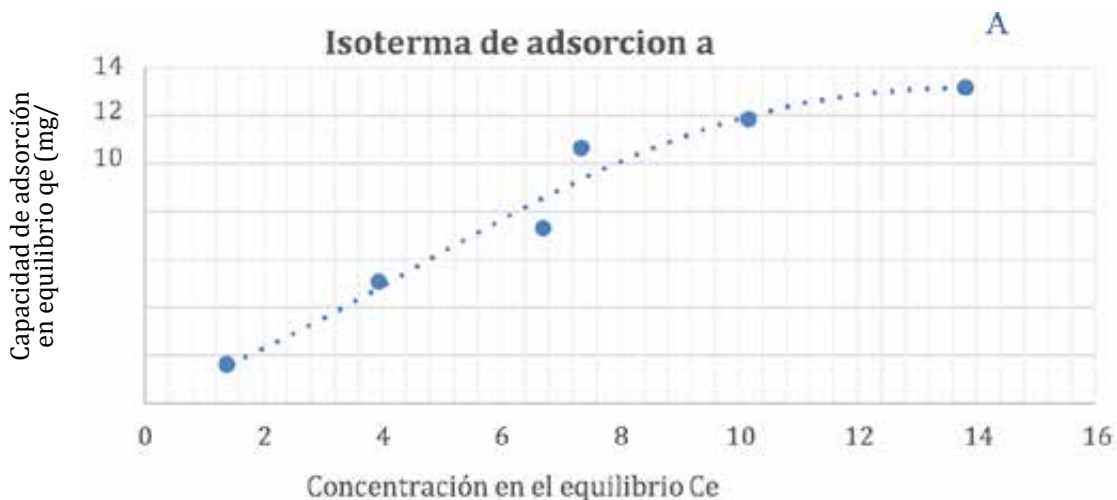
Tabla 3 Componentes para correlacionar modelos de isotermas de adsorción del cadmio

Muestras	C1	C2	C3	C4	C5	C6
T1 (24.5 °C)						
Co (mg/L)	3	9	14	18	22	27
Ce (mg/L)	1.378	3.941	6.706	7.35	10.161	13.821
qe (mg/g)	1.6223	5.059	7.29	10.65	11.838	13.179
Ce/qe	0.849	0.779	0.9193	0.69	0.858	1.0487
log qe	0.21	0.704	0.862	1.027	1.0733	1.119
log Ce	0.139	0.595	0.8264	0.866	1.006	1.14

Parámetros de proceso: V = 50mL; m = 50mg; pH = 7.5; velocidad de agitación = 150 rpm; tiempo = 2h, Temperatura 24.5°C.

De los datos se observa que la mayor capacidad de adsorción de Cd^{+2} sucedió a la menor temperatura operativa (24.5°C) de los ensayos realizados, presumiendo que a menor temperatura disminuye la movilidad de los iones habilitando la adhesión del Cd^{+2} en la superficie de la cerámica modificada, lo que coincidió con trabajo de Uechi, 2016.

En el presente trabajo la mayor capacidad de adsorción fue de 13 mg Cd por gramo de cerámica modificada a 24.5°C con 27 ppm de concentración inicial (figura 2 A) en otros trabajos la adsorción fue de 2 mg Cd/g con caolinita, de 7 a 15 mg Cd/g con sustratos zeolíticos y con toba natural y toba enriquecida con arcilla la adsorción fue de 15.75 a 23 mg Cd/g respectivamente.



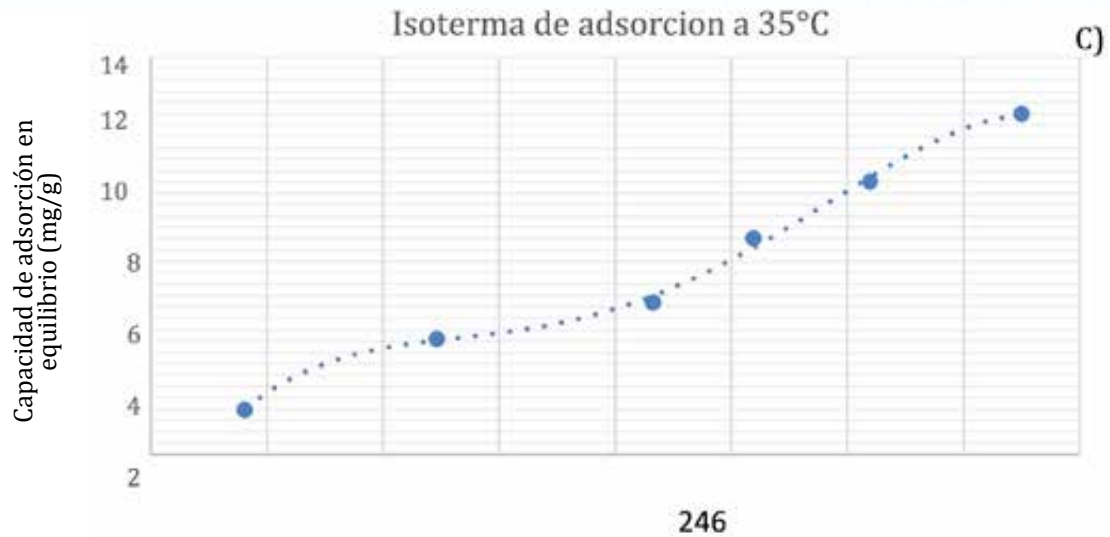
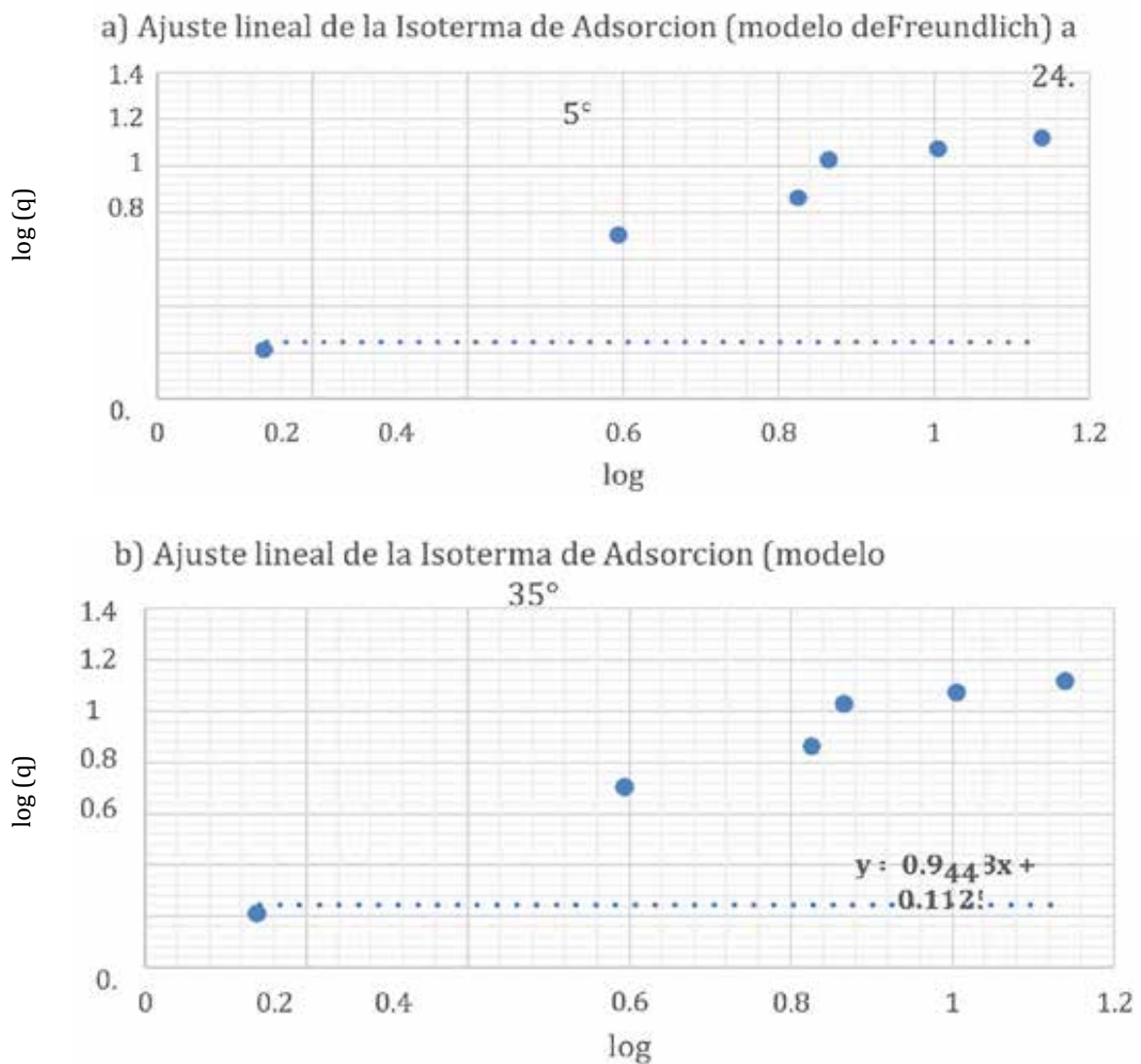
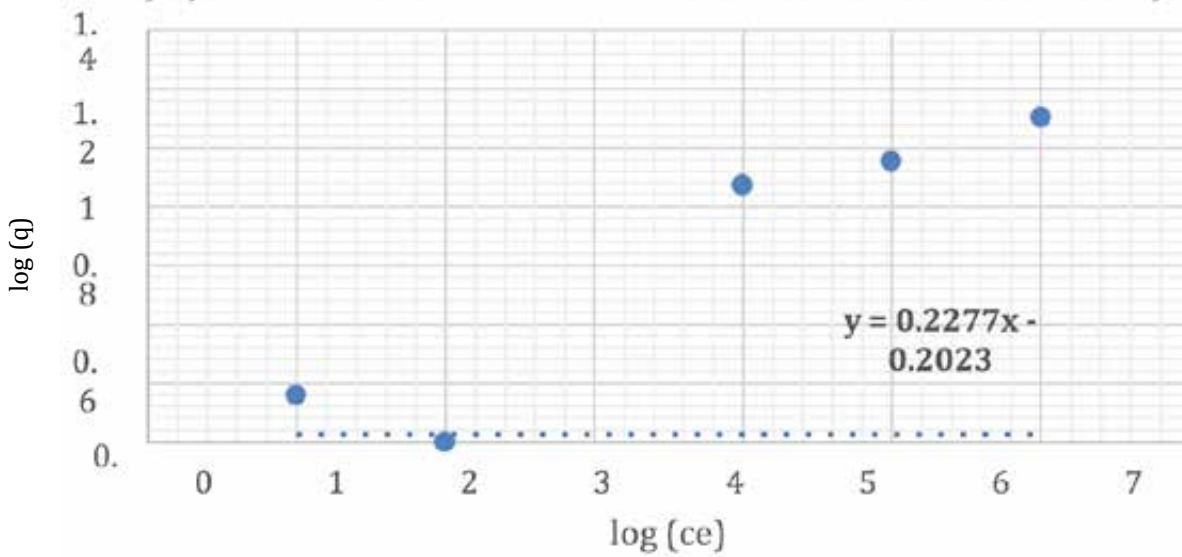


Figura 2: Isotermas de adsorción del Cd^{+2} a diferentes temperaturas con pH 7.35
 En las figuras 2B y 2C, se observa que la capacidad de adsorción en equilibrio es aproximadamente 12mg/g de adsorbente.

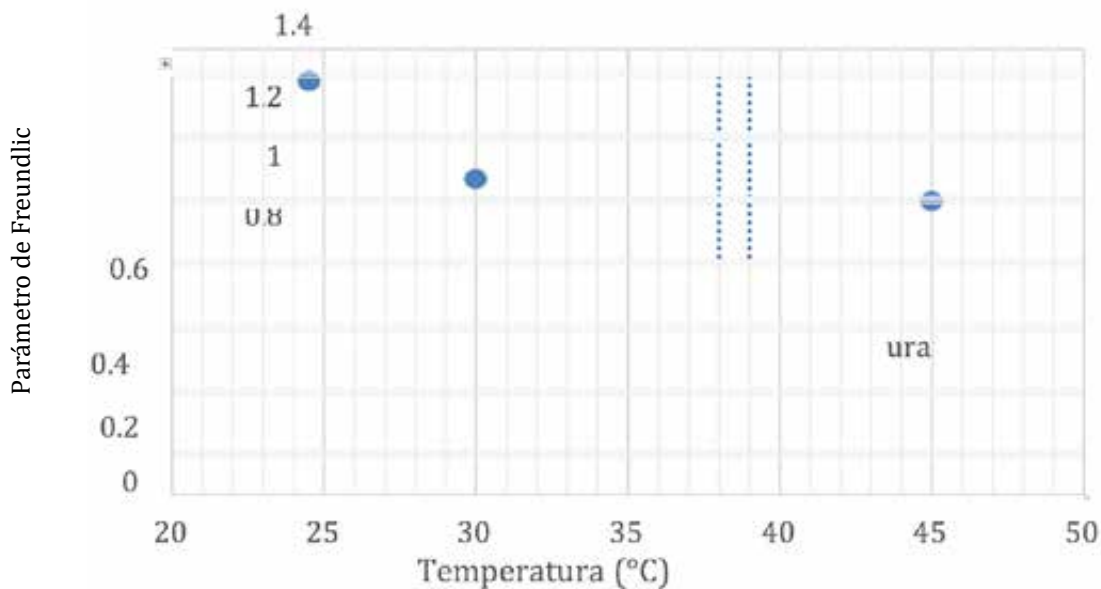
A continuación, los datos de las isotermas de adsorción obtenidas experimentalmente fueron ajustadas al modelo matemático de la Isoterma de Freundlich con los siguientes resultados.



c) Ajuste lineal de la Isotherma de Adsorción Modelo de Freundlich) a



Variación del coeficiente de equilibrio de Kf versus la Temperatura



3.6.1. Parámetro de Freundlich (K_f) & Temperatura

Figura 3: Isothermas de adsorción del Cd^{+2} para temperaturas de: a) 24°C, b) 35°C y c) 45°C ajustadas con el modelo de Freundlich. d) Parámetro de Freundlich versus la temperatura. Condiciones de operación: pH 7.35, velocidad agitación 175 rpm, tiempo 2 h, temperatura 45°C, Razón (S/L)=1

De la linealización de isothermas para Cd^{+2} , los datos procesados con la ecuación Langmuir, (anexo 1) presentaron un coeficiente de determinación muy bajo, 0.003 (24°C), 0.18(35°C) y 0.13 (45°C), lo que significa que el modelo Langmuir no es representativo del comportamiento de las isothermas. Con la aplicación de la linealización con la ecuación de Freundlich, mostradas en la figura 5, se obtuvieron mejores resultados del coeficiente de R-Pearson 0.97 (24°C), 0.98(35°C) y 0.89 (45°C), lo que indica que el modelo Freundlich, representa mejor el comportamiento de las isothermas de adsorción del Cd^{+2} , por tanto los parámetros de adsorción se obtuvieron a partir del modelo Freundlich, por ser el modelo representativo de la isoterma de adsorción, los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5 Coeficientes de la isoterma con el modelo de Freundlich en la adsorción de cadmio.

Temperatura (°C)	n	Kf	R2
24.5	1.06	1.3	97.05
30	1.13	0.99	97.67
45	1.05	0.92	95.52

Para mejor observación de la tendencia se contrasta los datos de k_f con la temperatura en la figura 3. d. En la figura 3.d, el coeficiente K_f fue disminuyendo de 1.3, 0.99 y 0.92 a medida que se incrementó la temperatura de 24.5 a 45°C, lo que reveló que la capacidad de adsorción fue mayor a bajas temperaturas, lo que concuerda con los resultados obtenido también por Figueroa et al. 2014.

El valor de n fluctuó de 1.05 a 1.13 menor a 2 (tabla 5), señalando que la intensidad de adsorción o de enlace fue bajo como lo describió Rivas et al. (2014) en su estudio y por ser n mayor a 1 el proceso de adsorción sería de tipo físico como ya se explicó anteriormente y fue corroborado por Pérez et al. (2018). Además, la adsorción disminuyó con el aumento de la temperatura lo cual como ya se explicó algunos autores manifestaron que esto puede indicar una adsorción física y lo contrario generalmente sucede para quimisorción.

3.7. Cinética de adsorción

Los modelos cinéticos descrito en ítem 1.10, permiten encontrar y describir el mecanismo de adsorción en sistema sólido-líquido, los modelos cinéticos más utilizados son pseudo primer orden y pseudo segundo orden, a estos modelos cinéticos aplicamos los datos experimentales de adsorción.

Los ensayos de cinética de adsorción se determinaron con soluciones de 50 mL a concentraciones de 18 ppm y 103.438 ppm a pH 7.35, con cerámica modificada como adsorbente y variando el tiempo de contacto de 0 a 120 min y de 0 a 150 min, como se detalla en ítem 2.8

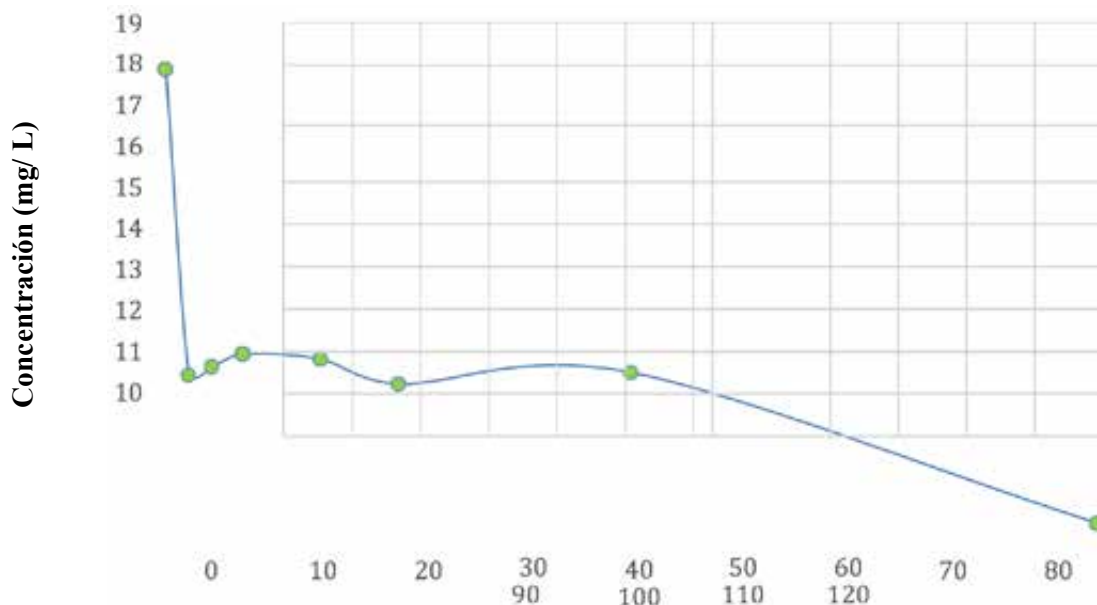


Figura 4: Cinética de adsorción de Cd^{+2} con concentración inicial de 18 ppm y 24.5°C Parámetros: pH 7.35, velocidad agitación 175 rpm, razón (S/L) = 1

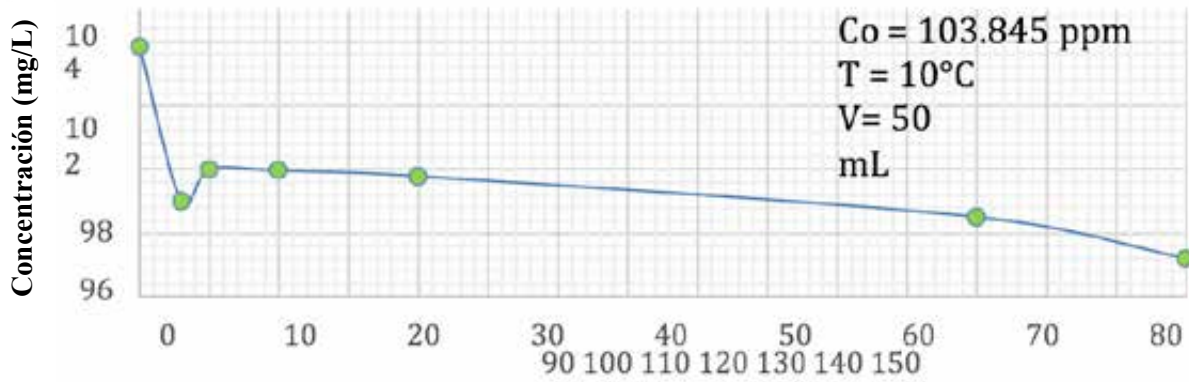


Figura 5: Cinética de adsorción de Cd^{+2} con concentración inicial de 103.845 ppm y 10°C . Parámetros: pH 7.35, velocidad agitación 175 rpm, razón (S/L) = 3.

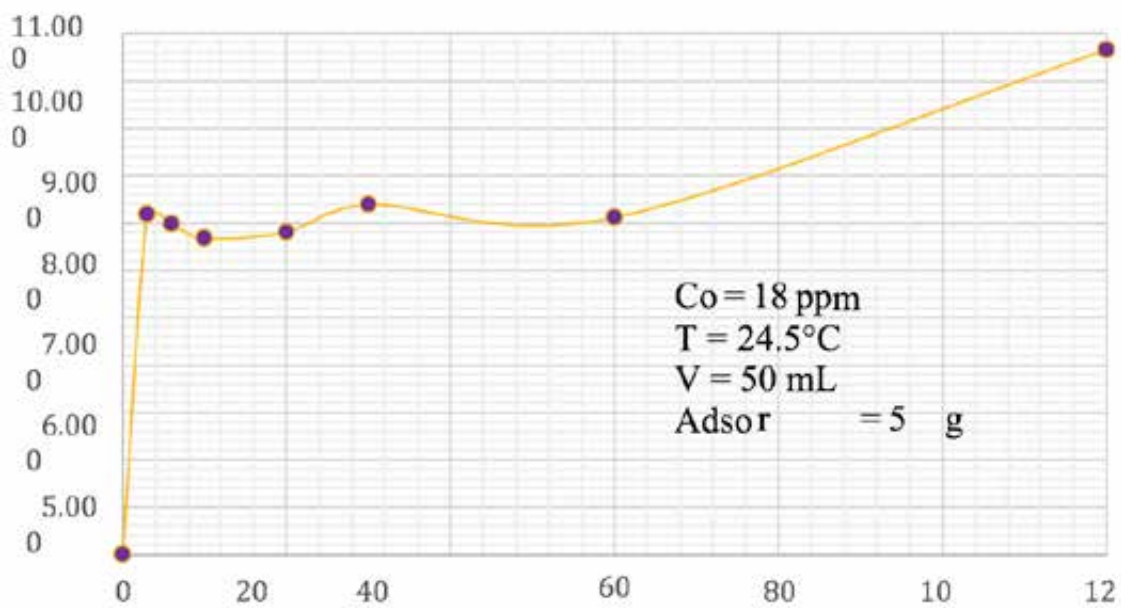


Figura 6.: Cinética de capacidad de adsorción de Cd^{+2} con concentración inicial de 18 ppm y 24.5°C . Parámetros: pH 7.35, velocidad agitación 175 rpm, razón (S/L) = 1

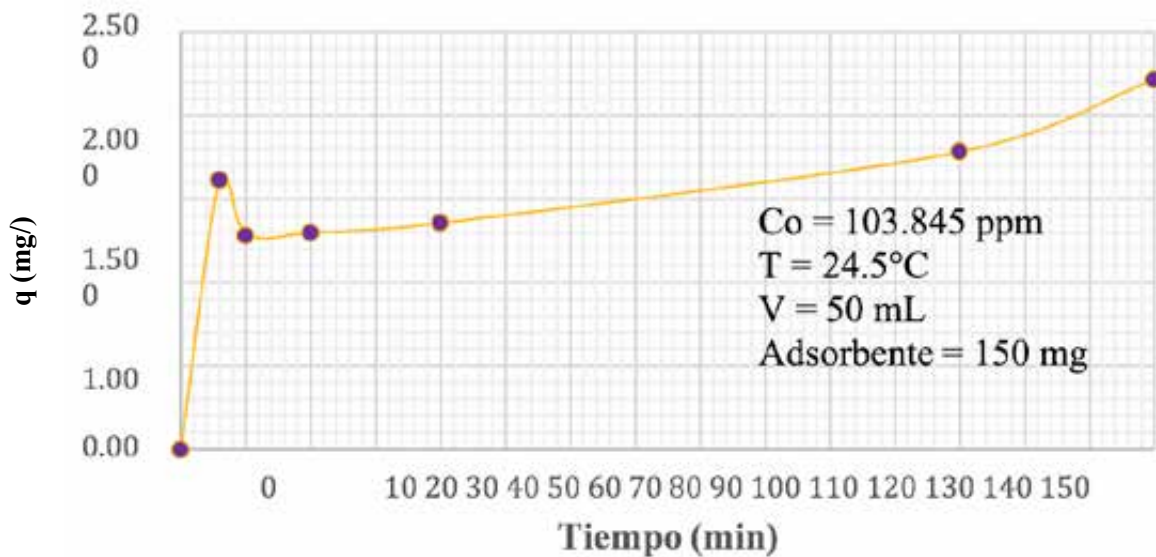


Figura 7. Cinética de capacidad de adsorción de Cd^{+2} con concentración inicial de 103.845 ppm y 10°C . Parámetros: pH 7.35, velocidad agitación 175 rpm, razón (S/L) = 3

De acuerdo con los datos obtenidos en general, se resalta la rápida ocurrencia del proceso, pues alrededor de los 6 minutos se alcanza al menos el 90 % de toda la carga en el equilibrio, mientras que el valor restante puede requerir hasta 150 minutos como sucedió con el trabajo de Figueroa et al. (2014).

Se construyeron las figuras 4, 5, 6 y 7 aplicando los modelos matemáticos cinéticos de pseudo primer orden y pseudo segundo orden, linealizados de tal manera que de la intersección y la pendiente de estas Figuras resultaron los valores de K1, qe y K2. Los valores de las constantes junto con el coeficiente de correlación R² se presentan en la tabla 7, correspondiente a los parámetros cinéticos del ajuste experimental realizado.

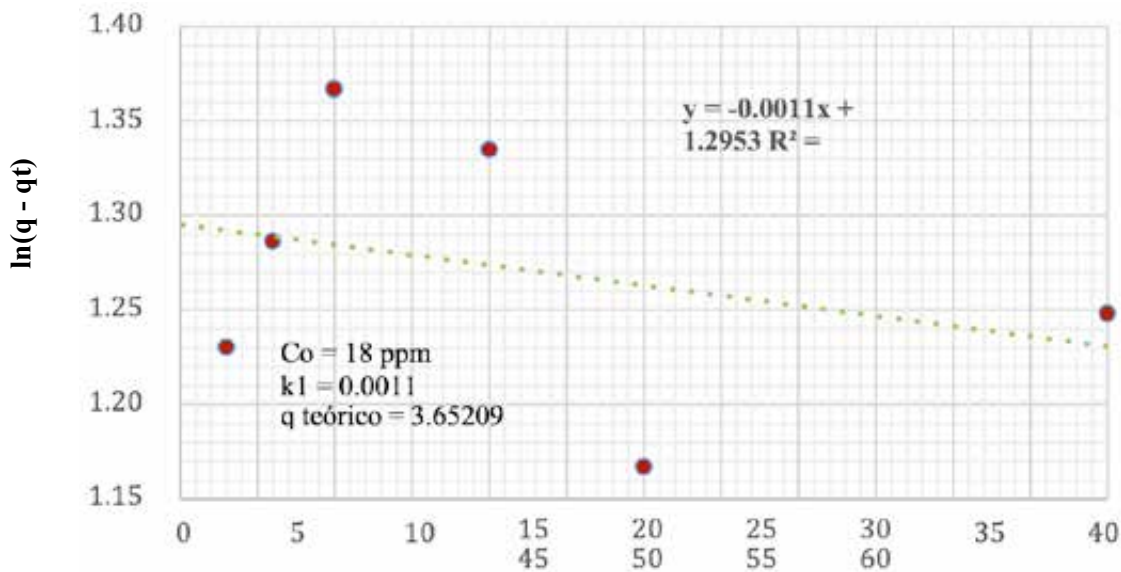


Figura 8. Representación gráfica del modelo de Langergren (pseudo primer orden) del proceso de adsorción de Cd⁺². Parámetros: pH 7.35, temperatura 24.5°C, velocidad agitación 175 rpm, razón (S/L) =

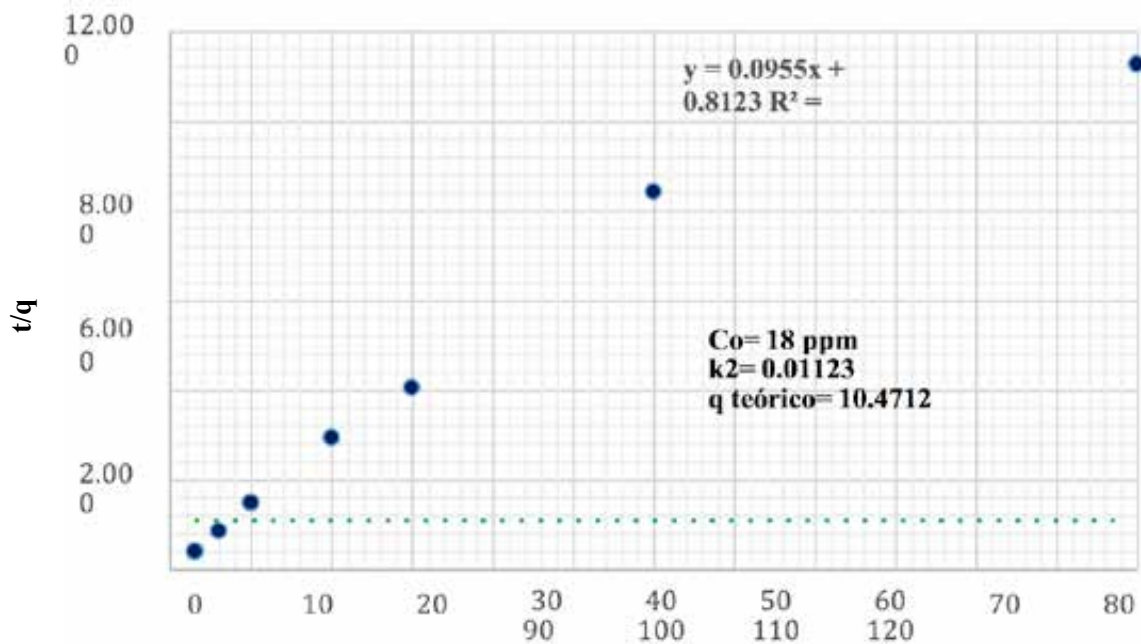


Figura 9. Representación gráfica del modelo de Ho (pseudo segundo orden) del proceso de adsorción de Cd⁺²

Parámetros: pH 7.35, temperatura 24.5°C, velocidad agitación 175 rpm, razón (S/L) = 1

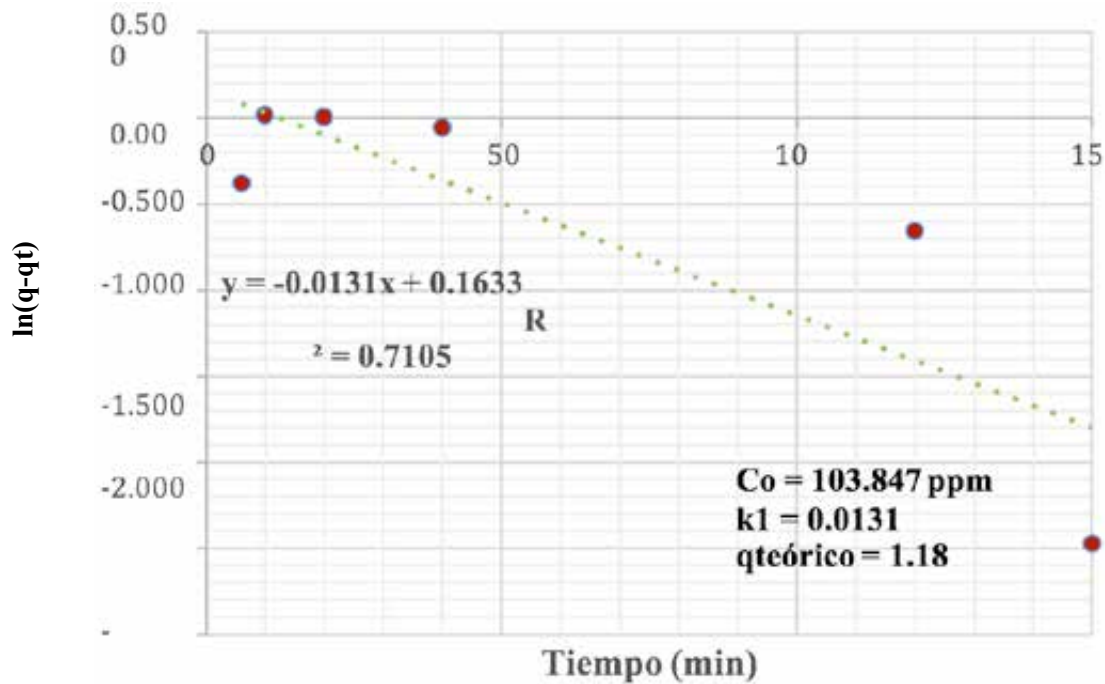


Figura 10. Representación gráfica del modelo de Langergren (pseudo primer orden) del proceso de adsorción de Cd^{+2} . Parámetros: pH 7.35, temperatura 10°C, velocidad agitación 175 rpm, razón (S/L) = 3

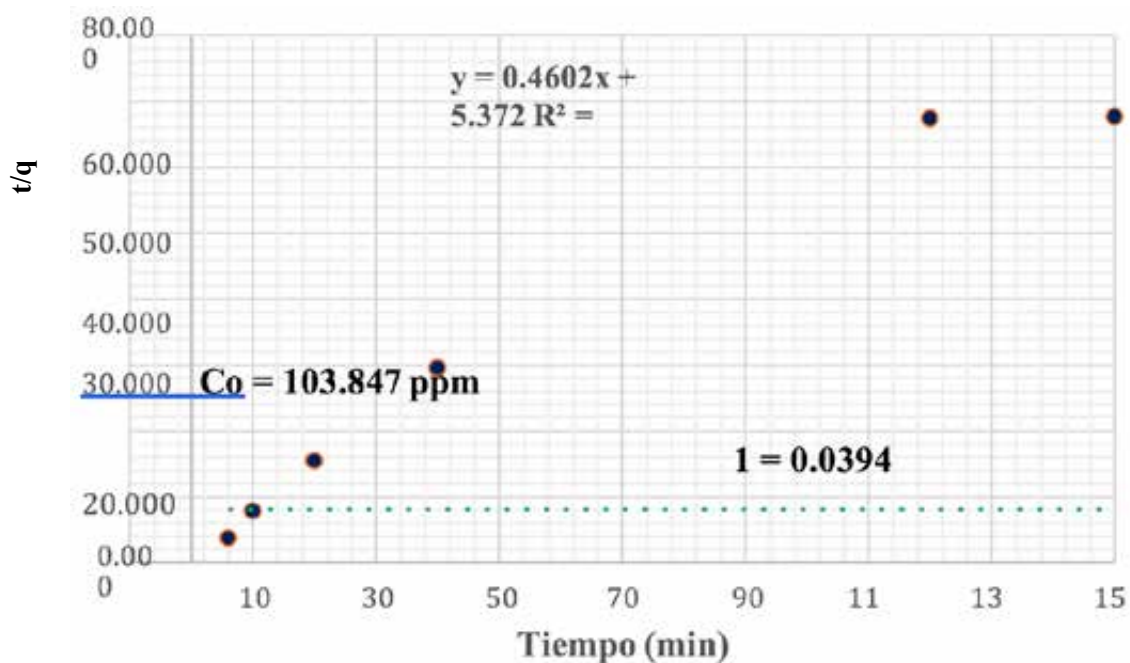


Figura 11. Representación gráfica del modelo de Ho (pseudo segundo orden) del proceso de adsorción de Cd^{+2}

Parámetros: pH 7.35, temperatura 10°C, velocidad agitación 175 rpm, razón (S/L) = 3

Tabla 6 Parámetros cinéticos de cadmio

Pseudo primer orden Pseudo segundo orden

Co (mg/L)	T (°C)	q _{exp} (mg/g)	q _{modelo k1} (mg/g)	R ² (min ⁻¹)	q _{modelo k2} (mg/g)	R ² (mg/g-min)
18	24.5	10.6	3.65	0.0011	9.95	10.471 0.01123
103.85	10.0	2.3	1.18	0.0131	71.65	2.173 0.0394

Fuente: Elaboración propia

De los datos presentados en la tabla 6 se determinó que el modelo matemático que se ajusta de mejor manera al proceso de la adsorción de cadmio es el modelo cinético de pseudo segundo orden para ambas isotermas siendo sus coeficientes de correlación de 99.54 y 96.47, lo que valida la concordancia de los valores de q experimental 10.6 mg/g y 2.3 mg/g (figuras 9 y 11) con los valores de q del modelo 10.471 mg/g, 2.173 mg/g . Con respecto al modelo cinético pseudo primer orden, los valores de q experimental difieren con los valores de q del modelo, lo que se evidencia en el coeficiente de correlación R² que se aleja de la unidad, como lo presentado en las figuras 8 y 10.

3.8. Termodinámica de adsorción

A partir de los datos obtenidos de las isotermas a tres diferentes temperaturas de proceso (24.5, 35 y 45 °C) y aplicando la ecuación 4, se tienen los siguientes resultados:

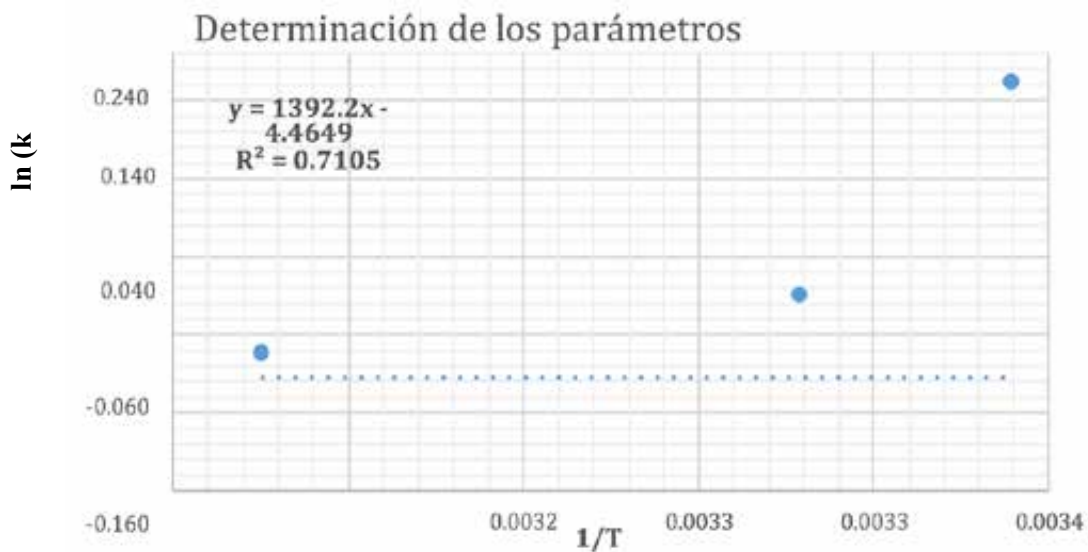


Figura 12. Representación gráfica del ajuste lineal del modelo termodinámico propuesto para la adsorción de Cd⁺²

Parámetros: pH 7.35, temperatura 24.5, 3 y 45°C, velocidad agitación 175 rpm.

A partir de la ecuación obtenida con la línea de tendencia lineal se obtuvieron los siguientes resultados: tabla 7 Parámetros termodinámicos del proceso de Adsorción de cadmio

K	LN(K)	T (K)	1/T	°ΔG kJ/mol	°ΔH kJ/mol	°ΔS J/mol
1.30	0.262	299.5	0.0033	-0.653	-11.6	-0.0371
0.990	-0.010	305	0.0033	0.025		
0.920	-0.083	320	0.0031	0.222		

Los resultados presentados en la tabla 7 muestran que con un aumento de temperatura en el proceso de adsorción produce una ligera disminución del proceso de adsorción, así mismo el valor determinado de ΔH° indica que el proceso es exotérmico, por lo cual un incremento de la temperatura no favorece el proceso de adsorción, asimismo de acuerdo a los datos obtenidos para la energía libre de Gibbs, estos indican que a temperaturas superiores a 35°C la reacción tiende a la no espontaneidad. Estos resultados concuerdan con el ajuste de los datos experimentales al modelo de Freundlich, que describe una adsorción del tipo físico, con predominancia de interacciones electrostáticas, a mayor temperatura mayor agitación atómica de los iones por lo cual esta interacción se debilita.

Por otro lado, de acuerdo a la según la teoría de la doble capa eléctrica del modelo de Debye-Hückel al aumentar la concentración de cationes, el espesor de la capa de solvatación es menor, y en consecuencia, la energía necesaria para la desolvatación también es menor (Hiemenz, 1997).

La entropía determinada de -0.037 J/mol , expresó menor aleatoriedad y más orden en el sistema de adsorción; antes de ocurrir la adsorción, los iones de cadmio cercanos a la superficie del adsorbente estarán más ordenados que en estado adsorbido. Esta adsorción física es deseable debido a la menor energía para ser superada por iones metálicos para una fácil desorción de la superficie del cerámico modificado durante los procesos de regeneración como lo ocurrido con trabajos de Dawodu et al. 2014.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo la mayor capacidad de adsorción fue de 13 mg Cd por gramo de cerámica modificada a 24.5°C y con 27 ppm de concentración inicial.

El tratamiento de la cerámica por acidificación incrementó el área superficial de 0.18 a $17.04 \text{ m}^2/\text{g}$, la porosidad de 0.000148 a $0.066619 \text{ cm}^3/\text{g}$, el tamaño de los poros se incrementó de 1.43 a 15.9 nm .

Con la aplicación de la linealización con la ecuación de Freundlich, se obtuvieron mejores resultados del coeficiente de R-Pearson 0.97 (24°C), 0.98 (35°C) y 0.89 (45°C), lo que indica que el modelo es Freundlich. La cinética de adsorción correspondió a pseudo segundo orden, con constantes cinética de $0.01123 \text{ mg/g} \cdot \text{min}$ a temperatura de 24.5°C y 18 ppm de concentración y $0.0394 \text{ mg/g} \cdot \text{min}$ a temperatura de 10°C y 103.85 ppm de concentración.

La adsorción de Cd^{+2} , fue de naturaleza exotérmica, con ΔH° de -11.6 kJ/mol , ΔS° igual a -0.0371 kJ/mol que explica irreversibilidad y ΔG° de 0.025 kJ/mol (305K), 0.222 kJ/mol (320K) y -0.653 kJ/mol (300 K) kJ/mol , lo que indica que a mayores temperaturas la reacción tiende a la no espontaneidad.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akpomie, K. G., & Dawodu, F. A. (2016). Acid-modified montmorillonite for sorption of heavy metals from automobile effluent.

ScienceDirect, 1-11.

Albaji, a.; Ziarati, p.; Shiralipour, r. Mercury and Lead Contamination Study of Drinking Water in Ahvaz, Iran. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, v. 19, n. 2, p. 751-755, 2013.

Alicante, U. d. (2019) noviembre 7). <https://sstti.ua.es/es/instrumentacioncientifica/unidad-de-rayos-x/espectroscopia-de-fluorescencia-de-rayos-x.html>. Retrieved from <https://sstti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-rayosx/espectroscopia-de-fluorescencia-de-rayos-x.html>: <http://support.google.com>

Baes, C. F., & Mesmer, R. E. (1986). *The hydrolysis cations*. New York: Krieger.

Bibing. (2019, diciembre 4). Retrieved from bibing: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70358/fichero/CAPITULO2.pdf> Cáceres, V. I., Sánchez, M. J., & Chaparro, G. A. (2017). Evaluación de arcillas caoliniticas-illiticas provenientes de la formación guayabo del Área Metropolitana de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia. *ION*, 117-127.

Dawodu, F. A., & Akpomie, K. G. (2014). Simultaneous adsorption of Ni(II) and Mn(II) ions from aqueous solution onto a Nigerian Kaolinite clay. *Journal of materials researchs and Technology*, 129-141.

Figueroa, D.; Moreno, A.; Hormaza, A. (2014). Equilibrio, termodinámica y modelos cinéticos en la adsorción de rojo 40 sobre tuza de maíz, *Revista Ingenierías. Universidad de Medellín*.

Hiemenz, P. C. The Electrical Double Layer and Double-Layer Interactions. In: *Principles of colloid and surface chemistry*. Third Edition. ed.

New York: Marcel Dekker, Inc., 1997. Cap. 11, p. 514

Madejová, J., Gates, W. P., & Petit, S. (2017). IR spectra of clay minerals. *Infrared and Raman spectroscopies of clay minerals*.

Developments in clay science, 107149.

Marín, C. N., & Vásquez, F. Y. (2019). Adsorción de Cd y Pb en solución acuosa con carbón mineral. Tesis. Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa.

Minsa, D. (2019, setiembre 24). Estándares de calidad ambiental de agua.

Retrieved from http://www.digesa.minsa.gob.pe>DEPA>informes_tecnico>GRUPO DE

Nurchi, V. M., & Villaescusa, I. (2011). The chemistry behind the use of agricultural biomass as sorbent for toxic metal ions: pH influence, binding groups and complexation equilibria. *ResearchGate*, 409-424.

Pérez, L., Salgado, I., Larrea, C., Martínez, A., Cruz, M. E., & Carballo, M. E. (2018). Biosorción microbiana de metales pesados: características del proceso. *Revista cubana de ciencias biológicas*, 1-12.

Rivas, C. F., Núñez, O., Longoria, F., & Gonzalez, L. (2014). Isoterma de Langmuir y Freundlich como modelos para la adsorción de componentes de ácido nucleico sobre WO₃. *Saber*, 43-49.

Salas Pino, M. "coeficientes físico químicos en el proceso de adsorción de metales pesados en aguas contaminadas por relaves mineros, utilizando membrana cerámica de arcilla roja" Tesis de Doctorado, UNSA URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12180> (2020). Taffarel, Silvio Roberto, Rubio, Jorge (2009) On the removal of Mn²⁺ ions by adsorption onto natural and activated Chilean zeolites. *Minerals Engineering*, 22 (4). 336-343 Taffarel y Rubio, 2009

Uechi, L. J. (2016). *Estudio del proceso de adsorción de cadmio y cromo presentes en soluciones acuosas utilizando carbones activados modificados. Tesis maestría*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Diseño y construcción de una impresora 3D FDM de bajo costo

Design and Construction of a Low-Cost 3D FDM Printer

Peña Alegre, Roy Daly¹; Huanaco Huiraccocha, Yeison Anthony²
170754@unsaac.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-3215-7398>
195307@unsaac.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-3921-8501>

1,2 Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Resumen

La impresión 3D es una industria que en la última década ha experimentado un gran crecimiento debido a su capacidad de personalización y adaptabilidad para diferentes aplicaciones. Sin embargo, en Perú la masificación de esta tecnología todavía está en sus inicios, mayormente por sus elevados costos. Por este motivo, el presente artículo propone un modelo de bajo costo y fácil construcción para implementar una impresora 3D basada en FDM, que proporciona un desempeño comparable a las impresoras comerciales, resultando en una opción viable al menos para aplicaciones que no necesitan un muy alto nivel de detalle. Esto es plasmado en una comparación cuantitativa y cualitativa respecto a una impresora comercial, para obtener el error y la precisión de la impresora propuesta.

Palabras clave: Impresión 3D, tecnología FDM, extrusión, software libre, termoplásticos

Abstract

3D printing is an industry that has grown rapidly over the last decade due to its capacity of customization and adaptability in different applications. However, the massification of this technology in Peru is still at an early stage, because of the high costs. For this reason, this article proposes a low-cost and easy-to-build model in order to implement an FDM-based 3D printer, which provides a comparable performance than commercial printers, resulting in a viable option at least for applications that do not require a very high detail level. This is expressed in a quantitative and qualitative comparison with a commercial printer, to obtain the error and accuracy of the proposed printer.

Key words: 3D printing, FDM technology, extrusion, free software, thermoplastics

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la impresión 3D es una de las tecnologías más utilizadas para la creación de objetos y prototipos 3D. Los inicios de esta industria se remontan a la década de los 80s bajo el nombre de “prototipado rápido” en Japón (When Was 3D Printing Invented? The History of 3D Printing, 2020) y desde entonces ha evolucionado de manera vertiginosa.

Aunque existen varios métodos para la fabricación de objetos mediante la impresión 3D, como la fotopolimerización (SLA), inyección aglutinante (BJ), extrusión de material (FDM), entre otros; la tecnología más empleada para la producción en bajo volumen es la de extrusión de material, esto se debe principalmente al costo, ya que las impresoras FDM son más económicas. Estas impresoras emplean un proceso llamado manufactura aditiva, el cual consiste en construir un objeto tridimensional a través de la creación sucesiva de capas (Redwood et al. 2018).

Si bien el uso de impresoras 3D es bastante amplio en lugares como Europa, Asia y EE. UU., en Perú es un campo relativamente nuevo. Sin embargo, ya existen varios proyectos de universidades peruanas que emplean esta tecnología. No obstante, en Cusco aún queda mucho por trabajar ya que todavía no se han visto grandes avances. Esto se debe a que la impresión 3D en países de Latinoamérica aún no está muy extendida ya que los costos siguen siendo relativamente elevados.

Una de las razones por las que la impresión 3D es un campo cada vez más popular y con gran proyección, es porque tiene diversos campos de aplicación como la medicina, odontología, educación, arte, arquitectura, aeronáutica, robótica, etc. (*¿Qué es la impresión 3D?*, 2021) Esto se debe a su gran capacidad de personalización de productos, ya que se pasa de una manufactura estandarizada a una manufactura personalizada.

2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para implementar la impresora 3D es necesario tener una estructura base, la que define la rigidez y las posibles vibraciones de la impresora. Esta estructura se construye con perfiles ranurados de aluminio y piezas impresas en 3D para las uniones. Por otro lado, la mecánica del sistema que es la que se encarga del movimiento y funcionamiento de los ejes, se implementa con rodamientos, varillas, husillos y también algunas partes impresas en 3D.

Una característica propia de las impresiones que utilizan modelamiento por deposición fundida (FDM) es el control de flujo del material de impresión mediante un motor paso a paso. El material utilizado suele ser termoplásticos entre los cuales destacan: Acido Poliláctico (PLA), Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) y Tereftalato de polietileno (PET). Además se necesita un sistema mecánico para el desplazamiento del filamento y un sistema de calefacción para fundir el filamento.

Un último grupo de componentes utilizados es la parte electrónica, en la cual el dispositivo principal es la placa Arduino MEGA 2560 con una placa escudo RAMPS 1.4. De igual forma, se requieren drivers DRV8825 para controlar los motores paso a paso NEMA 17 que pueden ser reciclados para disminuir el costo. Asimismo se emplean sensores de temperatura y finales de carrera para un funcionamiento correcto del sistema propuesto y supervisar el proceso de impresión (Qaryouti et al. 2019). Además se utiliza una fuente de poder ATX de 300W para suministrar la potencia necesaria.

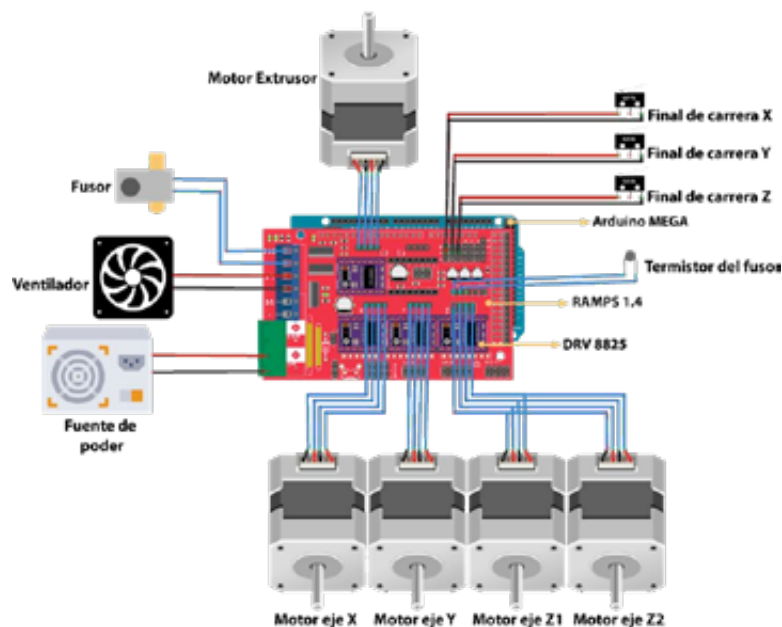


Fig. 1: Esquema de conexión de la parte electrónica

2.2. Metodología

La construcción de la impresora 3D basada en FDM sigue los siguientes pasos: a) Diseño de partes b) Impresión de partes c) Ensamblaje d) Instalación de controlador/programa y e) Calibración y pruebas.

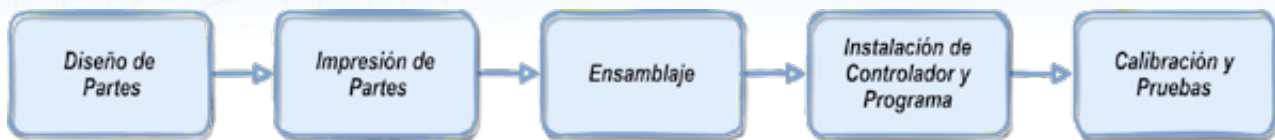


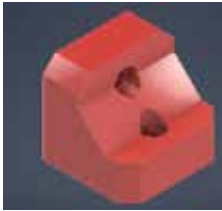





Fig. 2: Diagrama de flujo del proceso de implementación de la impresora 3D

Para reducir costos, se utilizan partes impresas en otra impresora 3D, por lo que es necesario diseñar estas uniones, zócalos, soportes y carriles; lo cual se realiza en el software de diseño CAD Autodesk Inventor Professional 2022. Este diseño digital de la impresora 3D se muestra en la figura 3 así como en la tabla 1 se detalla los elementos que deben ser impresos.



Fig. 3: Diseño en Autodesk Inventor

Tabla 1: Partes impresas para el ensamblaje

N°	DESCRIPCIÓN	MODELO 3D	N°	DESCRIPCIÓN	MODELO 3D
1	Escuadra Cantidad: 8 Medidas: 28x25x25mm		9	Soporte eje Z Cantidad: 2 Medidas: 57x26x8mm	
2	Slot forma L Cantidad: 8 Medidas: 29.5x22.2x29.5mm		10	Ejes Z Cantidad: 2 Medidas: 49x33x50mm	
3	Soporte Eje Y Cantidad: 4 Medidas: 32x20x24mm		11	Soporte motor eje X Cantidad: 1 Medidas: 42x54x8mm	

4	Soporte motores eje Z Cantidad: 2 Medidas: 42x65x16mm		12	Soporte superior eje Z Cantidad: 2 Medidas: 25.5x50x19mm	
5	Eje Y Cantidad: 2 Medidas: 70x22x24mm		13	Eje X Cantidad: 1 Medidas: 27.5x50x56mm	
6	Soporte polea eje Y Cantidad: 1 Medidas: 23x36x16mm		14	Soporte ventiladores Cantidad: 1 Medidas: 58x53x40mm	
7	Soporte motor eje Y Cantidad: 1 Medidas: 30x65x42mm		15	Soporte motor extrusor Cantidad: 1 Medidas: 11.5x56x55mm	
8	Soporte cama Cantidad: 4 Medidas: 36x28.5x6mm		16	T slot Cantidad: 30 Medidas: 12x22x4.25mm	

Utilizando el termoplástico PLA previamente descrito, se imprimen las piezas diseñadas. Luego el ensamblaje de la impresora 3D se realiza en base a la figura 3, considerando la movilidad del sistema y los elementos electrónicos anteriormente detallados. La impresora 3D completamente armada se muestra en la figura 4.

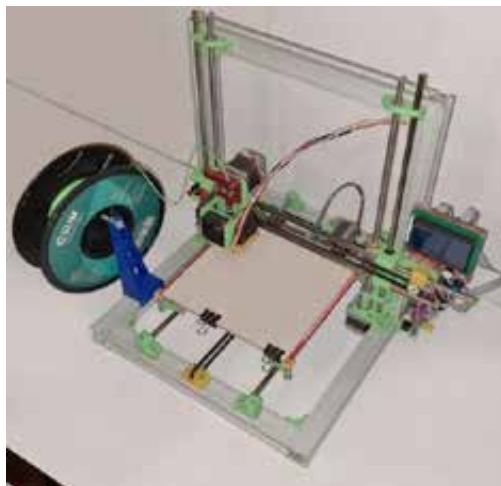


Fig. 4: Impresora propuesta implementada

Para el control y operación de los motores paso a paso, el extrusor y el sistema en general, se utiliza el firmware Marlin 2.0 (*Marlin Firmware, s.f.*) cargado a la placa de microcontrolador Arduino Mega 2560. Y el control de la impresora 3D se realiza mediante el programa Repetier Host 2.2.2 conectado al Arduino Mega mediante un cable USB A/B.

Finalmente se realiza la configuración necesaria para la impresión 3D, particularmente para el plástico PLA. El diagrama de flujo del funcionamiento de la impresora 3D propuesta se muestra en la figura 5 (Hoque et al. 2019).

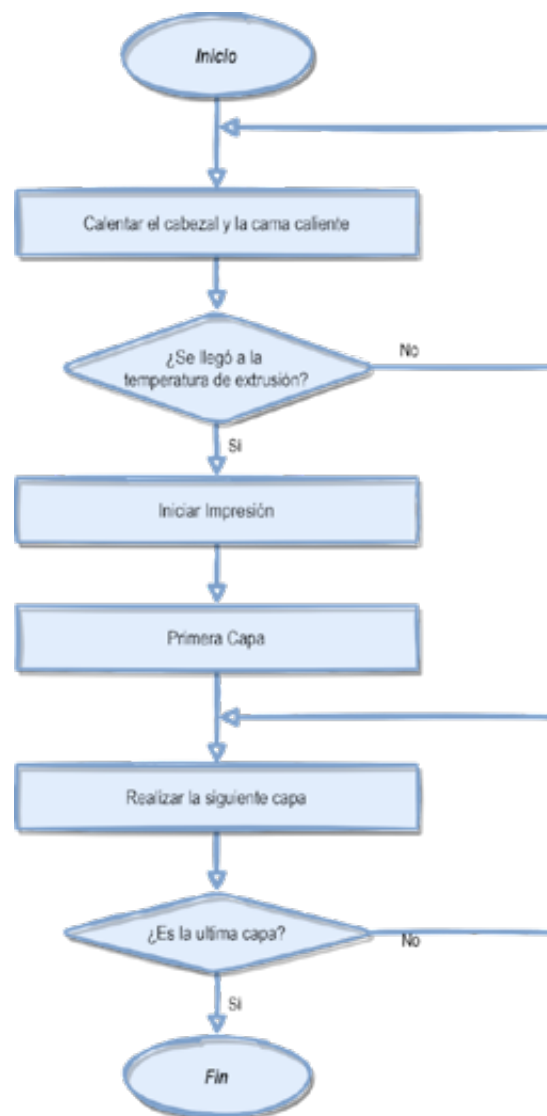

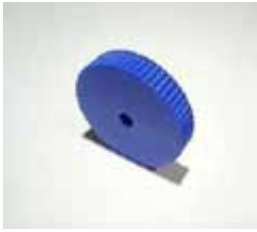









Fig. 5: Diagrama de flujo del funcionamiento de la impresora 3D

3. RESULTADOS




Con la impresora 3D implementada en la figura 4 y la instalación del controlador y el software, se procede a realizar las impresiones de prueba de modelos 3D obtenidos del repositorio Thingiverse (*Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects, s.f.*) utilizando filamento PLA para realizar una comparación de calidad en las tablas 2 y 3.

Tabla 2: Comparación cualitativa de la impresora propuesta

Modelo digital	Impresora Propuesta	Impresora Artillery Genius	Observaciones
			Velocidad exterior de extrusión: 30 mm/s Temperatura de extrusión: 205°C
			Velocidad exterior de extrusión: 40 mm/s Temperatura de extrusión: 205°C
			Velocidad exterior de extrusión: 50 mm/s Temperatura de extrusión: 205°C

La tabla 2 muestra una comparación cualitativa de la calidad de impresión respecto a una impresora comercial Artillery Genius. Además para cada modelo digital, la impresión es realizada a una velocidad diferente para una mejor comparación visual.

Tabla 3: Comparación cuantitativa de la impresora propuesta

Figura impresa	Medidas deseadas	Medidas obtenidas	Error
	Radio: 25 mm Altura: 25 mm	Radio: 24.8 mm Altura: 24.5 mm	Radio: 0.8% Altura: 2%
	Largo: 25 mm Ancho: 25 mm Altura: 25 mm	Largo: 24.8 mm Ancho: 24.9 mm Altura: 24.7 mm	Largo: 0.8% Ancho: 0.4% Altura: 1.2%
	Largo: 25 mm Ancho: 25 mm Altura: 25 mm	Largo: 24.9 mm Ancho: 24.8 mm Altura: 24.7 mm	Largo: 0.4% Ancho: 0.8% Altura: 1.2%

Por otro lado, la tabla 3 muestra una comparación cuantitativa de las dimensiones de las impresiones realizadas, así como las dimensiones establecidas y los errores considerando una velocidad de extrusión de 40 mm/s en cada caso y una temperatura de extrusión de 205 °C.

4. DISCUSIÓN

De la tabla 2, se aprecia que la calidad de extrusión con la impresora implementada es comparable con la impresión comercial a bajas velocidades, pero a medida que se aumenta la velocidad, la impresora implementada pierde resolución y calidad. De igual manera el tiempo de impresión es aproximadamente el mismo para ambas impresoras, siendo 26m, 1h11m y 1h2m para cada impresión respectivamente. Se evidenció que la pérdida de calidad ocurre por el ensamblaje no tan preciso de la parte mecánica, la falta de amortiguadores de vibración y la inercia. Esto debido a que el diseño mecánico propuesto utiliza un modelo de desplazamiento basado en varillas lisas mientras que la impresora comercial presenta un modelo basado en perfiles de aluminio.

La minimización del error de resolución se puede lograr mediante el uso de sensores más precisos como los finales de carrera ópticos y un sensor de nivelamiento automático. Respecto al diseño mecánico, se pueden modificar algunas piezas para incrementar la estabilidad estructural. También se puede aumentar la precisión ajustando de manera empírica los parámetros de impresión en el software como velocidad, aceleración, temperatura de extrusión, abertura de cabezal y altura de capa.

Para la tabla 3, se obtiene el grado de precisión o error de la impresora para diversas figuras geométricas. En este caso los errores de las dimensiones se sitúan menor a 2%, por lo que para aplicaciones que no requieran una precisión milimétrica las partes impresas son aceptables por el bajo costo (150\$) de la impresora implementada, que se puede reducir aún más pero a cambio de disminuir la calidad de las impresiones.

Es interesante acotar que aunque no se toma en consideración la calidad del filamento utilizado también influye en el resultado final, ya que los parámetros de extrusión como temperatura y abertura de cabezal deben ser variados de acuerdo con el filamento en cuestión. Para las impresiones mostradas anteriormente, se utilizó una altura de capa de 0.2 mm, un diámetro de cabezal de 0.4mm y una temperatura de extrusión de 205°C para filamento PLA (ambos de la misma marca).

5. CONCLUSIONES

Para el modelo de impresora 3D propuesto, se obtuvo una calidad de impresión comparable a una impresora comercial a bajas velocidades de impresión. Por ello, para trabajos que no requieren un alto nivel de detalle es una opción viable.

Ya que la tecnología utilizada es FDM y el modelo de desplazamiento está basado en varillas lisas, el proceso de ensamblaje resulta bastante sencillo y no se requieren muchas herramientas. No obstante, debido al ensamblaje manual, la impresora genera ruido y vibraciones en la estructura, los cuales disminuyen la calidad de la impresión.

Es posible reducir el error por software configurando empíricamente los parámetros de impresión, y por hardware utilizando sensores más precisos o también reemplazando algunas piezas para obtener un diseño más estable.

Debido al uso del controlador Marlin de código abierto, el proceso de instalación y configuración es bastante sencillo, ya que existe una amplia documentación y guías en la web. De igual forma, el programa Repetier Host ofrece una amplia configuración de los parámetros de la impresora que permiten obtener un ajuste personalizado.

La impresora 3D implementada puede ser utilizada para realizar futuros trabajos como conexión de la impresora a la nube o incorporación de un sistema de extrusión múltiple.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hoque, M. M., Jony, M. M. H., Hasan, M. M., & Kabir, M. H. (2019). Design and implementation of an FDM based 3D printer. *2019 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Materials and Electronic Engineering (IC4ME2)*.

MarlinFirmware. (n.d.). *Marlin Firmware*. Marlinfw.Org; MarlinFirmware. Retrieved October 23, 2021, from <https://marlinfw.org>

Qaryouti, G., Salbad, A. R., Tamimi, S. A., Almofleh, A., Salah, W. A., & Jaber, Q. (2019). Design and implementation of a three dimensions (3D) printer for modeling and pre-manufacturing applications. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 9(6), 4749.

¿Qué es la impresión 3D? (2021, October 6). Autodesk.Com. <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>

Redwood, B., Schöffner, F., & Garret, B. (2018). *The 3D printing handbook: technologies, design and applications* (3rd ed.). 3D Hubs.

Thingiverse - *Digital Designs for Physical Objects*. (n.d.). Thingiverse.Com. Retrieved October 23, 2021, from <https://www.thingiverse.com>

When was 3D printing invented? *The history of 3D printing*. (2020, May 15). Bcn3d.Com. <https://www.bcn3d.com/the-history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/>

Diseño y dimensionamiento de una Red Mesh Wifi Autosustentable y administrable para la zonas rurales del Cusco

Design and dimensioning of a Self-Sustainable and Administrable Mesh Wifi Network for the rural areas of Cusco

Walter Utrilla M.¹, David Vega Q.², Rossy Uscamaita Q.³, Efrain Ugarte C.⁴, Norhelia Saihua T.⁵, Marycel Uscamaita⁶.

Escuela profesional de Ingenieria Electronica, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco
Cusco, Perú

walter.mego@unsaac.edu.pe,

b2rcla42@gmail.com,

rossy.uscamaita@unsaac.edu.pe,

090834@unsaac.edu.pe,

101692@unsaac.edu.pe,

110288@unsaac.edu.pe.

Resumen

Este artículo presenta los resultados del diseño e implementación de una red mesh Wi fi autosustentable y administrable, que conecta internet a personas de la comunidad de Juan Velasco Alvarado-Pucyura- Cusco (zona rural), además administra el acceso de la red con el fin de que este servicio sea de uso exclusivo para la educación.

Palabras clave: Redes Mesh, autosostenible, administrable, Cusco, educación

Abstract

This article presents the results of the design and implementation of a self-sustaining and administrable Wi fi mesh network, which connects the Internet to people in the community of Juan Velasco Alvarado-Pucyura- Cusco (rural area), in addition to managing network access in order to that this service is for the exclusive use of education.

Keywords: Mesh Networks, self-sustaining, managing network, Cusco, education.

1. INTRODUCCIÓN

Con el tiempo el internet se convirtió en una herramienta esencial en la vida de las personas, más aún para aquellos que están en etapa de formación escolar y profesional. Las ciudades son de alguna manera más privilegiadas por el costo y la accesibilidad al servicio de internet; sin embargo, sucede lo contrario en las zonas rurales debido a la poca o nula accesibilidad, además de que las familias de zonas rurales tienen poco poder adquisitivo para acceder a este servicio (INEI,2020) . Los sucesos recientes como el covid-19 aumentaron la demanda del uso del internet, debido a que las clases se tornaron virtuales (Agencia Andina,2020).

El objetivo de este trabajo es mostrar el diseño de una red Mesh autosostenible y administrable que permita mitigar los efectos del Covid en el ámbito educativo y a su vez disminuya la brecha social de las zonas rurales.

La idea básica de una red Mesh es crear una malla inalámbrica con nodos que forman la columna vertebral de la red. Los nodos pueden ser agregados y configurados según las necesidades de cobertura de la red (Ubiquiti N, 2019).

La metodología de este proyecto consiste en diseñar un red mesh que pueda conectar a internet a la mayoría de personas en zonas rurales. Adicionalmente de controlar el uso de esta, con el fin de disminuir el tráfico de datos y que sea de uso exclusivo para la educación, con usuarios que estén en el colegio, universidades e institutos. Después del diseño sigue la implementación de la red mesh, con la configuración de equipos, prueba y verificación de la red mesh.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ámbito geográfico

En el Perú existen 7267 comunidades reconocidas a nivel nacional y este presente trabajo tiene como escenario la comunidad campesina Juan Velasco Alvarado del distrito de Pucyura, provincia Anta del departamento de Cusco, con una altitud de 3400 m.s.n.m. y 165 comuneros empadronados.

2.2. Dimensionamiento de la fuente de alimentación

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de varios equipos (ver fig1) que permiten que la energía solar se convierta en energía eléctrica y se pueda utilizar como fuente de alimentación para equipos eléctricos o electrónicos, este sistema está integrado por: el panel solar, el regulador, batería y un elevador de voltaje de acuerdo a la necesidad de la carga (Valdiviezo,2014)



Fig 1 Sistema fotovoltaico

2.2.1. Cálculo de consumo de energía por las cargas

El cálculo de energía es para las cargas (antenas), que se utilizarán en la red mesh (ver fig 2)



Fig 2 Antenas ubiquiti

En la tabla 1 se muestra los consumos energéticos de las antenas

Tabla 1 Consumo total UAP-AC-M

EQUIPO	CONSUMO	EQUIPO	CONSUMO
UAP-AC-M	8W	UAP-AC-M-PRO	9W
Elevador de voltaje	0.5W	Elevador de voltaje	0.5W
Regulador de voltaje	0.5W	Regulador de voltaje	0.5W
TOTAL	9W	Consumo total	10W

Para calcular la dimensión de los paneles y las baterías se tiene que considerar adicionalmente los siguientes criterios:

- Que la alimentación no sea interrumpida, si no hubiera sol durante un día
- El panel solar aproximadamente obtiene máxima potencia alrededor de 5 horas al día

2.2.2. Cálculo de baterías

La potencia total de la UAP-AC-M es de $P_t = 9W$, el consumo por hora es $9Wh$, en un día (24 h) es $216Wh$. Si no hubiera sol durante un día se necesita por lo menos 42 horas hasta el siguiente ciclo de recarga, entonces la potencia necesaria sin alimentación de los paneles solares es de:

$$P_r = P_t * horas \quad (1)$$

$$P_r = 9 * 42$$

$$P_r = 378 Wh$$

De (1) se observa que se necesita una batería que pueda almacenar energía mayor igual a $378 Wh$, por lo que la corriente necesaria es de:

$$P_r = I_{AH} * V \quad (2)$$

$$378 Wh = I_{AH} * 12v$$

$$I_{AH} = 31.5 Ah$$

De (2) se observa que se necesita una batería de 12 V con una capacidad mayor o igual a 31.5 Ah.

Los cálculos de (1) y (2) se repiten para la UAP-AC-M-PRO y se obtiene una batería mayor o igual a 35Ah.

2.2.3. Cálculo de potencia de paneles solares

Para la UAP-AC-M se necesita cargar 378 Wh en aproximadamente 5h, por lo que la potencia requerida del panel es de:

$$P_r = P_{panel} * R * Horas_u \quad (3)$$

$$378 Wh \leq P_{panel} * 0.8 * 5$$

$$P_{panel} \geq 94.5 W$$

Donde

R= es la relación de transferencia de carga Horas_u = es el tiempo útil de la carga

De (3) se concluye que se necesita un panel mayor igual a 94.5 W para la antena, mientras que para la UAP-AC-M- PRO se necesita un panel mayor o igual a 100 W.

Para cumplir con los cálculos de baterías y paneles se adquirió los siguientes equipos:

Módulo fotovoltaico

- Maxima potencia (Pmax) 100W
- Máximo Voltaje 18V
- Máxima corriente 5.56A
- Voltaje circuito abierto 21.6V
- Corriente de corto circuito 6.12 A
- Eficiencia del panel 19%
- Batería
- Tipo Monocristalino
- Tipo Gel
- Bateria 38AH/20H

Controlador de Carga

- Tension de bateria 12 V / 24 V
- Corriente máxima de la batería 15 A
- Potencia FV nominal 12 V 220 W
- Máxima corriente en corto circuito 15 A
- Eficiencia máxima del 98%
- Autoconsumo 12V:20 mA
- Tensión de carga de absorción 14.4 V / 28.8 V
- Corriente de carga continua 15 A
- Peso 0.5 Kg

Accesorios

- Cable Vulcanizado NLT 2x14
- Cintillos
- Cinta aislante
- Conectores

2.3. Dimensionamiento de la red Mesh

2.3.1. Dimensionamiento del enlace

Para el dimensionamiento del enlace es necesario tomar en consideración las características propias del ámbito geográfico (Johnson et al, 2009) .

Tabla 2 Coordenadas de los puntos

Pucyura	Comunidad Juan Velasco Alvarado
Latitud -13.480052°	Latitud -13.475847°
Longitud -72.114734°	Longitud - 72.098387°
Ground elevation 3387.9 m	Ground elevation 3411.5
Antenna height 7.0 m	Antenna height 3.m
Azimuth 75.19 TN 80.84 MG °	Azimuth 255.18 TN 260.85 MG °
Tilt - 0.61°	Tilt -0.62°

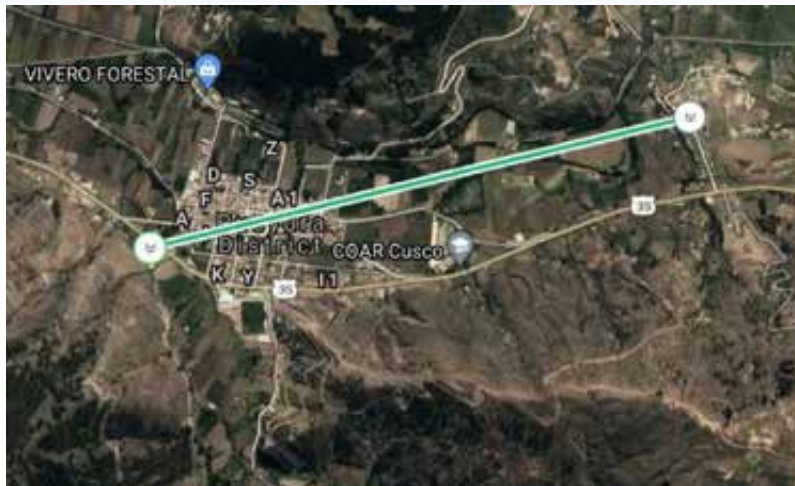


Fig 3 Alineación de la antena para conexión a internet

En la figura 3 se observa dos puntos en la imagen que fueron seleccionados de acuerdo a criterios técnicos para cumplir con las alturas óptimas.

El punto uno (a la izquierda de la imagen) es el lugar donde tenemos conexión a internet y el punto dos (a la derecha) es el lugar de destino. Al momento de alinear ambos puntos, se debe contar con línea de vista para no perder potencia por desalineamiento y el ancho de haz de la antena (como muestra la figura 6).

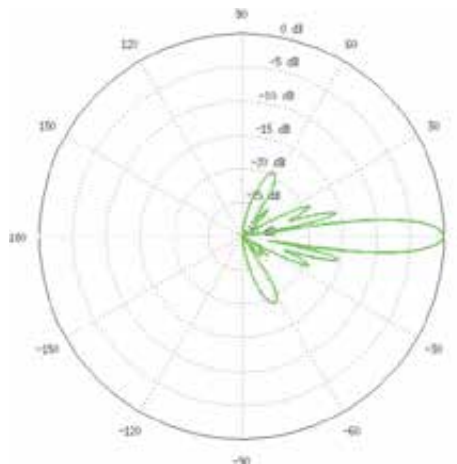


Fig 4 Ancho de haz de las antenas

Según la hoja de datos del fabricante la máxima potencia que puede transmitir el equipo es de 25 dBm (310 mW) y la sensibilidad del equipo es de -74 dBm; sin embargo, es variable de acuerdo al tipo de modulación.

La potencia de transmisión y la ganancia de la antena es:

$$TX_{power} = 20dBm$$

$$TX_{ganancia\ antena} = 25dBi$$

La pérdida de espacio libre es de $FSP_{dB} = 112.93\ dB$

La potencia recibida en el receptor es de $P_{rx} = -48.93\ dBm$

Por lo tanto, se concluye que la potencia recibida es suficiente para obtener un ancho de banda considerable a menos que exista interferencia.

2.3.2. Cálculo de distancia para posicionamiento de equipos de punto de acceso (AP)



Fig 5 Antenas receptoras en las dos bandas 2.5 GHz y 5.8 GHz

Para determinar la distancia máxima de posicionamiento de los puntos de acceso, se calcula la potencia recibida en el receptor de las dos bandas 2.5 GHz y 5.8 GHz.

Cálculo de distancia máxima para la banda de 2.4 GHz para los equipos UAP-AC-M

$$FSPL_{dB} = 20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(f) - 147.55$$

$$P_{rx} = P_{tx} + G_{tx} - L_{tx} - FSPL - L_a + G_{rx} - L_{rx}$$

Donde:

L_a : Pérdida por mal alineamiento y otros factores

La mayoría de los equipos WiFi pueden transferir con un ancho de banda dentro de los -67 dBm en el receptor,

$$-67 \text{ dBm} = 15 + 3 - 0 - FSPL - 6 + 3 - 0$$

$$FSPL = 82 \text{ dBm}$$

$$FSPL_{dB} = 20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(f) - 147.55 = 82 \text{ dBm}$$

$$20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(2.4 \cdot 10^9) - 147.55 = 82 \text{ dBm}$$

$$20 \cdot \log_{10}(d) + 187.60 - 147.55 = 82 \text{ dBm}$$

$$20 \cdot \log_{10}(d) = 41.95 \text{ dBm}$$

$$\log_{10}(d) = 2.097$$

$$d = 125 \text{ m}$$

Cálculo de distancia máxima para la banda de 5.8 GHz para los equipos UAP-AC-M

$$FSPL_{dB} = 20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(f) - 147.55$$

Para bandas en 5.8 GHz la sensibilidad es menor alrededor de -67 dBm que permita un ancho de banda considerable.

$$-67 \text{ dBm} = 15 + 4 - 0 - FSPL - 6 + 4 - 0$$

$$FSPL = 84 \text{ dBm}$$

$$FSPL_{dB} = 20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(f) - 147.55 = 84 \text{ dBm}$$

$$20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(5.8 \cdot 10^9) - 147.55 = 84 \text{ dBm}$$

$$20 \cdot \log_{10}(d) + 195.26 - 147.55 = 84 \text{ dBm}$$

$$20 \cdot \log_{10}(d) = 36.29 \text{ dBm}$$

$$\log_{10}(d) = 1.8141$$

$$d = 65 \text{ m}$$

El valor obtenido de la distancia de 65 metros es referencial, en la práctica la posición puede variar ligeramente de acuerdo a la potencia de transmisión siempre cuidando que no se excedan de lo reglamentado por la MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Perú).

3. RESULTADOS

3.1 Carga y descarga de la batería

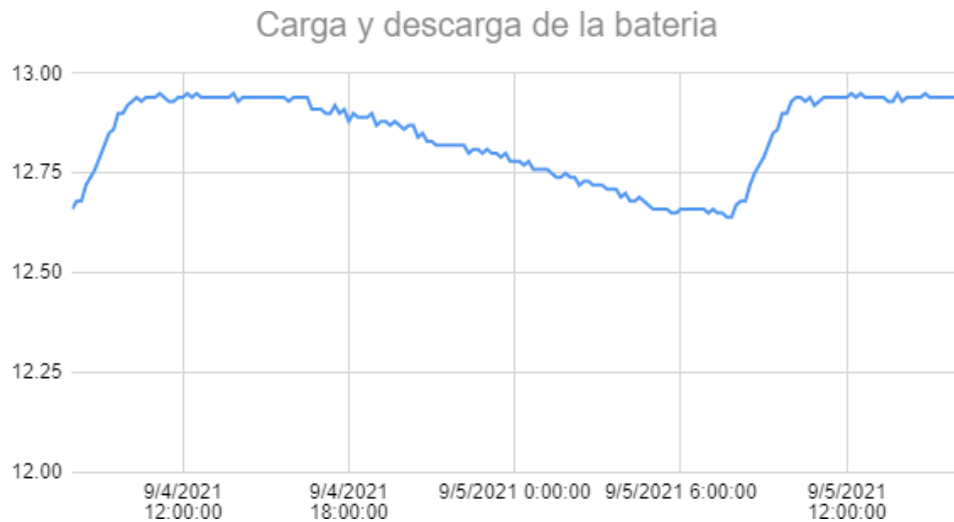


Fig 6

En la figura 6 se muestra la carga y descarga de la batería recolectado por el sistema IOT basado en el microcontrolador ESP32 (Hillar G.,2007) , donde se observa que en ningún momento desde el día 4/09 al 5/09 hay descarga completa de la batería.

3.2. Prueba de velocidad de transferencia según la distancia

Cuando un cliente está cerca a los puntos de acceso principal (AP), experimenta velocidades altas; sin embargo, cuando este se aleja también la velocidad cae esto se explica porque la relación señal a ruido también disminuye.

Para realizar la prueba de ancho de banda con respecto a la distancia se consiguió una velocidad de 53 Mb en la AP principal luego con un dispositivo móvil se captura la velocidad y la posición del cliente conforme se va alejando; por tanto en aplicaciones reales es necesario una distancia considerable para poder obtener un ancho de banda que pueda ser suficiente para comunicaciones de streaming o vídeo.

La siguiente imagen prueba que la distancia disminuye la velocidad de transferencia.

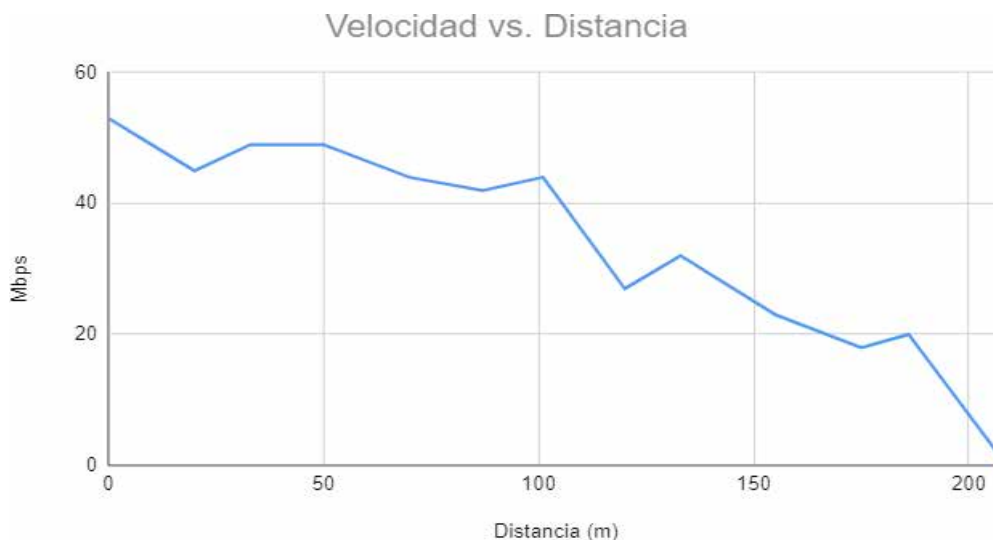


Fig 7 Velocidad de transferencia vs distancia.

A una distancia de 100 metros hay una caída de velocidad de 15% sin embargo a 120 metros la velocidad llega a caer a 50%. Esta prueba fue realizada en la banda de 2.4 GHz algo similar ocurre en la banda de 5 GHz donde la distancia de cobertura suele ser menor que la banda 2.4 GHz.

3.3. Posicionamiento de la red mesh

Con fines de pruebas el primer posicionamiento de equipos se realiza a distancias cortas como muestra los cálculos en los capítulos anteriores. En el posicionamiento se asegura que los equipos tengan línea de vista. La siguiente imagen muestra la primera disposición de los AP mesh.



Fig 8 Ubicación de las antenas en la comunidad Juan Velasco Alvarado.

Pruebas de saltos



Fig 9

En la figura 9 se muestra una antena al borde de la red mesh que consigue una velocidad de 12.8 Mbps que es aproximadamente 20% del ancho de banda del punto P1, esta velocidad aún es considerable ya que permite la navegación fluida de internet.

4. DISCUSIÓN

Relevancia social:

Facilita el acceso del internet a los estudiantes por lo tanto acorta la brecha digital en las zonas rurales.

Utilidad práctica:

Permite el acceso a los servicios de educación a distancia de los estudiantes en formación escolar y profesional; además cuenta con la posibilidad de acceder a otros servicios como en salud, transacciones financieras y agricultura de precisión, entre otros.



Fig 10

5. CONCLUSIONES

Se ha diseñado e implementado una red Mesh que pueda conectar a internet a la mayoría de personas de la comunidad de Juan Velasco Alvarado, para ello se consideró las características orográficas del terreno y la distancia del nodo principal de internet.

Como se muestra en la figura 6 el diseño de la fuente de alimentación satisface las necesidades de energía de las antenas, sin que sea necesario el uso de la energía eléctrica, ni la descarga total de las baterías, cumpliendo la auto sustentabilidad de la red Mesh.

Se realizó la configuración de equipos y fuente de energía con los instrumentos de medición y calibración que tienen los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

Para la validación de prototipo se realizaron pruebas en campo relacionadas con los factores de velocidad de conexión, conexión entre nodos cobertura y eficiencia de la fuente de alimentación lográndose la comunicación esperada como se observa en la figura 11, donde se muestra a un alumno acceder a las clases del ministerio de educación .

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Andina (Agosto,2020) Gobierno declara en emergencia el sistema educativo peruano, El peruano, <https://elperuano.pe/noticia/127255-gobierno-declara-en-emergencia-el-sistema-educativo-peruano>

INEI (Setiembre 2020). INEI: Seis de cada diez peruanos no tienen acceso a internet <https://inversionenlainfancia.net/?blog/entrada/noticia/4406/0>

Edney, J., Arbaugh, W. A., & Arbaugh, W. (2004). Real 802.11 security: Wi-Fi protected access and 802.11 i. Addison-Wesley Professional.

Pathak, P. H., & Dutta, R. (2012). Designing for network and service continuity in wireless mesh networks. Springer Science & Business Media.

UBIQUITI NETWORKS INC (2019). high-performance wide-Area wi-fi uniFi mesh technology. UBIQUITI NETWORKS INC Valdiviezo Salas, P. D. (2014). Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP

Johnson, D., Matthee, K., Sokoya, D., Mboweni, L., Makan, A., & Kotze, H. (2007). Building a rural wireless mesh network. Meraka Institute. African Advanced Institute for Information & Communications Technology.

Hillar, G. C. (2017). MQTT Essentials-A lightweight IoT protocol. Packt Publishing Ltd.

Un algoritmo para la detección de rostros con o sin mascarilla para restringir el acceso a un área

An algorithm for the detection of faces with or without mask to restrict access to an area

Jose Angel Agüero Quispe¹, Willy Vargas Mateos²

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica–Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Cusco – Perú

151846@unsaac.edu.pe; código ORCID: 0000-0002-4525-5619

willy.vargas@unsaac.edu.pe; código ORCID: 0000-0002-6554-5461

RESUMEN

Desde la aparición del SARS–COV–19; el lavado de las manos y el distanciamiento social junto con el uso adecuado de las mascarillas faciales son las medidas de bioseguridad más recomendadas para prevenir la transmisión del Covid–19 y otras enfermedades respiratorias. En este trabajo, se propone la detección de rostros con o sin mascarillas, el cual puede generar alarma en caso de que la persona no use la mascarilla o esté usándola de forma incorrecta. Este trabajo puede ser utilizado en la entrada a lugares donde el uso de mascarillas es de manera obligatoria. En el método propuesto, se creó una base de datos que contiene fotografías de personas con el uso correcto de mascarillas (con mascarilla) y otro (sin mascarilla) como etapa de preprocesamiento. Como segunda etapa, utilizando Mediapipe se redimensionó la imagen de la base de datos; luego para entrenar el modelo se implementó una red neuronal en Python y OpenCV, el cual después de tomar una fotografía en tiempo real, lo transforma en menor dimensión, normaliza y hace una comparación con la base de datos dando como salida el mensaje “con mascarilla” o “sin mascarilla”. El conjunto de imágenes utilizadas como base de datos se obtuvo del Internet. En conclusión, este proyecto es capaz de detectar personas con o sin mascarillas con una precisión del 97.14%, con el cual se espera obtener resultados más óptimos.

Palabras Claves: Covid–19, mascarillas, detección de rostro, Mediapipe, OpenCV

ABSTRACT

Since the appearance of SARS–COV–19; hand washing and social distancing, along with the proper use of face masks are the most recommended biosecurity measures to prevent transmission of Covid –19 and other respiratory diseases. This article proposes the detection of faces with or without a mask, which can generate an alarm if the person does not use the mask or is using it incorrectly. This work can be used at the entrance to places where the use of masks is obligatory. In the proposed method, a database of photographs of people with correct use of face masks (with a mask) and another (without a mask) was created as a pre- processing step. As a second step, using Mediapipe, the database image was resized, then the model was prepared, a neural network was implemented in Python and OpenCV which, after taking a picture in real time, transforms it into a smaller size, normalizes it and makes a comparison with the database giving a result with or without mask. The image system used as a database was obtained from the Internet. In the end, this project is capable of detecting people with or without masks with an accuracy of 97.14% with which optimal results are expected.

Key Words: Covid - 19, masks, face detection, Mediapipe, OpenCV, artificial intelligence.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de Covid-19, el mundo adoptó medidas de bioseguridad a fin de contrarrestar la transmisión y una de ellas es el uso de la mascarilla. Actualmente, ha ocasionado miles de muertes a nivel mundial debido al síndrome agudo respiratorio que genera.

Según la estadística de la OMS, se reportaron 83 millones de infectados y un total de 2 millones 87 mil muertes en todo el mundo, hasta el 15 de agosto de 2021 [1].

Para el caso de Perú, desde el 2019 hasta el 26 de agosto de este año, más de 2 millones de personas se contagiaron y hubo 198 mil muertes [2]; siendo la región de Lima con más casos de infección y muerte [3]. En el caso del Cusco, la cantidad de infectados son de 62 mil y 4613 muertes hasta el 26 de agosto de 2021 [4]. Por esta razón, el Gobierno Nacional para evitar más contagios y muertes por Covid-19 decretó cuarentena y reglas de higiene estrictas, como el lavado correcto de manos, guardar la distancia adecuada y el uso correcto de las mascarillas [5]. En este trabajo, se propone una herramienta de reconocimiento facial para las personas que ingresan a un determinado local y además monitorea en tiempo real si traen puesta o no la mascarilla. La herramienta desarrollada, ayudará en la prevención del Covid-19 y además puede sustituir a las personas encargadas de verificar la portabilidad de la mascarilla con el sistema de detección automática, mostrando los resultados de las personas que lo cumplen y negando el acceso, en caso de no tener puesta la mascarilla.

2. MARCO TEÓRICO

El precursor para la detección de rostro con o sin mascarilla, fue la propuesta de Kruti Goyal, Rishi Kumar y Kartikey Agarwal de la Amity University; donde se realizó la detección de rostro en tiempo real empleando OpenCV, siguiendo el movimiento de la cabeza y utilizando un clasificador por ImUtils y Python [6].

Otro trabajo importante, fue realizado utilizando TensorFlow y CNN en Raspberry – Pi donde comparan las filologías de redes neuronales dando como resultado gran exactitud y precisión [7]; en esta rama, utilizan TensorFlow y CNN. Cakiroglu, Ozer y Gonsel proponen una base de datos de 2695 imágenes [8].

Un estudio para detectar el uso de mascarillas utilizando Deep Learning con videos en tiempo real, fue realizado por Joshi, Kanahasabai y Gupta [9] y otro utilizando una CNN multitarea, multifunción o conocida también como MTCNN [10]. En ambos casos las imágenes se procesan mediante un clasificador mediante la arquitectura de MobileNetV2. El modelo de MTCNN fue entrenado con varios videos que fueron tomados en zonas o lugares públicos.

El último trabajo se realizó empleando metodologías de Deep-Learning en la plataforma de Python, con TensorFlow – OpenCV para ver o identificar si las personas mantienen la distancia adecuada. Además, utiliza como base de datos más de veinte mil muestras en 224x224 píxeles con un 97% de efectividad. Este caso permite detectar en tiempo real si la persona usa o no la mascarilla [11].

Sin embargo, existen pocos trabajos realizados acerca del reconocimiento de mascarillas en tiempo real, en especial en Latinoamérica; si buscamos en la biblioteca virtual de artículos científicos Web of Science y colocamos el descriptor “face recognition” da como resultado 5737 artículos en los últimos cinco años, 4371 en congresos científicos y 217 en otras modalidades. En Google Scholar solo aparecen dos artículos y en ambos buscadores si colocamos “mask recognition” no arroja ningún dato. Bajo esta premisa, el reconocimiento de mascarillas en tiempo real es un campo fértil para Latinoamérica, en especial, para el Perú.

2.1. Problema

Ante un escenario de pandemia con alto riesgo de contagio por vías respiratorias como es el caso de una anunciada variante delta de Covid – 19; este trabajo presenta una solución a través de un monitoreo autónomo del uso de mascarillas, además de otras futuras endemias o pandemias y sería una metodología eficaz para contrarrestarlas.

2.2. Objetivo

Debido al alto contagio del Covid–19 se hizo necesario el uso obligatorio de las mascarillas faciales; el cual es una alternativa muy segura; además que, es de bajo costo. Las mascarillas protegen a la persona que lo usa y a la vez a las personas que lo rodean. El uso de los faciales como medida de protección para evitar el contagio de Covid–19 puede extenderse más allá incluso cuando los casos de contagio de Covid–19 sean bajos o nulos [12]. Es por eso, que una solución necesaria es el monitoreo social a través de la inteligencia artificial, que facilite las actividades públicas, educativas, comerciales y administrativas.

Por ello, el objetivo principal es crear una solución tecnológica con inteligencia artificial para monitorear el uso adecuado de las mascarillas que sean captadas a través de una cámara en tiempo real. Para tal fin, se propone lo siguientes objetivos:

1. Implementar un algoritmo que normalice (binarize) una imagen
2. Implementar un algoritmo que detecte el uso adecuado de una mascarilla

2.3. Hipótesis

La aplicación de un algoritmo para la detección de rostros con o sin mascarilla para acceder a un área publica permitirá evitar o reducir el contagio de Covid–19 con la detección en tiempo real del uso adecuado de las mascarillas; bajo estas premisas se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Es viable que este algoritmo puede ser aplicado en lugares de mayor concurrencia o concentración de personas o en el ingreso de lugares públicos?
2. ¿Es significativa la contribución de esta tecnología en la reducción del contagio de Covid–19 para una reactivación económica masiva?

2.4. Metodología propuesta para la detección

Para este trabajo se utilizaron OpenCV y Python usando las librerías Mediapipe y ImUtils.

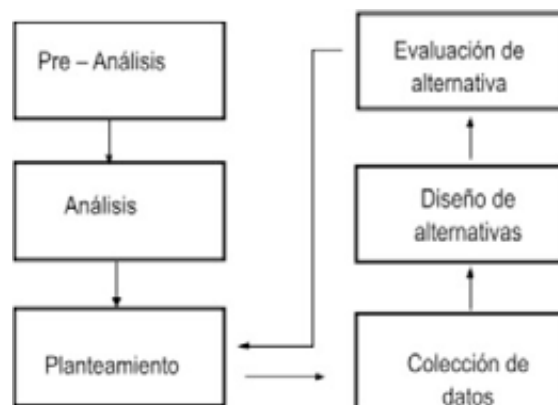


Fig. N° 1 – Etapas de la metodología para la detección de rostro con o sin mascarillas [13]

2.4.1. Preanálisis

Esta etapa consiste en el análisis de conocimientos y métodos adquiridos que nos servirán en el trabajo

2.4.2. Análisis

Esta etapa consiste en el análisis técnico (laptop, cámara, programas y librerías) que nos servirá en las posibles alternativas

2.4.3. Planteamiento

Consiste en evaluar la alternativa de solución y plantear un marco a desarrollar

2.4.4. Colección de datos

Esta etapa consiste en obtener, recopilar imágenes y videos con determinados parámetros de las diferentes fuentes

2.4.5. Diseño de alternativa

En base a la colección de datos y el análisis se diseña una alternativa de solución

2.4.6. Evaluación de alternativa

En este paso, se evalúa el diseño de la alternativa. Este paso no es el final, si la alternativa propuesta no da resultados se vuelve al paso anterior

3. MATERIAL Y MÉTODOS**3.1. Tecnologías y librerías utilizadas**

En esta sección se da un cuadro de tecnologías utilizadas:

TECNOLOGÍA O LIBRERÍA	CAPA	JUSTIFICACIÓN
Python	Servidor	Esencial para la integración de otros servidores
Visual Studio Code	Servidor	Opcional para la programación
OpenCV	Servidor	Biblioteca principal para Computer Vision
ImUtils	Servidor	Librería que conecta Python y OpenCV; y cumple funciones como: captura, zoom, rotación, etc.
Mediapipe	Servidor	Librería para capturar y redimensionar imagen y video

Fig. N° 2 – Programas y librerías usadas para el proyecto

4. METODOLOGÍA

En esta etapa se muestra el paso a paso del desarrollo.

4.1. Caracterización

En esta etapa se realizó búsqueda y descarga de imágenes de Internet y la preparación de la base de datos de personas con o sin mascarillas. Se tomó en cuenta los diferentes parámetros como: tez o color de piel de la persona, diferentes colores de la mascarilla, imágenes frontales, imágenes unipersonales, la resolución de la imagen y el formato .jpg. Las imágenes fueron descargadas en un total de 770 muestras, dando 385 muestras de personas con mascarilla y 385 muestras de personas sin mascarilla.

Las imágenes se le agrupó en dos archivos (con mascarilla y sin mascarilla). A estas imágenes se le aplicó Face detection de LBHP y a los rostros detectados se le redimensionó aplicando la

librería Mediapipe a un tamaño de 72x72 pixeles y una resolución vertical y horizontal de 96 ppp en cada imagen. Las imágenes redimensionadas se les agrupó en dos carpetas con mascarilla y sin mascarilla (ver figura 3). Estas dos carpetas se juntaron en una carpeta, la cual será el Dataset o base de datos (ver figuras 4 y 5).

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Con_mascarilla	28/06/2021 14:20	Carpeta de archivos	
Sin_mascarilla	28/06/2021 14:20	Carpeta de archivos	

Fig. N° 3 – Etiquetado redimensionado de personas con mascarillas y sin mascarillas.



Fig. N° 4 – Imágenes de data set de rostros redimensionados con mascarillas que serán utilizados como base de datos.



Fig. N° 5 – Imágenes de data set de rostros sin mascarilla redimensionado que serán utilizados como base de datos

4.2. Entrenamiento

La etapa del entrenamiento o implementación para un sistema detector de mascarillas, presenta varias etapas definidas como son: captura o toma de imagen, preprocesamiento (detección de rostro), acondicionamiento y normalización, escala de grises, extracción de características y finalmente clasificación de imagen y toma de decisión (ver figura 6).

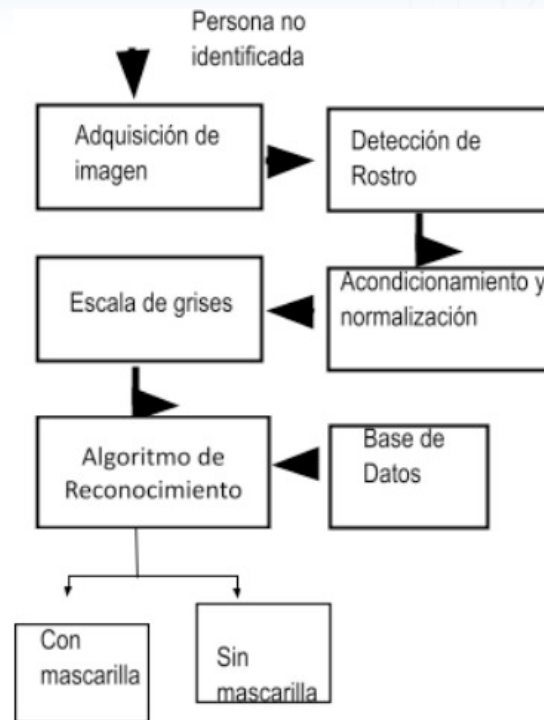


Figura N° 6 – Representación general para efectuar el método de reconocimiento de mascarillas [14]

A continuación, se detalla cada paso:

4.2.1. Adquisición de imagen

Al inicio. Considerando el indicador de los parámetros, se captura una imagen de entrada en tiempo real. Este proceso se puede realizar a través de la cámara interna de una PC o de una externa conectada mediante USB.

4.2.2. Detección de rostro

Una vez que se obtiene la imagen de entrada, mediante la librería Mediapipe se extrae el rostro de la imagen.

4.2.3. Acondicionamiento y normalización

Después de extraer el rostro, se dimensiona en un formato de 72x72 píxeles y una resolución de 96 ppp (puntos por pulgada) y lo transforma a escala de grises.

4.2.4. Extracción o asignación de característica

En este paso de extracción o asignación de características de acuerdo la escala de grises se le asigna valores digitales (Se asigna valor digital de 0 a imágenes con mascarilla y valor digital 1 a imágenes sin mascarilla). Ver algoritmo de la figura N° 8.

4.2.5. Algoritmo de reconocimiento

El algoritmo se basó en Python y las librerías ImUtils, Os y CV2 de OpenCV, usando el Visual Studio Code como plataforma. Se creó un entorno virtual con el objetivo de no estar probando las diferentes versiones de Python con las diferentes versiones de OpenCV (ver algoritmo de reconocimiento de la Fig. N° 9).

4.3. Comparación y clasificación con base de datos

Después de obtener una imagen redimensionada y binarizada, a la imagen obtenida se le hace una comparación con el data set (base de datos). Finalmente, se obtiene la clasificación y el resultado se muestra en una pantalla de un monitor, como se puede observar en la figura N° 7.



Fig. N° 7– Esquema general con implementación para reconocimiento facial con mascarillas y sin mascarillas.

```

prueba.py - C:\Users\ASUS\Desktop\Proyecto\prueba.py (3.9.1)
File Edit Format Run Options Window Help
import cv2
import os
import numpy as np
dataPath = "C:/Users/ASUS/Desktop/Dataset_faces"
dir_list = os.listdir(dataPath)
print("Lista Archivos:", dir_list)
labels = []
facesData = []
label = 0
for name_dir in dir_list:
    dir_path = dataPath + "/" + name_dir

    for file_name in os.listdir(dir_path):
        image_path = dir_path + "/" + file_name
        print(image_path)
        image = cv2.imread(image_path, 0)

        facesData.append(image)
        labels.append(label)
        label += 1
print("Etiqueta 0: ", np.count_nonzero(np.array(labels) == 0))
print("Etiqueta 1: ", np.count_nonzero(np.array(labels) == 1))
# LBPH FaceRecognizer
face_mask = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
# Entrenamiento
print("Entrenando...")
face_mask.train(facesData, np.array(labels))
# Almacenar modelo
face_mask.write("face_mask_model.xml")
print("Modelo almacenado")
Ln: 30 Col: 26
    
```

Fig. N° 8 – Esquema general de extracción o asignación de características–Código en Python.


```

C:\Users\AGUS\Desktop\Proyectos\models.py (L137)
File Edit Format Run Options Window Help
import cv2
import os
import mediapipe as mp
mp_face_detection = mp.solutions.face_detection
LABELS = ["Con_mascarilla", "Sin_mascarilla"]
# Leer el modelo
face_mask = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
face_mask.read("face_mask_model.xml")
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)
with mp_face_detection.FaceDetection(
    min_detection_confidence=0.5) as face_detection:
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if ret == False: break
        frame = cv2.flip(frame, 1)
        height, width, _ = frame.shape
        frame_rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
        results = face_detection.process(frame_rgb)
        if results.detections is not None:
            for detection in results.detections:
                xmin = int(detection.location_data.relative_bounding_box.xmin * width)
                ymin = int(detection.location_data.relative_bounding_box.ymin * height)
                w = int(detection.location_data.relative_bounding_box.width * width)
                h = int(detection.location_data.relative_bounding_box.height * height)
                if xmin < 0 and ymin < 0:
                    continue
                face_image = frame[ymin : ymin + h, xmin : xmin + w]
                face_image = cv2.cvtColor(face_image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
                face_image = cv2.resize(face_image, (72, 72), interpolation=cv2.INTER_CUBIC)

                result = face_mask.predict(face_image)
                if result[1] < 150:
                    color = (0, 255, 0) if LABELS[result[0]] == "Con_mascarilla" else (0, 0, 255)
                    cv2.putText(frame, "{}".format(LABELS[result[0]]), (xmin, ymin - 15), 2, 1, color, 1, cv2.LINE_AA)
                    cv2.rectangle(frame, (xmin, ymin), (xmin + w, ymin + h), color, 2)

                cv2.imshow("Frame", frame)
                k = cv2.waitKey(1)
                if k == 27:
                    break
    cap.release()
    cv2.destroyAllWindows()

```

Fig. N° 9 – Algoritmo de reconocimiento de rostros con mascarillas o sin mascarillas – Programación en Python.

5. RESULTADOS

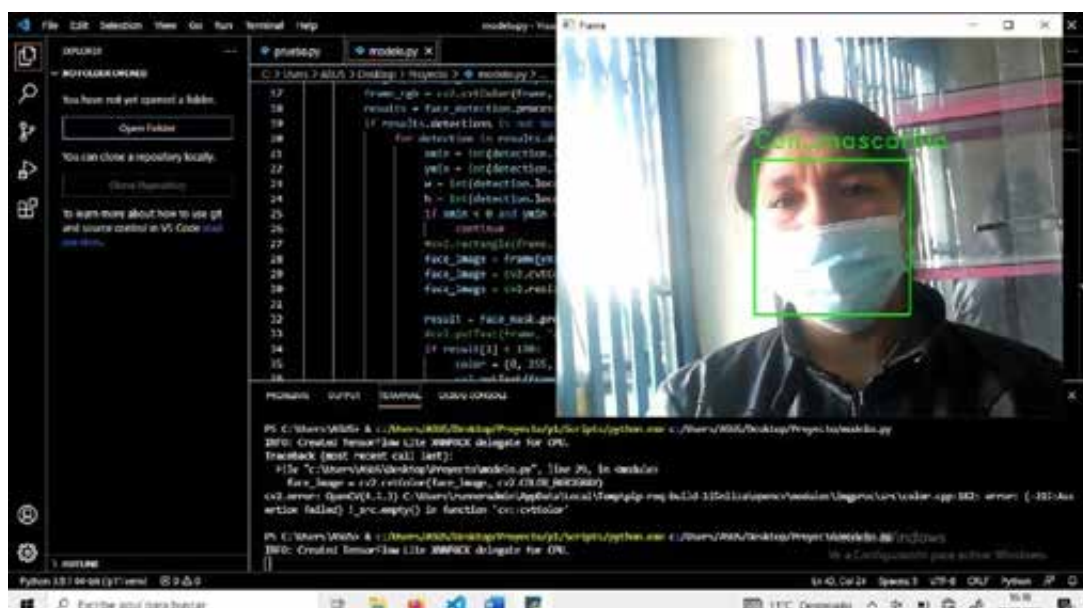
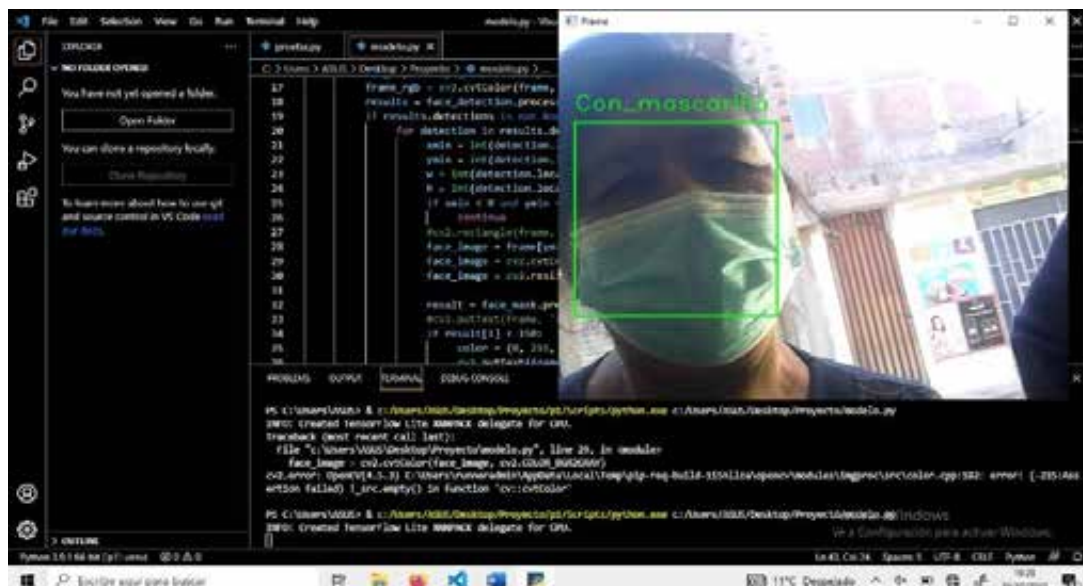
Con la simulación en Python, se logró con exactitud el objetivo y basándonos en los resultados obtenidos es posible implementar un algoritmo que clasifique en tres géneros o clases: primero de rostros que llevan puesto de manera correcta la mascarilla; segundo, de manera incorrecta y finalmente de los rostros que no lleven puesto la mascarilla. El esquema se puede hacer con imágenes descargadas de la Web como preprocesamiento. Utilizamos Mediapipe como redimensionador, ImUtils como clasificador, Python y OpenCV como plataformas para simular.

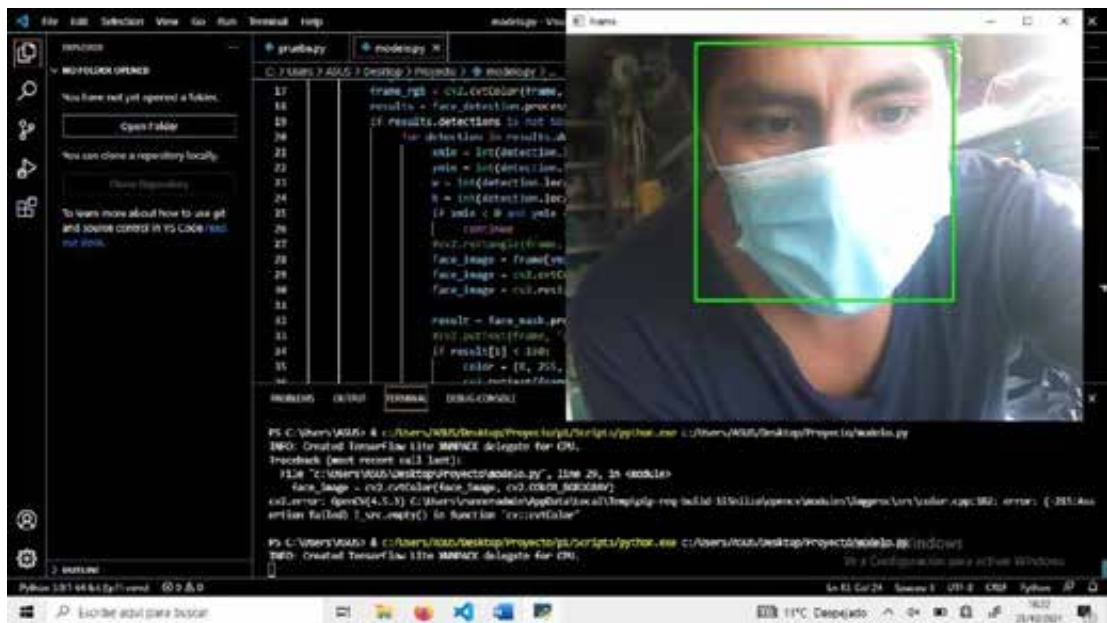
En forma empírica, el algoritmo fue probado en el ingreso de 4 tiendas comerciales, dos farmacias, una panadería, una tienda de vestidos y una pollería con los siguientes resultados:





Fig. N° 10 –Fotografías tomadas en los diferentes locales; comerciales, farmacia, panadería y pollería.





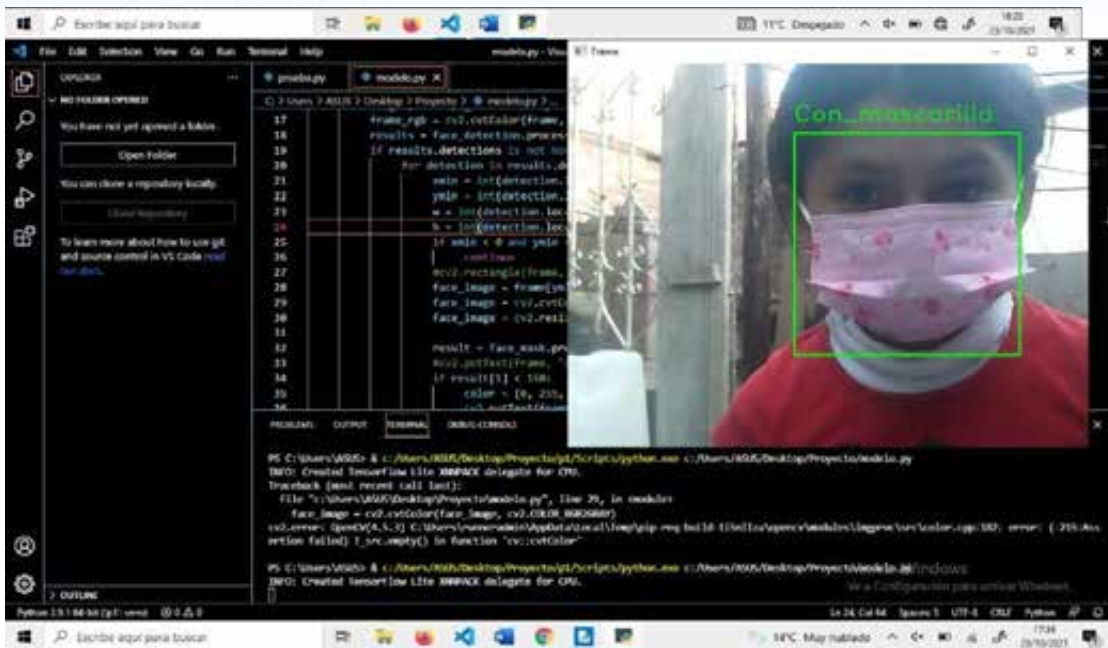


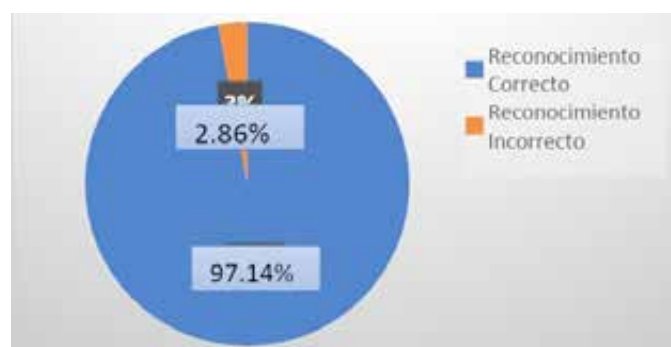
Fig. N° 11 – Resultados de las fotografías tomadas en los diferentes locales; comerciales, farmacia, panadería y pollería.

Tabla 01 – Tabla de resultados de las fotografías tomadas en los diferentes locales.

LOCAL	DETECCIÓN CORRECTA	DETECCIÓN INCORRECTA	TOTAL DE MUESTRAS
1° Local Comercial	11	0	11
2° Local Comercial	7	0	7
3° Local Comercial	9	0	9
4° Local Comercial	7	1	8
1° Farmacia	5	0	5
2° Farmacia	10	1	11
Panadería	8	0	8
Local venta de vestidos	5	0	5
Pollería	6	0	6
TOTAL	68	2	70

De la tabla 01, se obtiene un resultado de efectividad del 97.14% el cual es un resultado óptimo. De las detecciones incorrectas, en el 4° local comercial, fue por que el cliente se pasó muy de prisa y de perfil y en la 2° farmacia, el cliente estaba a contra luz.

Tabla 02 – Tabla de resultados en porcentaje de las fotografías tomadas en los diferentes locales



6. DISCUSIÓN

En la ejecución del sistema, se debe tomar en cuenta:

- En la instalación del programa, se debe instalar una versión compatible de Python y OpenCV para crear un entorno virtual óptimo.
- Es fundamental, la normalización de las imágenes de la base de datos y las imágenes de entrenamiento en el mismo tamaño (ancho y longitud).
- Instalar y realizar el procedimiento en el lugar que será utilizado (imágenes tomadas en el mismo lugar como base de datos).
- La iluminación es muy importante, debe estar a favor de la cámara, no en contra de la cámara.

Una limitación o desventaja es que el algoritmo solo reconoce rostros o caras frontales, si la persona se halla de perfil, el algoritmo no lo reconocerá.

7. CONCLUSIÓN

El modelo propuesto, no reemplaza al personal de seguridad que controla el ingreso a ciertos lugares; más aún, puede ser empleado como ayuda para el personal. En las diferentes tomas de prueba que se ejecutó, reconoce el rostro con o sin mascarilla con una efectividad del 97.14%.

Respondiendo a las dos preguntas de la hipótesis:

1. Si es viable este algoritmo que se puede aplicar en los lugares donde hay mayor concentración de personas y el uso de mascarillas es obligatorio.
2. El uso masivo de este algoritmo contribuiría no solo a la reducción de contagio de Covid-19; sino también a la reactivación económica, ya que se puede aplicar en diferentes establecimientos comerciales.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus/virtual-pagina-coronavirus>. Última visita 27/08/2021
2. https://rodillo.org/estadisticascoronavirus/peru/?gclid=CjwKCAjwmqKJBhAWEiwAMvGt6OE8bgtfpvXXob8bQT9iAfUd4SmOt_tg888lmrnHx1oAbZwJflnN-BoCgB4QAvD_BwE. Última visita 26/08/2021
3. <https://datosmacro.expansion.com/otros/coronavirus/peru>. Última visita 27/08/2021
4. https://rodillo.org/estadisticascoronavirus/peru/?gclid=CjwKCAjwmqKJBhAWEiwAMvGt6OE8bgtfpvXXob8bQT9iAfUd4SmOt_tg888lmrnHx1oAbZwJflnN-BoCgB4QAvD_BwE. Última visita 27/08/2021
5. Decreto Supremo, Presidencia del Perú, 044 - 2020 <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-declara-estado-de-emergencia-nacional-po-decreto-supremo-n-044-2020-pcm-1864948-2/>. Última visita 27/08/2021
6. Kruti Goyal, Rishi Kumar y Kartikey Agarwal de Amity University (2017). Detección y seguimiento de rostros: Usando OpenCV. Artículo presentado en *Congreso Internacional de Electrónica, Comunicación y Tecnología Aeroespacial (ICECA)*, Coimbatore, India. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2017.8203730>. Última visita 27/08/2021
7. Anzor, A., Ritzkal, R., Afrianto, Y. (2020). Detección de máscarillas mediante Framework Tensorflow y un modelo de CNN previamente entrenado basado en Raspberry Pi. Diario Mantik. <https://iocscience.org/ejournal/index.php/mantik/article/view/946>. Última visita 27/08/2021
8. Ozan Cakiroglu, Caner Ozer, Bilge Gonsel de Istanbul Teknik Universitesi (2019). Diseño de un detector facial profundo por máscara R-CNN. Artículo presentado en *XXVII Conferencia*

de aplicaciones de comunicaciones y procesamiento de señales. Sivas, Turkey. <https://doi.org/10.1109/SIU.2019.8806447>. Última visita 27/08/2021

9. Aniruddha Srinivas Joshi, Shreyas Srinivas Joshi, Goutham Kanahasabai, Rudraksh Kapil, SavyasachiGupta, (2020). Marco de aprendizaje profundo para detectar máscaras faciales a partir de imágenes de video. Artículo presentado en *XII Congreso Internacional de Inteligencia Computacional y Redes de Comunicación (CICN)*, Bhimtal, India. <https://doi.org/10.1109/CICN49253.2020.9242625>. Última visita 27/08/2021
10. Qin, W., Wang, L., Luo, W. (2017). Reconocimiento facial basado en la característica local de Gabor y la red neuronal convolucional. Artículo presentado en *2do Congreso Internacional de Ingeniería Informática, Ciencias de la Información y Tecnología de Aplicaciones*, Paris, France. <https://doi.org/10.2991/iccia-17.2017.94>. Última visita 27/08/2021
11. Sammy Militante, V., Nanette Dionisio V. de University of Antique (2020). Implementación de aprendizaje profundo de detección de distanciamiento físico y máscara facial con sistemas de alarma. Artículo presentado en *Tercer Congreso Internacional de Educación Profesional e Ingeniería Eléctrica (ICVEE)*, Surabayam, Indonesia. <https://doi.org/10.1109/ICVEE50212.2020.9243183>. Última visita 27/08/2021
12. OMS/enfermedad de coronavirus (COVID-19) Dashboard. Se halla en: <https://covid19.who.int/>
13. https://www.researchgate.net/publication/351561791_Deteccion_automatizada_de_rostros_con_cubreboque_o_sin_cubreboque_para_restringir_el_acceso_a_institucion_educativa. Última visita 31/08/2021
14. Hernández, R. G. Study of facial recognition techniques, Department of Signal Processing and Communications. 2010. *La Mecatrónica en México*, Vol. 4, No. 2, páginas 53 – 64, Artículo disponible en: www.mecamex.net/revistas/LMEM. Última visita 31/08/2021

EJE TEMÁTICO

Salud y Educación

Niveles de hemoglobina y caries dental en niños de instituciones educativas del distrito de Ocongate–Cusco 2020

Hemoglobin levels and dental caries in children from educational institutions of Ocongate district – Cusco 2020

Chávez Yábar José Luis¹, Ballón Valer Yuliana²

1. Departamento Académico de Odontología, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú

jose.chavez@unsaac.edu.pe

Código RCID: <http://orcid.org/0000-0001-9763-8382>

2. yuliana.bv1611@gmail.com

Código ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0621-6270>

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo: Identificar la relación entre los niveles de hemoglobina y la presencia de caries dental en niños de las Instituciones Educativas del distrito de Ocongate, Cusco-2020. Metodología: Fue un estudio de diseño no experimental, de tipo relacional, transversal y prospectivo. Se trabajó con una población de 543 estudiantes y se obtuvo una muestra de 158 de ellos, de dos instituciones educativas primarias de Ocongate-Cusco (I.E. Sagrado Corazón de Jesús 125 niños y niñas de I.E. San Isidro Labrador de Chacachimpa 33), obteniendo la muestra por proporcionalidad. El tipo de muestreo fue probabilístico, aleatorio simple. Se utilizó el índice de CPO- D para conocer la experiencia de caries y se realizó el dosaje de hemoglobina para establecer sus niveles, todos estos datos se recogieron en una ficha de recolección de datos. Resultados: se obtuvo que el 31,6% de la población en estudio tiene niveles disminuidos de hemoglobina, siendo en el sexo femenino el 35,1% y en el sexo masculino el 28,6%, según edad predominantemente el 41,5% de los niños de 6 a 7 años tienen su nivel de hemoglobina disminuida. El 87,3% de la población tiene un riesgo alto de caries y el 12,7% tiene un riesgo mediano, teniendo un riesgo alto de caries el 90,5% del sexo femenino y el 84,5% del sexo masculino, según edad predominantemente el 91,4% de los niños de 8 a 9 años tienen un riesgo alto de caries. Conclusiones: No existe relación estadísticamente significativa entre el índice de caries y el nivel de hemoglobina para $p=231$, pero podemos evidenciar que los niños que tienen nivel de hemoglobina disminuido tienen en mayor porcentaje alto riesgo de caries.

Palabras clave: Caries dental, niños, anemia, índice CPO-D, niveles de hemoglobina

Abstract:

The present research aimed to identify the relationship between hemoglobin levels and the presence of dental caries in children of the Educational Institutions of the district of Ocongate, Cusco-2020. Methodology: It was a non-experimental, relational, cross-sectional and prospective design study. We worked with a population of 543 students and obtained a sample of 158 students from two primary educational institutions of Ocongate-Cusco (I.E. Sacred Heart of Jesus 125 children and I.E. San Isidro Labrador de Chacachimpa 33), obtaining the sample by proportionality. The type of sampling was probabilistic, simple random. The CPO-D index was used to know the experience of caries and the hemoglobin dosage was performed to establish its levels, all these data were collected in a data collection sheet. Results: it was obtained that 31.6% of the study population has decreased hemoglobin levels, being in the female sex 35.1% and in the male sex 28.6%, according to age predominantly 41.5% of children 6 to 7 years have their hemoglobin level decreased. The 87.3% of the population has a high risk of caries and 12.7% has a medium risk, having a high risk of caries 90.5% of the female sex and 84.5% of the male sex, according to age predominantly 91.4% of children from 8 to 9 years have a high risk of caries. Conclusions: There is no statistically significant relationship between the caries index and the hemoglobin level for $p=231$, but we can

show that children who have decreased hemoglobin level have a higher percentage of high risk of caries.

KeyWords: Tooth decay, children, anemia, CPO-D index, hemoglobin levels

1. INTRODUCCIÓN

La anemia representa el más extenso problema de salud y nutrición pública en el mundo y nuestro país no es una excepción. (1) Se estima que más de 2 mil millones de personas (aprox. 30 % de la población mundial) presentan algún grado de anemia. (2) También es bien conocido que los niveles de anemia son mayores en los países, con mayores niveles de pobreza puesto que afecta a casi todos los países y todos los grupos poblacionales, incluidos los grupos poblacionales considerados como no pobres. (3) La anemia es considerada una afección donde el número hematíes o glóbulos rojos o la concentración de hemoglobina que se encuentra dentro de estos es menor de los valores normales. La hemoglobina (Hb) es una molécula necesaria para transportar oxígeno (O₂). Por lo que, si un individuo tiene disminuidos la cantidad de glóbulos rojos, si estos presentan alguna anomalía o no hay la suficiente cantidad de hemoglobina, se tendrá como resultado la disminución de la capacidad de la sangre para transportar oxígeno desde los pulmones a los diferentes tejidos del organismo. La principal causa de anemia a nivel mundial es el déficit en el consumo de hierro, (4) elemento principal para la formación de hemoglobina, hecho que puede ser exacerbado por las enfermedades infecciosas, dentro de ellas las infecciones orales. Los principales valores de anemia se expresan generalmente según el nivel de hemoglobina. (5)

Según refieren varios estudios a nivel nacional, la anemia afecta aproximadamente al 53 % de los infantes pertenecientes al quintil de menores ingresos económicos. (6) Existen regiones del país en donde la anemia afecta a la gran mayoría de la población infantil, como es el caso de la región Puno. (7) Las mayores prevalencias se registran en regiones de la sierra sur y central peruana, así como también de la amazonia. En el período 2016 y 2017, más de la mitad de las regiones del país incrementaron los niveles de anemia. (8) Es por ello que nuestro gobierno ha situado como prioridad el control de la anemia y los factores asociados a ello. (1,9)

La caries dental se considera como una de las enfermedades de mayor prevalencia a nivel mundial (10). Se la considera como infección multifactorial y es la enfermedad oral crónica más común y prevalente en la infancia por lo tanto es considerada como un problema de salud pública serio. (11) Existen factores que predisponen y exacerbaban la prevalencia de la enfermedad. (10,12) La caries dental ha sido vinculada con factores predisponentes como: edad, género, dieta, nivel socioeconómico, placa dental, etc. (13)

En nuestro país también es bien sabido que en los últimos años la prevalencia nacional estimada de caries dental fue de 90,4%. Según el tipo de dentición, la prevalencia estimada en la dentición temporal fue 60,5%. (14) Dentro de los departamentos con mayor prevalencia de caries dental se encuentra Cusco con un 97,2% lo cual constituye un problema de la salud pública odontológica. (15)

Existen múltiples estudios que buscan la relación entre los niveles de hemoglobina con la caries dental pues este sería un factor que influye en la malnutrición, pues al tener una condición mala de salud bucal el niño no puede alimentarse adecuadamente lo cual influye en su condición general de salud.

(16, 17) Además de que múltiples programas de apoyo alimentario con suplementos de hierro tienen gran contenido de azúcares hecho que agudizan más la prevalencia de caries dental y maloclusiones.

El distrito de Ocongate se encuentra en la parte sur este de la provincia de Quispicanchi, departamento y Región Cusco, teniendo coordenadas geográficas siguientes: Latitud Sur: 13° 37' 24" y Longitud W: 71° 23' 07". Forma parte de la cuenca del río Mapacho; la capital del distrito se

ubica sobre la margen derecha del río Mapacho, a 3533 m.s.n.m.; Según el último censo nacional 2005 del INEI, el distrito de Ocongate cuenta con 13 872 habitantes. Al igual que otros distritos vecinos como Ccarhuayo, Ccatca y Marcapata los índices de pobreza y extrema pobreza son altos en el distrito de Ocongate. El distrito de Ocongate se ubica entre los 40 distritos más pobres del Perú. Lo que significa que se tiene un alto porcentaje de analfabetismo, un alto porcentaje de desnutrición infantil; carencia de servicios básicos, altos índices de presencia de enfermedades, bajos ingresos económicos, etc. El distrito de Quispicanchis es uno de los tres distritos con mayor población en la región del Cusco, con una alta prevalencia de enfermedades orales, como caries dental, enfermedad periodontal y maloclusiones. (18)

Motivo por el cual se planteó el siguiente trabajo de investigación con el objetivo determinar la relación entre los niveles de hemoglobina y la caries dental en niños de 6 a 12 años de los centros educativos de nivel primario de la ciudad de Ocongate, con lo cual se tendrá información certera buscando beneficiar a la población con este estudio y lograr una mejor atención y control oportuno en el área odontológica y su salud general.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio según el análisis de investigación es de tipo observacional, prospectivo, transversal. El nivel de la investigación es descriptivo y relacional. La población en estudio estuvo constituida por todos los niños de 6 a 12 años de las Instituciones Educativas Nivel Primario de Ocongate del año escolar 2019 que según la base de datos de los Centros Educativos son en número de 543 estudiantes que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión. Siendo de la I. E. Sagrado Corazón de Jesús 428 niños y niñas de I.E. San Isidro Labrador de Chacachimpa 115, de los cuales se obtuvo un muestreo por proporcionalidad. A los cuales se aplicó la fórmula para poblaciones finitas con la cual se obtuvo 225 niños, a su vez se le aplicó la fórmula de ajuste de muestra; por lo tanto, la muestra final es de 158 niños. El tipo de muestreo fue probabilístico, aleatorio simple.

La variable nivel de hemoglobina se expresa como normal o disminuido según los resultados del dosaje de hemoglobina que se registra en la ficha de recolección de datos. Se expresa como: Normal = 11-14 gr/dl y Disminuido = < 11gr/dl. La variable caries dental se expresa como: Sano, Obturado, Cariado, Perdido, de acuerdo al índice CPO-D

Se utilizó la técnica observacional y el instrumento seleccionado fue una ficha de recolección de datos que se confeccionó previamente, la cual fue llenada a través de una breve entrevista. Cabe mencionar que la madre y /o apoderado aceptaron y firmaron voluntariamente el consentimiento informado que hizo que sean incluidos en el estudio.

El instrumento (Ficha de recolección de datos) constó de las siguientes partes: anamnesis, donde se colocan datos del paciente, como el código de identificación, edad y sexo. El odontograma para registrar el índice CPO-D. Un campo para colocar los valores de hemoglobina, que fueron recogidos del laboratorio del centro de salud.

Se realizaron todas las coordinaciones con las autoridades de los centros educativos de nivel primario que se encuentra en distrito de Ocongate, que son dos: la Institución Educativa Sagrado Corazón de Jesús y la Institución Educativa San Isidro Labrador de Chacachimpa, donde se programó una reunión con los padres de familia, donde se le explicó a las madres y/o apoderados la importancia y el objetivo del presente estudio.

Luego se procedió a la identificación de los niños que fueron incluidos en el estudio, de acuerdo a la cuantificación de la muestra, lo cual se realizó aleatoriamente, de acuerdo al grado que cursan y que tengan el consentimiento firmado.

Posteriormente se acudió a las instituciones educativas y se procedió a la evaluación de los niños primeramente llenando los datos personales, para el examen odontológico las autoridades nos brindaron un ambiente donde acomodamos nuestros materiales para tal fin, y dichos exámenes se

realizaron en las primeras horas del día de labor académica, antes de los recesos, en grupos de seis estudiantes.

Luego se realizó el examen odontológico para identificar el CPO-D y finalmente se procedió a la toma de la muestra de hemoglobina con la ayuda del personal del laboratorio que labora en el centro de salud de Ocongate, la cual fue llevada al laboratorio del Centro de Salud de Ocongate para su procesamiento y los resultados fueron registrados en la ficha de recolección de datos para su debido almacenamiento. Todo esto se realizó en un ambiente proporcionado por la institución educativa con la ayuda de un frontoluz y en una posición adecuada con la ayuda de un personal de apoyo para registro de datos.

El procesamiento y análisis estadístico de los datos se realizó por medio del programa estadístico SPSS versión 25. Se utilizó estadística descriptiva como porcentaje, promedio, media para detallar las características de las variables identificadas en esta investigación lo cual se representarán en cuadros para un mejor entendimiento, además para evaluar la relación entre las variables de estudio se utilizó la prueba Chi cuadrado.

3. RESULTADOS

TABLA 01: NIVELES DE HEMOGLOBINA SEGÚN EDAD.

		Hemoglobina		Total	
		Disminuido	Normal		
Edad	6 a 7 años	N°	17	24	41
		%	41,5%	58,5%	100,0%
	8 a 9 años	N°	18	52	70
		%	25,7%	74,3%	100,0%
	10 a 11 años	N°	12	21	33
		%	36,4%	63,6%	100,0%
	Mayor a 11 años	N°	3	11	14
		%	21,4%	78,6%	100,0%
Total	N°	50	108	158	
	%	31,6%	68,4%	100,0%	

El 31,6% de la población presenta un nivel disminuido de hemoglobina, de los cuales el 41,5% tiene de 6 a 7 años, el 25,7% de 8 a 9 años, el 36,4% de 10 a 11 años y el 21,4% es mayor a 11 años.

TABLA 02: NIVELES DE HEMOGLOBINA SEGÚN SEXO.

		Hemoglobina		Total	
		Disminuido	Normal		
Sexo	Femenino	N°	26	48	74
		%	35,1%	64,9%	100,0%
	Masculino	N°	24	60	84
		%	28,6%	71,4%	100,0%
Total	N°	50	108	158	
	%	31,6%	68,4%	100,0%	

Al evaluar según sexo se evidencia que el 35,1% del sexo femenino y el 28,6% del sexo masculino tienen nivel de hemoglobina disminuido.

TABLA 03: INDICE CPOD SEGÚN EDAD.

		Índice cpod		Total
		Mediano riesgo	Alto riesgo	
6 a 7 años	N°	5	36	41
	%	12,2%	87,8%	100,0%
8 a 9 años	N°	6	64	70
	%	8,6%	91,4%	100,0%
10 a 11 años	N°	4	29	33
	%	12,1%	87,9%	100,0%
Mayor a 11 años	N°	5	9	14
	%	35,7%	64,3%	100,0%
Total	N°	20	138	158
	%	12,7%	87,3%	100,0%

El 87,3% de la población tiene un alto riesgo de caries, siendo el 87,8% de los niños de 6 a 7 años, el 91,4% de los niños de 8 a 9 años, el 87,9% de los niños de 10 a 11 años y el 64,3% de los que tienen más de 11 años.

TABLA 04: INDICE CPOD SEGÚN SEXO.

		Índice cpod		Total
		Mediano riesgo	Alto riesgo	
Femenino	N°	7	67	74
	%	9,5%	90,5%	100,0%
Masculino	N°	13	71	84
	%	15,5%	84,5%	100,0%
Total	N°	20	138	158
	%	12,7%	87,3%	100,0%

El 90,5% del sexo femenino y el 84,5% del sexo masculino presentan alto riesgo de caries

TABLA 05: INDICE CPOD SEGÚN NIVEL DE HEMOGLOBINA.

		Índice cpod		Total
		Mediano riesgo	Alto riesgo	
Disminuido	N°	4	46	50
	%	8,0%	92,0%	100,0%
Normal	N°	16	92	108
	%	14,8%	85,2%	100,0%
Total	N°	20	138	158
	%	12,7%	87,3%	100,0%

P= 0.231

El 92,0% de los niños que tienen nivel de hemoglobina disminuido presentan alto riesgo de caries, no existiendo una relación estadísticamente significativa entre el índice de caries y el nivel de hemoglobina para $p= 0.231$.

4. DISCUSIÓN

La presente investigación busca evidenciar los niveles de hemoglobina y de caries dental en niños de 6 a 12 años de los centros educativos de nivel primario del distrito de Ocongate de la provincia de Quispicanchi del departamento del Cusco, teniendo en consideración que se trata de una población rural y teniendo como muestra a 158 niños de los cuales el 46,8% del sexo femenino y el 53,2% del sexo masculino.

Al evaluar el nivel de hemoglobina podemos ver que el 31,6% de la población tiene niveles disminuidos de hemoglobina, y predominantemente los niños de 8, 9 y mayores de 11 años así como el sexo masculino fueron mayormente afectados. Estos resultados evidencian los índices de anemia que existen en nuestra población observando que son mayores que lo obtenido por Quilca Y, quien evidenció un 21,7% de hemoglobina disminuida en su población de estudio en la ciudad de Caylloma- Arequipa. También difieren con lo encontrado por Jaimes W, quien reportó un 3,3% de niveles de hemoglobina disminuido en Conchamarca- Huánuco.

Al identificar el índice de caries según CPOD podemos ver que el 87,3% de la población tiene un alto riesgo de caries, con lo cual podemos evidenciar los altos niveles de índice de caries que existe en general en nuestro país y con más razón en esta población tratándose de una población rural y podemos suponer también la escasa labor odontológica realizada en esta población. Estos datos son relativamente inferiores a lo encontrado por Quilca Y. quien encontró un 93,9% de prevalencia de caries en su población, pero son mayores que lo obtenido por Jaimes W. quien encontró un 71,7% en su población.

Al evaluar el índice de caries por sexo y edad podemos ver que el 90,5% del sexo femenino y el 84,5% del sexo masculino tiene un índice alto riesgo de caries, con ello podemos decir que las mujeres tienen relativamente un mayor riesgo de caries en comparación que los varones. Al observar por grupo etario podemos ver que todos los grupos tienen predominantemente un riesgo alto de caries siendo el mayor el grupo de 10 a 11 años con un 91,4%.

Al realizar el cruce de variables podemos observar que el 92,0% de los niños que tienen su nivel de hemoglobina disminuida tienen un alto riesgo de caries, así también el 85,2% de los niños que tiene nivel de hemoglobina normal tienen un riesgo de caries alto y el 14,8% tiene un riesgo mediano, al realizar el contraste de la hipótesis se observa que $p=231$ ($p \leq 0.05$ se rechaza H_0 y acepta H_1) por consiguiente se rechaza la hipótesis de que existe relación entre la caries y los niveles de hemoglobina en esta población, con lo cual podemos decir que no existe una relación establecida entre las variables pero podemos observar que aquellos niños que tienen sus niveles de hemoglobina disminuidos tienen mayor índice de riesgo alto de caries. Estos datos son similares a los obtenidos por Quilca Y. quien encontró influencia del IMC sobre la caries, pero no con la hemoglobina. Además, a través del estadístico OR el IMC presenta el mayor riesgo para que un niño tenga caries en cambio la hemoglobina tiene menor riesgo. Así como Jaimes W no encontró relación entre la caries y los niveles de hemoglobina.

5. CONCLUSIONES

1. Aproximadamente la tercera parte de la población tiene niveles disminuidos de hemoglobina, siendo predominante en el sexo femenino y en el grupo etario de 8 y 9 años.
2. Existe predominantemente un riesgo alto de caries en la población en general, predominando en el sexo masculino y el grupo etario de 8 a 9 años.
3. No existe relación estadísticamente significativa entre el índice de caries y el nivel de hemoglobina para $p=231$, pero podemos evidenciar que los niños que tienen nivel de hemoglobina disminuido tienen en mayor porcentaje alto riesgo de caries, por lo que se rechaza la hipótesis de estudio planteada.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2016 Nacional y Regional (ENDES 2016) [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2017. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/endes/resultados.asp>.
2. Zavaleta N. Anemia infantil: retos y oportunidades al 2021. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2017;34(4):588-89. doi:10.17843/rpmesp.2017.344.3281.
3. MINSA. Documento Técnico: Plan nacional para la reducción y control de la anemia materno infantil y la desnutrición crónica infantil en el Perú: 2017-2021 [Internet]. 2017. Disponible en: www.ins.gob.pe
4. De Benoist B, World Health Organization, Centers for Disease Control and Prevention (U.S.). Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005 of: WHO Global Database of anaemia [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2008 [citado 29 de octubre de 2019]. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241596657_eng.pdf
5. Aparco JP, Huamán-Espino L. Recomendaciones para intervenciones con suplementos de hierro: lecciones aprendidas en un ensayo comunitario en cuatro regiones del Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2017;34(4): 709-15. doi: 10.17843/rpmesp.2017.344.3237.
6. Minsa. Documento técnico: Plan Nacional para la reducción y control de la anemia materno infantil y la desnutrición crónica Infantil en el Perú: 2017-2021. Disponible en <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4189.pdf> MIDIS. Plan multisectorial de lucha contra la Anemia [Internet]. 2018.
7. Disponible en: <https://www.gob.pe/midis> MINSA. Guía técnica: Guía de Práctica Clínica para la Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Caries Dental en Niñas y Niños. 2017.
8. Arroyo J. Hacia un Perú sin anemia. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2017;34(4):586-7. doi: 10.17843/rpmesp.2017.344.3279.
9. Velásquez JE, et al. Factores asociados con la anemia en niños menores de tres años en Perú: análisis de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar, 2007-2013. Biomédica [Internet]. 2016; 36 (2): 220-229. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84345718008>
10. Cereceda M MA, Faleiros C S, Ormeño QA, Pinto G M, Tapia V R, Díaz S C, et al. Prevalencia de Caries en Alumnos de Educación Básica y su Asociación con el Estado Nutricional. Rev Chil Pediatr [Internet]. febrero de 2010 [citado 12 de julio de 2019];81(1). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062010000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=en
11. Del Pilar C. Asociación entre caries dental y estado nutricional en el Perú, 2014. [Lima - Perú]: UPCH; 2018.
12. Soto YQ. Influencia del índice de masa corporal y hemoglobina en caries dental en niños de 6 - 12 años, distritos de Callalli, Tisco, Tuti provincia Caylloma - Arequipa, 2016. :98.
13. Henostroza Haro G, Ortiz EB, Calderón Ubaqui V. Diagnóstico de caries dental. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia. Facultad de Estomatología «Roberto Beltrán Neira»; 2005. 122 p.
14. Dental Caries: The Disease and its Clinical Management, 3rd Edition [Internet]. Wiley.com. [citado 1 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://www.wiley.com/en-us/al+Caries%3A+The+Disease+and+its+Clinical+Management%2C+3rd+Edition-p-9781118935828>
15. Bansal K, Goyal M, Dhingra R. Association of severe early childhood caries with iron deficiency anemia. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2016;34(1):36.
16. Venkatesh Babu N, Bhanushali P. Evaluation and association of serum iron and ferritin levels in children with dental caries. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2017;35(2):106.
17. Arriagada V, Maldonado J. Relación entre prevalencia de caries dental, índice de higiene oral y estado nutricional en niños preescolares de 3 a 5 años 11 meses del sector Pedro Del Río, Concepción, VIII Región, Chile, 2014." [Chile]: Universidad de Concepción; 2014.
18. Municipalidad de Quispicanchis. Plan de desarrollo Institucional 2011-2014. 2014.

Comercialización de productos herbarios en casas naturistas de la ciudad de Cusco

Commercialization of herbal products in natural houses In the city of cusco

Karina Cardeña Unda¹ Lelia María Rodríguez Torres² Yahayra Shirley García Peña.³ Joe Huamán Valenzuela⁴
Escuela Profesional Farmacia y Bioquímica, UNSAAC- Cusco, Perú.

karina.cardeña@unsaac.edu.pe, código ORCID 0000-0001-5666-8454
lelia.rodriguez@unsaac.edu.pe, código ORCID 0000-0002-8750-6770
qfygarcia@gmail.com, código ORCID 0000-0002-0443-926X
joe.valenzuela@unsaac.edu.pe, código ORCID 0000-0002-1158-6233

RESUMEN

La seguridad en el uso de productos naturales como son las plantas medicinales, sigue siendo una gran preocupación en algunos lugares del mundo, incluido nuestro país. Los profesionales de la salud, la población en general y la misma normatividad vienen enfrentando situaciones referentes a la seguridad, eficacia, calidad, disponibilidad, preservación y regulación de la medicina tradicional y complementaria (MTC) dentro del cual están inmersos los productos herbarios. Por estas razones el objetivo de esta investigación es determinar las características fundamentales de la comercialización de los productos herbarios en casas naturistas de la ciudad de Cusco. Para lo cual se encuestó a 272 usuarios que acudían a las casas naturistas, 28 vendedoras y se captó la publicidad en medios radiales y televisivos de 29 productos herbarios. Los resultados pudieron evidenciar que la comercialización de productos herbarios en casas naturistas de Cusco muestra mayor tendencia sobre todo en la población mayor a 40 años y con grado superior, los productos más consumidos están relacionados con problemas reumáticos y suplementos vitamínicos, cuyo consumo se da más por la recomendación de la vendedora y la información de publicidad. Las casas naturistas no cumplen con la normatividad legal, comercializan productos herbarios sin autorización sanitaria (registro sanitario) en un 26.7%, la mayor parte tiene registro sanitario de DIGESA en un 68.3%, siendo comercializados y promocionados como medicamento, atribuyendo propiedades terapéuticas que no han sido autorizados por la autoridad en salud y por personal que no cuenta con la formación adecuada. La publicidad y promoción de productos herbolarios se realiza al margen de la normatividad, induciendo a la población a consumirlo, bajo premisas falsas, constituyendo un riesgo para la salud de la población. Siendo importante la intervención permanente de las autoridades en el control de la comercialización y promoción de estos productos.

Palabras Clave: Productos herbarios, casas naturistas, comercialización de productos herbarios, reglamentación de la medicina tradicional y complementaria, Seguridad de productos herbarios.

SUMMARY

Safety in the use of natural products such as medicinal plants, continues to be a great concern in some parts of the world, including our country, health professionals, the general population and the same regulations have been facing situations regarding safety, efficacy, quality, availability, preservation and regulation of traditional and complementary medicine (TCM) within which herbal products are immersed. For these reasons, the objective of this research is to determine the fundamental characteristics of the commercialization of herbal products in naturist houses in the city of Cusco. For which, 272 users who came to the naturist houses, 28 vendors, were surveyed and the advertising in radio and television media of 29 herbal products was captured. The results were able to show that the commercialization of herbal products in naturist houses of Cusco shows a greater tendency, especially in the population over 40 years of age and with a higher grade, the most consumed products are related to rheumatic problems and vitamin supplements, whose consumption is more by the recommendation of the seller and the advertising information. The naturist houses do not comply with the legal regulations, they commercialize herbal products

without sanitary authorization (sanitary registration) in 26.7%, most of them have a DIGESA sanitary registration in 68.3%, being marketed and promoted as medicine, attributing therapeutic properties that do not They have been authorized by the health authority and by personnel who do not have adequate training. The advertising and promotion of herbal products is carried out outside the regulations, inducing the population to consume it, under false premises, constituting a risk to the health of the population. Being important the permanent intervention of the authorities in the control of the commercialization and promotion of these products.

Keywords: Herbal Products, Naturist Homes, Marketing of herbal products, Regulation of traditional and complementary medicine, Safety of herbal products.

1. INTRODUCCIÓN

Los mercados mundiales y nacionales han aumentado la demanda de las hierbas medicinales, logrando importantes beneficios económicos por la venta de estos productos (OMS, 2013). En Latinoamérica la comercialización y utilización de plantas medicinales, ha presentado un aumento, sobre todo por los pobladores sin accesibilidad a un sistema de atención primaria y medicamentos sintéticos (Palacios, 2003). El Perú no es ajeno a esta situación, la comercialización de los productos naturales de forma ilegal son elaborados en laboratorios de fitofármacos de procedencia nacional e internacional, que elaboran y expenden los productos naturales, algunos registrados en la Dirección General de Medicamentos, Insumos y Drogas (DIGEMID) como “productos herbarios” o en la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) como “complementos o suplementos nutritivos” y otros comercializados en forma clandestina sin ningún tipo de autorización, los mismos que son comercializados en casas naturistas, mercados, ferias y en forma ambulante, usando muchas veces como materia prima recursos naturales que tienen poca garantía, lo que pone en duda la calidad de los productos y a cargo de personas con poca o ninguna capacitación en la utilización de plantas medicinales. Además, que algunos de estos productos cuentan con una publicidad y promoción engañosa en los medios masivos de comunicación: Internet, radio, televisión, medios escritos, entre otros, induciendo a la población al consumo de estos productos, situación que puede ocasionar graves riesgos en la salud de la población.

Las medicinas tradicionales de calidad, seguridad y eficacia comprobada contribuyen a asegurar el acceso de todas las personas a la atención de salud. Para muchos millones de personas, representan la principal fuente de atención sanitaria y a veces la única (OMS, 2013). Sin embargo, en la mayoría de los países, la comercialización de hierbas medicinales está poco reguladas y a menudo, ni las autoridades de salud ni las registran ni controlan. La seguridad de las hierbas medicinales sigue siendo una gran preocupación. En los Estados Unidos, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) ha estimado que más de 50 000 eventos adversos son causados por botánicos y otros suplementos dietéticos (FDA, 2009) Además, para la mayoría de las hierbas medicinales, la eficacia no se prueba y la calidad no es seguro, pudiendo causar peligros para la vida, más hospitalizaciones y la muerte (Hopf *et al.*, 2008).

Frente a esta situación y al no existir estudios a nivel regional que traten este tema, genera un vacío en la información que impide que se tenga un conocimiento real de la comercialización de productos herbarios en las casas naturistas, la forma como se da su comercialización, formas de expresión, así como verificar si se está cumpliendo la normatividad, respecto a su comercialización, promoción y publicidad y los riesgos que estos generan en la salud de la población, asimismo permite identificar los puntos neurálgicos y a partir de ello la autoridad de salud y autoridades regionales y locales, cuenten con una información muy valiosa, que sirva de base para diseñar estrategias, identificar alternativas de solución y las acciones a tomar.

Por lo que surge a realizarnos la siguiente interrogante ¿Cuál es la situación actual del comercio de productos herbolarios en la ciudad de Cusco?

En el presente trabajo, se determinó las características del comercio de productos herbarios en casas naturistas de la ciudad de Cusco, verificando el cumplimiento de la normatividad, respecto

a la comercialización publicidad y promoción de estos productos, se determinó los productos más comercializados, tipo de registro sanitario, procedencia, que fueron corroborados con a información verificada en las páginas web de DIGESA y DIGEMID, así como evidenciar el perfil de los vendedores, si es el más adecuado para recomendar estos productos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La primera etapa correspondió al reconocimiento del ámbito de trabajo y establecer los puntos de muestreo, para lo cual los integrantes del equipo se desplazaron a las zonas de referencia ubicados en el cercado de la ciudad de Cusco y luego, realizaron la identificación de las casas naturistas y ubicación de los puntos de muestreo. El estudio es de tipo descriptivo, transversal, fue realizado en 15 casas naturistas de la ciudad de Cusco, ubicadas en el cercado del distrito de Cusco, la muestra no probabilística correspondió a 272 personas que acudían a las casas naturistas, según los criterios de inclusión y un total de 28 vendedoras, respecto a la publicidad se consideró toda la publicidad y promoción de productos herbarios, radial y televisiva que salió durante los meses de junio a diciembre del 2018, periodo que también fue considerado para la ejecución de las encuestas, que se ejecutó en horarios de mayor afluencia mañanas de 10.30 a 12.30 y tarde de 15.30 hrs a 19.30 hrs, para lo cual previamente se explicó a los encuestados (usuario y vendedor) el objetivo de la investigación y la finalidad para la que sería utilizada dicha información, cuya participación fue de forma voluntaria.

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de la encuesta y entrevista, a través de un cuestionario estructurado, el cual abarcaba preguntas para el usuario y vendedor, donde se incluye preguntas referente a datos demográficos de los usuarios y vendedores; a los nombres de los productos herbarios, presentación, registro sanitario, el cual permitió determinar la procedencia y tipo de registros sanitario, con el apoyo de la aplicación en línea de la página web de DIGESA Y DIGEMID, de igual forma para la publicidad se recolectó la información captada de los medios televisivos y radiales para ello se utilizó la técnica audio-visual para el caso de los medios televisivos y audición en caso de medios radiales, utilizando hoja de estructurada para recolección de datos. Concluyendo con la sistematización y análisis de la información.

3. RESULTADOS

Tabla 1. De la edad del cliente

Edad	Conteo	Porcentaje
A	63	23,2
B	117	43,0
C	92	33,8
n=272		

(A 15- 25; B 26 – 40; C 40 a más)

En la tabla 1 podemos apreciar que las personas con mayor consumo de productos herbarios en la ciudad del Cusco son en promedio de 26 a 40 años, representando una frecuencia de 117 que es el 43% de la muestra total. De los cuales la totalidad mencionó consumir productos herbarios.

Tabla 2. Grado de instrucción del cliente

Edad	Conteo	Porcentaje
P	33	12.1
S	109	40.1
U	130	47.8
n=272		

(P primaria; S secundaria; U superior)

En la tabla 2 se puede identificar que el mayor grado de instrucción de los clientes que consume productos herbarios es de grado superior con una frecuencia de 130 que representa el 47.8% del total seguidamente están los de educación secundaria con una frecuencia de 109 que representa el 40.1% del total de la muestra, mostrando que las personas con mayor grado de instrucción son los que más consumen estos productos posiblemente debido a que son los que acceden más a los medios publicitarios y están más al tanto de su salud.

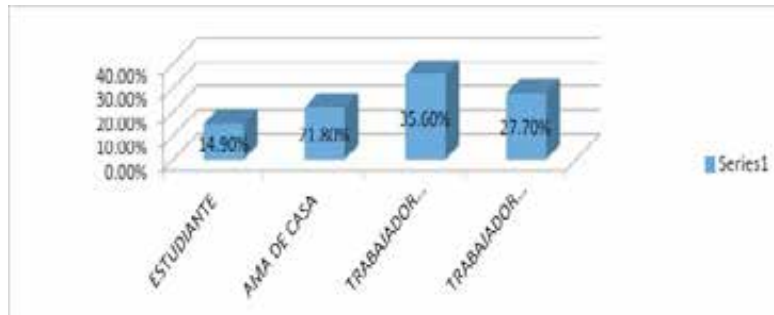


Fig. 1: Ocupación de consumidores

Como se observa en la figura 1 los trabajadores dependientes, consumen en mayor porcentaje 35.60% los productos herbarios, seguido de los trabajadores dependientes con un 27.7%, dichos resultados podemos explicar porque probablemente son el grupo de personas que cuentan con más recursos económicos, para adquirir los productos herbarios a diferencia de una ama de casa y un estudiante.

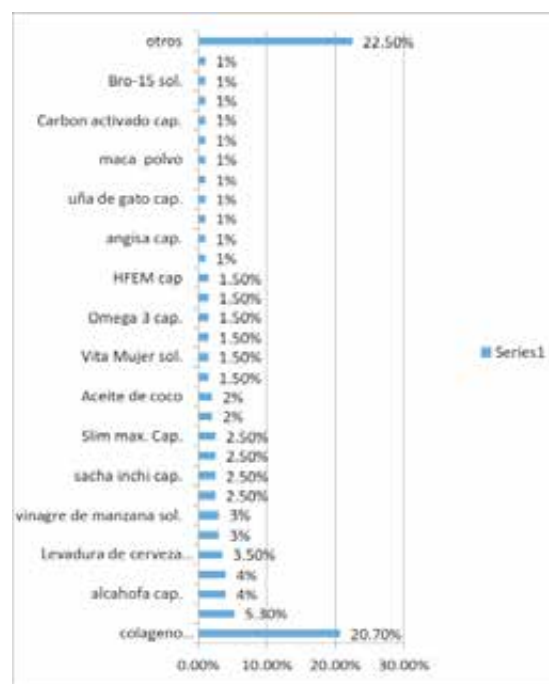


Fig. 2: Productos herbarios más consumidos

La figura 2 nos muestra respecto a la población que consume los productos herbarios, al consultarle sobre cual es el producto que consume más o adquirió, tenemos como resultado que el producto más consumido corresponden al colágeno hidrolizado con 22.80% cap., seguido de otros productos en menor porcentaje té verde cap. (5.30%) Alcachofa cap. (4%) moringa cap. (4%) levadura de cerveza cap. (3.5%) Stevia (3%) vinagre de manzana, complebek (batido de cartílago de tiburón) sacha inchi, maca negra, entre otros. Dichos resultados pueden deberse a que en los últimos años el colágeno hidrolizado cuenta con mucha publicidad en los diferentes medios de comunicación, a diferencia de lo otros productos.

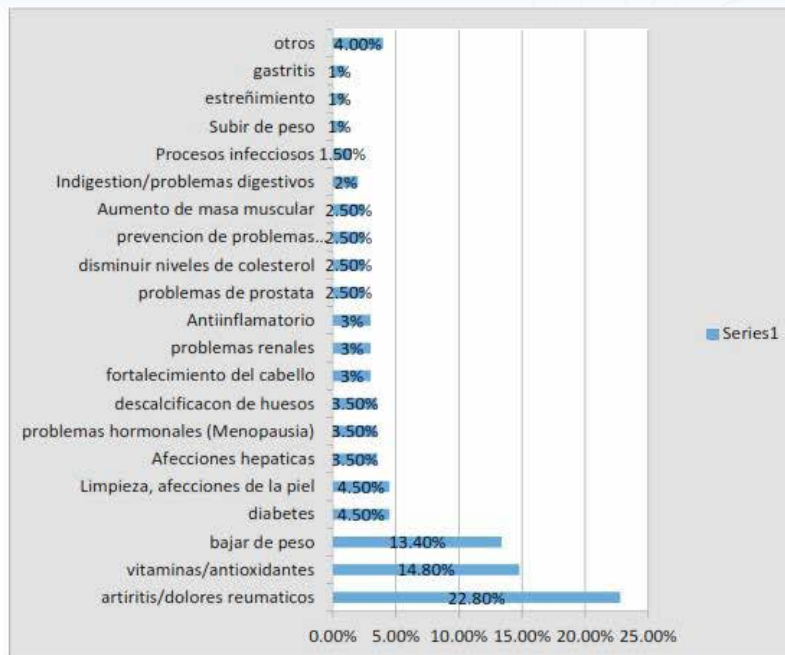


Fig. 3: Indicación del uso de productos naturistas

A la pregunta para que tipo de problema utiliza el producto herbario, arrojaron los siguientes resultados, el mayor uso fue para los dolores reumáticos o artritis (22.80%) coincidiendo con el consumo de colágeno hidrolizado, el cual posiblemente curaría esta patología, luego se tiene en un 14.80% su uso como suplemento vitamínico, para bajar de peso (13.40%), diabetes 4.5% entre otros. De los cuales 4 casos (1.5%) manifestaron presentar efectos adversos como cefalea, náuseas, dolor estomacal.

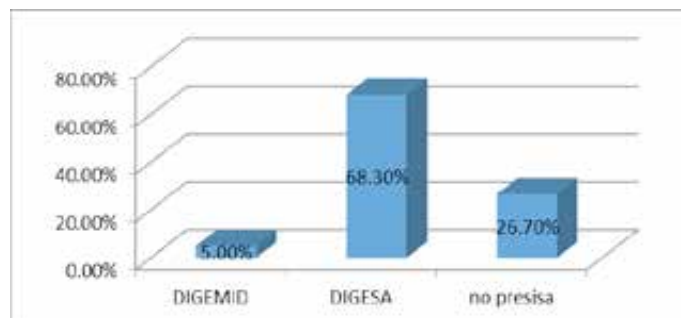


Fig. 4: Tipo de registro sanitario

La figura 4 nos muestra que los productos herbarios consumidos por las personas encuestadas expendidos en las casas naturistas, 68,30 % de estos presentan registro de DIGESA, 5 % de la DIGEMID y un considerable 26,7% no precisa si tiene algún tipo de registro sanitario, el cual fue verificado en la página web de la DIGESA Y DIGEMID, dentro de este grupo se encuentran los productos sin registro sanitario, los de contrabando y de procedencia desconocida, incumpliendo así las normas legales sobre la comercialización de productos herbolarios, siendo un atentado contra la salud pública de los pobladores de esta ciudad. Más aun existiendo un 34.70% de los encuestados que no toma en consideración la presencia del registro sanitario, en su decisión de tomar o no el producto.

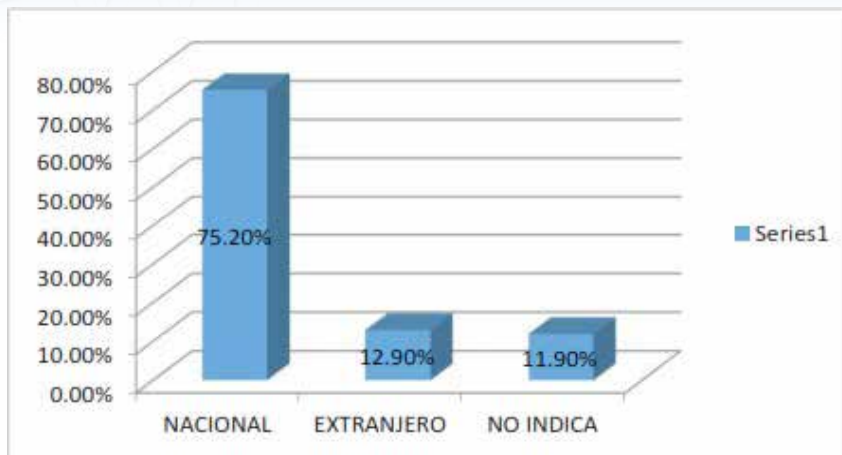


Fig. 5: Procedencia del producto herbario

El gráfico 5 nos muestra que un 75.20 % de los productos herbarios expendidos en las casas naturistas son de procedencia nacional, esto de acuerdo a la encuesta realizada a las personas que acuden a estos locales, reportaron que el 12.9 % son de procedencia extranjera y 11.9 % no indicaron su procedencia. El 11.9 % que no refiere la procedencia se debe a que muchos de estos productos en sus envases no tienen la información clara del producto, no indicando su origen y en muchos casos tampoco indican la fecha de vigencia.

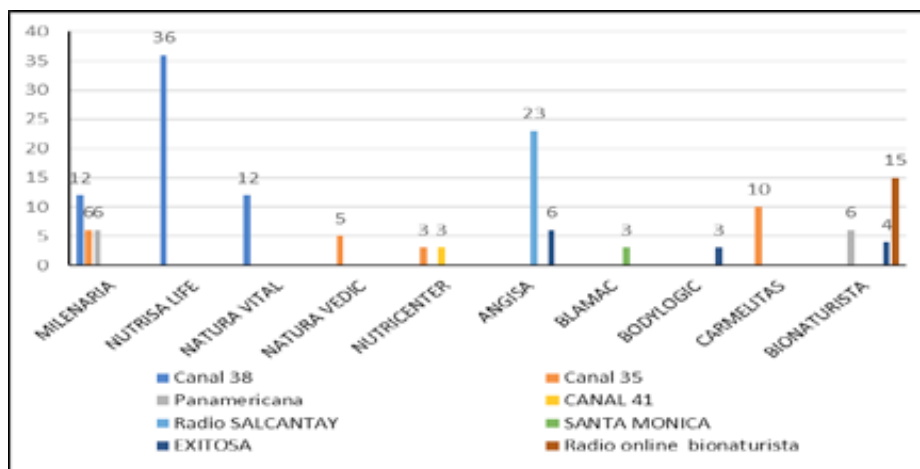


Fig. 5: Productos herbarios con publicidad en los medios de comunicación

En el grafico 5 se puede observar que la publicidad de las empresas que fabrican los productos herbarios, se concentran fundamentalmente en los medios de comunicación de radio y televisión, sin embargo existen algunos empresas que cuentan también con publicidad por internet y en folletos, pero no fueron objeto de estudio, las tres empresa que tiene más horas a la semana en el periodo de estudio fue Nutrisa Life con un total de 36 horas, seguido de la empresa Angisa con 29 horas y la empresa Bionaturista con 25 horas. El medio de comunicación con más publicidad es la televisión con un total de 105 horas a la semana, de los cuales el canal 38 concentra la mayor cantidad de horas, luego está la radio con 56 horas, siendo la radio Salkantay la que contiene el mayor número de horas a la semana.

Tabla 3. Análisis de la publicidad de productos herbarios

Producto	hrs. a la sem.	medio de comunicación	Fabricante	Cuenta con R. Sanitario	R.S. de autorización	Publicidad con sustentación técnica	Expone propiedades concordantes con el R.S
CARTICOLÁGENO, Cloruro de magnesio	18	Televisión	La milenaria	No	No tiene	SI	NO
D-FROST	6	Televisión	La milenaria	No	No tiene	SI	NO
Potentísimo Bixotreno o	5	Televisión	Nutisa life	NO	No tiene	NO	NO
PRE COZZ GEL	3	Televisión	Nutisa life	NO	No tiene	NO	NO
Cloruro de magnesio	10	Televisión	Nutisa life	SI	DIGESA	SI	NO
TROYA TRIPLE ACCION	10	Televisión	Nutisa life	NO	No tiene	NO	NO
FIBROSEN	8	Televisión	Nutisa life	SI	DIGESA	NO	NO
POSEIDON XXX	6	Televisión	ANIVLLU	SI	DIGESA	NO	NO
Ekar Max	6	Televisión	NATURA VITAL	NO	No tiene	NO	NO
SOLANDAS	6	televisión	NATURA VITAL	NO	No tiene	NO	NO
OXICOLL	5	televisión	NATURA MEDIC	SI	DIGESA	NO	NO
HGH SERO VITAL 9000 %	6	televisión	NUTRICENTER	SI	DIGESA	NO	NO
MORINGA	4	radio	ANGISA	SI	DIGESA	NO	NO
COLAGENO HIDROLIZADA	6	radio	ANGISA	SI	DIGESA	NO	NO
ACHUMAX	2	radio	ANGISA	SI	DIGESA	NO	NO
VITAPOWER	6	radio	ANGISA	SI	DIGESA	NO	NO
MACA NEGRA	5	radio	ANGISA	SI	DIGESA	NO	NO
UÑA DE GATO	2	radio	ANGISA	SI	DIGESA	NO	NO
CARTILAGO TIBURON	4	radio	ANGISA	SI	DIGESA	NO	NO
SACHANDHI	3	radio	BLM MAC	SI	DIGESA	NO	NO
COLAGENO MORAS	3	radio	BODYLOGIC	si	DIGESA	NO	NO
COLIPIO CHIND	4	radio	NO MENCIONA	NO	No tiene	NO	NO
ZEUS	3	televisión	Carmelitas	SI	DIGESA	NO	NO
FIBRAX	2	Televisión	Carmelitas	SI	DIGESA	NO	NO
HOFEM	3	Televisión	Carmelitas	SI	DIGESA	NO	NO
HGH	2	televisión	Carmelitas	SI	DIGESA	NO	NO
PROPOLOL	3	televisión	Bonaturita	SI	DIGESA	NO	NO
	7	radio	Bonaturita				
CALAGUALA	3	Televisión	Bonaturita	SI	DIGESA	NO	NO
	7	radio	Bonaturita				
NONI	5	radio	Bonaturita	SI	DIGESA	NO	NO

En la tabla 3 se puede apreciar que existen 29 productos medicinales que cuentan con publicidad en los diferentes medios de comunicación, siendo el carticolágeno con cloruro de magnesio el que tiene más horas de publicidad 18, de los cuales 21 (72%) tiene registro sanitario de autorización de DIGESA, catalogados como alimentos y el 28% de los productos publicitados no tienen ningún registro sanitario de DIGESA ni de DIGEMID, lo que hace que estos productos sean considerados de dudosa procedencia, por no contar con ningún tipo de autorización nacional para su comercialización, esta situación también se refleja en la comercialización de estos productos en la casa naturista, demostrando que no existe un control permanente por parte de la autoridad en salud y autoridades municipales.

Por otra parte, también observamos que la totalidad 100% de los productos publicitados, realizan su promoción y publicidad, atribuyendo bondades curativas, sin contar con una información técnica que sustente, su eficacia y seguridad, cuyas propiedades no son concordantes con la información del registro sanitario, debido a que gran parte de estos productos han sido autorizados por DIGESA (72%) como alimentos, en el cual solo corresponde promocionar y publicitar la información de las propiedades nutricionales o alimenticias y no propiedades terapéuticas, que no tienen un sustento técnico y menos aún si no cuentan con registro sanitario, poniendo en grave riesgo la salud de la población, por la publicidad engañosa que puede inducir a consumir estos productos.

Tabla 4. Del grado de instrucción de las vendedoras

Edad	Conteo	Porcentaje
P	1	3.57
S	4	14.29
T	11	39.28
U	12	42.86
n=272		

(P primaria; S secundaria; T técnico, U Universitario)

En la tabla 4 podemos observar el grado de instrucción que tienen las personas encargadas del expendio de los productos en las casas naturistas encuestadas, donde se muestra que solo el 42.86 % de los expendedores encuestados son profesionales, pero no todos son profesionales de la salud, un 39.28% tienen formación en técnicos en salud, llamando la atención, que existe un porcentaje de vendedoras que apenas tienen formación primaria y secundaria (17.86 %). Es importante conocer el grado de instrucción que tienen los expendedores, esto nos garantiza de alguna manera que tipo de información brindarán a las personas que acuden a estas casas naturistas y si el grado de instrucción es superior y está relacionada con áreas de salud, se garantiza que la información brindada pueda ser confiable; lo contrario una persona no instruida puede dar información errada a la población con efectos dañinos incluso en la salud.

De los cuales mencionaron haber recibido capacitación el 87.70%, y la diferencia 12.30 % refiere no haber tenido ninguna capacitación, sin embargo, las que recibieron la capacitación fue realizada en su mayoría 95.83% a través de charlas informativas organizada por los mismos laboratorios productores de estos productos (Bionaturista, Angisa, Kaita, Matrix, Santa Natura, Carmelitas, Inka Hampi) y solo 4.16% organizada por el MINSA.

4. DISCUSIÓN

Hoy en día el comercio de productos naturales presenta un crecimiento constante (en especial en EE.UU. UE y Asia), existe un auge de la medicina naturista, nutracéuticos y productos naturales, los cuales se vienen utilizando de diversas formas (INS, 2008) destacando en nuestro estudio que la totalidad de encuestados 272 que acudieron a las casas naturistas, mencionaron consumir productos herbolarios, en el estudio realizado por Hernández y Obares (2019) en Costa Rica en una población entre 20-75 años de edad . Se evidenció que un 51% de la población consumía productos macrobióticos o herbarios, dichos resultados presenta menor porcentaje con nuestro estudio, debido a que la recolección de datos fue realizada en diferente lugar y población. También en otro estudio se menciona que los hispanos y asiáticos presentan las tasas más altas de uso de hierbas medicinales con un (50%) (Kuo y Hawley, 2004). Por lo que ahora las investigaciones en la medicina tradicional, se esta concentrando en la medicina clínica y empírica y la situación de su legislación, ignorando lo concerniente a la sanidad pública (Bodeker y Kroneneberg,2002).

Del análisis respecto a la edad y grado de instrucción de los consumidores, no se encontró una asociación ente la edad y el consumo (Kuo y Hawley, 2004) según nuestros estudio la edad

donde se concentra el mayor consumo es la de 26 a 40 años (43.0%) y mayor a 40 años (38.0%) existiendo similares resultados en el estudio de Franco y Gonzales (2014) quienes afirman que el consumo en personas mayores de 41 años fue del 63,2%; encontrando una relación significativa entre el consumo y género femenino, mayor edad de los clientes, mayor estrato socioeconómico y mayor nivel educativo, el cual también se refleja en nuestro estudio donde el 47.8% de los consumidores tienen un grado de instrucción superior, deduciendo que esta población tiene esta tendencia porque son los que acceden más a los medios publicitarios y están más preocupados por el cuidado de su salud.

Comparando los resultados del presente trabajo respecto a los productos herbarios más consumidos en la ciudad del Cusco, no se muestran muchas coincidencias, debido a que no existen trabajos similares en estos últimos años en nuestro país, además el consumo de estos productos obedece muchas veces a la existencia de publicidad como parte del marketing de la empresas fabricantes, según plantean Díaz *et al.*, (2014) definen a la automedicación como un comportamiento individual de consumo de medicamentos inducido más por la publicidad y el mercadeo de los medicamentos que por la original motivación de autocuidado del individuo. Siendo los más consumidos en nuestro medio según referencia de los consumidores y vendedoras de las casas naturista. El colágeno hidrolizado cap, calcio, cloruro de magnesio cap, te verde cap (5.30%) Alcachofa cap (4.%) Moringa cap (4%) levadura de cerveza cap (3.5%) Stevia polvo(3%)vinagre de manzana sol., complebek (batido de cartílago de tiburón) cap., etc. Las presentaciones más consumidas corresponden a las cápsulas, polvos y soluciones orales. El aumento en el consumo se debe a la confianza de los compradores, que piensan que su uso ha comprobado que son efectivos y que no contienen sustancias químicas que generen reacciones adversas (Garzón, James & Romero, 1999).

Respecto a los problemas de salud, por los que toma los productos herbolarios, se muestra una variabilidad de patología, pero principalmente consumen para dolores reumáticos o artritis (22.80%) uso como suplemento vitamínico 14.80%, para bajar de peso (13.40%) y diabetes 4.5% entre otros. Si analizamos el consumo de estos productos, no está asociada con las patologías que generalmente padece nuestra población, como son las infecciones respiratorias y las enfermedades cerebro vasculares, deduciendo que su consumo se debe más a una automedicación, que es reforzada con la información brindada por la vendedora en 59.9%, la publicidad y la información de la etiqueta del producto. Esto representa un riesgo para la población, puesto que las empresas que fabrican estos productos, realizan la promoción de estos productos como si se tratasen de medicamentos, a pesar que solo cuentan con el registro sanitario de DIGESA, considerado para alimentos, cuyas propiedades terapéuticas que figuran en las etiquetas no tienen fundamento científico (Ciriaco, 2019). Además, tal pensamiento se acompaña de la falsa premisa de que todo lo natural, incluyendo medicamentos, es inocuo y que puede tomarse sin ningún tipo de restricción, sin considerar que estos productos también pueden causar efectos adversos e incluso poner en riesgo la salud del paciente (Hernández, 2017)

Así mismo, Todos los productos que se expenden para fines de salud debe contar con registro sanitario de DIGEMID, por lo que el porcentaje de 5 % es muy bajo y los productos cuyo registro sanitario corresponde a DIGESA (68.3%) están considerados como alimentos y no corresponde ser como comercializados como medicamentos, el cual se observa que las empresas productoras de estos productos y las casas naturistas, hacen caso omiso a los dispositivos legales, puesto que su comercialización y publicidad se realiza como medicamentos, cuando muchos de estos productos no muestran indicaciones terapéuticas aprobadas por la FDA, primando sólo los intereses de lucro y no el bienestar de los clientes, mostrando mayor peligro a la salud. Los productos que no tienen registro sanitario, de DIGESA o DIGEMID, son posiblemente productos que forman parte del comercio ilegal, (falsificados, contrabando o de dudosa procedencia) el cual representa un peligro para la salud, hecho que debe llamar atención de las autoridades involucradas en el control, fiscalización del comercio y verificación del registro sanitario, para salvaguardar la salud de la población y calidad de los productos. Los procesos de legislación en medicina complementaria es complejo de regular fundamentalmente cuando existen proveedores con deficiente entreno de la formalidad y cuando la práctica es versátil y uso en base a tradiciones (Nigenda *et al.*, 2001)

La procedencia de los productos herbarios expendidos en las casas naturistas, mayormente son nacionales (75.20 %) y un pequeño porcentaje de 12.9 % son de procedencia extranjera, según el INS (2008) El Perú es uno de los 12 países megadiversos del planeta; posee alrededor del 10% de especies de la flora mundial, (25 000 especies) y ocupa el primer lugar en número de especies de plantas y en los últimos años, ha presentado una creciente tendencia exportadora. Lo que demuestra la gran cantidad de productos herbarios de procedencia nacional, siendo mayor la tendencia a obtener la autorización sanitaria de DIGESA, por la facilidad en los trámites y requisitos, no siendo lo más adecuado, porque luego las empresas lo comercializan como medicamento, vulnerando la normatividad.

Por otra parte, también observamos que la totalidad 100% de los productos publicitados 29, realizan su promoción y publicidad, atribuyendo bondades curativas, sin contar con una información técnica que sustente, su eficacia y seguridad, cuyas propiedades no son concordantes con la información del registro sanitario, debido a que gran parte de estos productos han sido autorizados por DIGESA (72%) como alimentos, en el cual solo corresponde promocionar y publicitar la información de las propiedades nutricionales o alimenticias y no propiedades terapéuticas, que no tienen un sustento técnico y menos aún si no cuentan con registro sanitario (28%) poniendo en grave riesgo la salud de la población, por la publicidad engañosa que puede inducir a consumir a estos productos. Según establece la normatividad en la promoción y publicidad de los recursos terapéuticos naturales, recurso natural y producto natural de uso en salud, no debe atribuirse a estos acciones y propiedades terapéutica, sobredimensionando su uso tradicional recomendado y aprobado por la ANM e induciendo a la población a utilizarlos con premisas falsas y engañosas como si se tratara de medicamentos (MINSA, 2020). Lo que demuestra un incumplimiento a la normatividad, la inminente existencia de publicidad engañosa y el poco control de parte de las autoridad en de salud de nuestra región, ameritando realizar trabajos posteriores donde se corrobore si las atribuciones terapéuticas publicitadas, tienen respaldo científico y coherencia con lo declarado en el registro sanitario. Según la legislación la promoción y publicidad de los recursos terapéuticos naturales según sea su condición de venta, se sujeta a lo establecido en la normatividad vigente y conforme a su registro sanitario (MINSA, 2020)

Es importante conocer el grado de instrucción que tienen los expendedores, esto nos garantiza de alguna manera que tipo de información brindarán a las personas que acudan a estas casas naturistas y si el grado de instrucción es superior y está relacionada con áreas de salud, se garantiza que la información brindada pueda ser confiable; lo contrario una persona no instruida puede dar información errada a la población con efectos dañinos incluso en la salud. Evidenciando en nuestro estudio la poca preparación de las expendedoras, no siendo el personal más adecuado para dicha función, que no contribuyen en nada al uso racional de estos productos, no cumpliendo en lo declarado en las estrategias de la OMS, respecto a uso racional, el de promover el uso terapéutico racional de la medicina tradicional entre los profesionales y los usuarios (OMS, 2014-2023).

5. CONCLUSIONES

La comercialización de productos herbarios en casas naturistas de Cusco, muestra mayor tendencia sobre todo en la población mayor a 40 años y con grado superior, correspondiendo a los productos más consumidos aquellos que están relacionados con problemas reumáticos y como suplementos vitamínicos, cuyo consumo se da más por recomendación de la vendedora y la información de la publicidad. Se ha verificado que las casas naturistas no cumplen la normatividad legal, comercializan productos herbarios sin registro sanitario (26.7%) y la mayor parte tiene registro sanitario de DIGESA (68.3%) pero es comercializado y promocionado como medicamento, atribuyendo propiedades terapéuticas que no han sido autorizados por la autoridad en salud, el cual constituye un riesgo para la salud de la población. La publicidad y promoción de productos herbolarios se realiza al margen de la normatividad, no guardan coherencia con lo declarado en el registro sanitario, induciendo a la población a consumirlo bajo premisas falsas. Los vendedores de las casas naturistas, no cuenta con una formación adecuada para orientar y recomendar el uso de productos herbolarios, fomentando de esta forma al uso irracional de estos productos.

Siendo urgente la intervención de las autoridades involucradas en el control y fiscalización de la comercialización y promoción de productos herbarios.

RECONOCIMIENTO: Nuestro agradecimiento y reconocimiento al Q.F, Rumi Cabrera especialista de la DIGEMID por apoyo y recomendaciones en el trabajo, a los estudiantes del instituto Antonio Lorena, a los estudiantes de la Escuela de Farmacia UNSAAC, quienes permitieron la conclusión de este trabajo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bodeker, G., & Kronenberg, F. (2002). A Public Health Agenda for Traditional, Complementary, and Alternative Medicine. *American Journal of Public Health*, 92(10), 1582-1597.

Ciriaco, M. (2019). *Susaludconlupa*. Obtenido de <https://saludconlupa.com/comprueba/los-fraudes-de-la-industria-de-productos-naturales/>

Díaz-Caycedo, Natalia, Payán-Madriñán, María Alejandra, Pérez-Acosta, Andrés M. Aproximación psicológica al comportamiento de automedicación. *Revista Costarricense de Psicología* [en línea]. 2014, 33 (1), 17-29 [fecha de Consulta 11 de Noviembre de 2021]. ISSN: 0257-1439. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476747237003>

GAO U.S. Government Accountability Office. (2009) Report to Congressional Requesters, **Suplementos dietéticos: La FDA debería tomar más medidas para mejorar la supervisión y la comprensión del consumidor** Obtenido de GAO U.S. Government Accountability Office:

<https://www.gao.gov/products/GAO-09-250> Franco Ruiz, S., & González Maldonado, P. (2014). Los suplementos dietéticos y el anestesiólogo: resultados de investigación y estado del arte. *Revista Colombiana de Anastesiología*, 90-99.

Garzón, M., James, G. A., & Romero, A. (1999). La comercialización de medicamentos naturistas en la Ciudad de México. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 43(2), 75-78.

Hernández Rivera, P., & Ovarés Saballos, S. (2019). Consumo de suplementos macrobióticos o herbarios en pacientes atendidos en una escuela dental. *Revista Médica de la Universidad De Costa Rica*, 82-89.

Hernández Rivera, P. (2017). Ingesta de productos naturales o macrobióticos: una llamada de atención a la salud pública. *Revisata electrónica enfermería actual en Costa Rica*, 1-12.

Hopf, Y., Watson, M., & Williams, D. (2008). Ingresos relacionados con reacciones adversas a medicamentos en un hospital en Escocia. *Pharmacy World and Science*, 30(6), 854-862.

Instituto Nacional de Salud. (2008). *Investigación y biocomercio en plantas medicinales y alimenticias de uso tradicional en el Perú*. Lima: Instituto Nacional de Salud.

Kuo, G., Hawley, S., Weiss, T., Balkrishnan, R., & Volk, R. (2004). Factors associated with herbal use among urban multiethnic primary care patients: a cross-sectional survey. *Bio Medic Central*, 1-9.

Ministerio de Salud. (2020). *Ministerio de Salud*. Obtenido de Resolución Ministerial N° 474-2020-MINSA: "Norma Técnica de Salud que establece los Criterios Éticos para la Promoción y Publicidad de Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios" <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/802471-474-2020-minsa>

Nigenda, G., Mora Flores, G., Aldama López, S., & Orozco Núñez, E. (2001). La práctica de la medicina tradicional en América Latina y el Caribe: el dilema entre regulación y tolerancia. *Salud Pública de México*, 43(1), 41-51.

OMS. (2013). *Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014 - 2023*. Ginebra: Biblioteca OMS.

OMS. (30 de agosto de 2016). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>

OMS. (07 de marzo de 2016). *World Health Organization*. Obtenido de World Health Organization: http://www.who.int/medicines/publications/traditional/trm_strategy14_23/en/

Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Situación de las plantas medicinales en Perú. Informe de reunión del grupo de expertos en plantas medicinales*. Lima: OPS.

Palacios Lozada E. (2003). *Economía y plantas medicinales*. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de San Marcos.

Conocimiento de la norma técnica del odontograma en estudiantes de odontología de la UNSAAC en tiempos de COVID-19

Leny Leslie Vilca Condori¹, Felipe Santiago Laquihuanaco Loza²
Escuela Profesional de Odontología, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú
1<https://orcid.org/0000-0003-1576-2350>
2 felipe.laquihuanaco@unsaac.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-0285-1656>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de conocimiento sobre la norma técnica del odontograma en estudiantes de V a X semestre de odontología de la UNSAAC en tiempos de COVID-19, conformada por una muestra de 134 estudiantes matriculados en el periodo académico 2021-I. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y alcance descriptivo. Para la recolección de datos se ejecutó una encuesta virtual con un cuestionario de 30 preguntas dividido en 3 bloques, cada uno dirigido al conocimiento de las disposiciones generales, definiciones operativas y disposiciones específicas que contiene la Norma Técnica de Salud para el uso del odontograma. Los resultados indicaron que solo el 29,9% de los estudiantes tiene un conocimiento alto, mientras que el 59,0% de estudiantes se posiciona en el nivel regular y el 11,2% de estudiantes muestran un conocimiento bajo. Concluyendo que los estudiantes de V a X semestre de odontología de la UNSAAC demuestran un nivel regular de conocimientos sobre la norma técnica del odontograma.

PALABRAS CLAVE: Educación virtual, COVID-19, conocimiento, norma técnica, odontograma

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the level of knowledge about the technical norm of the odontogram in students from V to X semester of dentistry of the UNSAAC in times of COVID-19, made up of a sample of 134 students registered in the academic period 2021- I. The research had a quantitative approach, non-experimental design and descriptive scope. For data collection, a virtual survey was carried out with a questionnaire of 30 questions divided into 3 blocks, each one aimed at knowing the general provisions, operational definitions and specific provisions that contain the Technical Health Standard for the odontogram. The results indicate that only 29.9% of students have high knowledge, while 59.0% of students are at the regular level and 11.2% of students show low knowledge. Concluding that the students of V to X semester of dentistry of the UNSAAC show a regular level of knowledge about the technical standard of the odontogram.

KEY WORDS: Virtual education, COVID-19, knowledge, technical norm, odontogram

1. INTRODUCCIÓN

El odontograma es un documento médico legal que consigna características anatómicas de la corona y raíz del órgano dentario al momento de realizar el examen clínico; es así que, a nivel nacional e internacional, las auditorías en salud van dirigidas a este documento porque representa el punto de partida de un correcto diagnóstico estomatológico, un tratamiento acertado y un registro dental importante para el reconocimiento médico legal forense ante cualquier situación de catástrofe o accidente, siendo así la herramienta fundamental e insustituible de todo cirujano dentista, sin embargo estas revisiones en centros de salud y clínicas docentes, evidenciaron irregularidades en el registro de los hallazgos clínicos con gráficos y símbolos incorrectos, haciendo uso de las especificaciones y observaciones de acuerdo a sus criterios personales sin considerar la estandarización exigida por la Norma Técnica de Salud para el uso del Odontograma modificada el 20 de marzo del 2019 bajo la R.M. N° 272-2019/MINSA, estas modificaciones fueron hechas en los apartados de disposiciones generales, definiciones operativas y disposiciones específicas. (1) (2)(3)

Tales resultados impulsaron a los investigadores, realizar estudios sobre el nivel de conocimiento del odontograma en estudiantes de Odontología, los mismos que revelaron en su mayoría un nivel de conocimiento regular y bajo, sobre todo en el deficiente conocimiento de las disposiciones específicas. Así mismo, dentro de la Clínica docente de la UNSAAC “Alina Rodríguez de Gómez”, se realizó un estudio acerca de la calidad del registro de historias clínicas odontológicas y se encontró que ningún odontograma revisado estaba libre de errores. No obstante, cabe aclarar que este estudio fue desarrollado con la anterior normativa vigente, lo que llevaría a pensar que desde esa fecha a la actualidad hubieron estrategias para controlar y mejorar el cumplimiento de los estándares mencionados; sin embargo, la experiencia como estudiante universitario dentro del curso de diagnóstico clínico estomatológico ha evidenciado la existencia de un gran número de problemas en el manejo del odontograma sobre todo en los estudiantes que ingresan a los cursos clínicos. (4)(5)(6)

A todo lo antes mencionado, se le suma la implementación apresurada y prácticamente obligatoria del nuevo sistema virtual de enseñanza por la pandemia del Covid-19, sin que docentes y estudiantes estuvieran preparados, generando cuestionamientos; dentro de ellos, si los estudiantes están adquiriendo los conocimientos y buscando autónomamente la constante actualización y capacitación de las normativas dispuestas como se exigía en el sistema presencial, o por el contrario ya que este nuevo sistema virtual no permite continuar con el desarrollo de la praxis y destreza durante las practicas preprofesionales están dejando de lado el conocimiento de las normativas que rigen el desenvolvimiento de todo cirujano dentista. (7)(8)

2. OBJETIVO GENERAL

1. Determinar y comparar según semestre académico el nivel de conocimiento sobre la norma técnica del Odontograma en estudiantes de quinto a décimo semestre de Odontología de la UNSAAC.

2.1. Objetivos específicos

- 2.1.1. Determinar y comparar según semestre académico el conocimiento de las disposiciones generales de la norma técnica
- 2.1.2. Determinar y comparar según semestre académico el conocimiento de las definiciones de términos de la norma técnica
- 2.1.3. Determinar y comparar según semestre académico el conocimiento de las disposiciones específicas de la norma técnica

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, de corte transversal y alcance descriptivo - comparativo, cuya muestra estuvo constituida por 134 estudiantes del quinto, sexto, séptimo, octavo, noveno y décimo semestre de Odontología, matriculados en el semestre académico 2021-1. Para el análisis de los resultados se realizaron procedimientos estadísticos estándar junto al paquete estadístico SPSS versión 25.0

4. RESULTADOS

Tabla 1: Nivel de conocimiento sobre la norma técnica de salud para el uso del odontograma

Nivel de conocimiento	Conteo	Porcentaje
B	15	11,19
R	79	58,96
A	40	29,85
n=134		

(B bajo; R regular; A alto)

Del total de estudiantes evaluados se observa que la mayoría tienen un conocimiento “regular” sobre la norma técnica en general.

Tabla 2: Nivel de conocimiento sobre la norma técnica de salud para el uso del odontograma según semestre académico

Nivel de conocimiento Semestre Académico	Bajo		Regular		Alto	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
V	2	1,49	18	13,43	3	2,24
VI	2	1,49	9	6,72	3	2,24
VII	1	0,74	10	7,47	2	1,49
VIII	10	7,47	31	23,13	19	14,18
IX	0	0,00	6	4,48	2	1,49
X	0	0,00	5	3,73	11	8,21
n=134						

P valor= 0,018

(V quinto semestre; VI sexto semestre; VII séptimo semestre; VIII octavo semestre; IX noveno semestre; X décimo semestre)

La concentración mayor de estudiantes del quinto al noveno semestre fue en el nivel “regular” y solo el décimo semestre, en un nivel “alto”. Con un P valor menor a 0,05 se puede afirmar que, a mayor semestre académico, el nivel de conocimiento mejora.

Tabla 3: Nivel de conocimiento sobre las disposiciones generales de la norma técnica de salud para el uso del odontograma

Nivel de conocimiento	Conteo	Porcentaje
B	17	12,69
R	93	69,40
A	24	17,91
n=134		

(B bajo; R regular; A alto)

Del total de estudiantes evaluados se observa que la mayoría tienen un conocimiento “regular” sobre las disposiciones generales de la norma técnica.

Tabla 4: Nivel de conocimiento sobre las disposiciones generales de la norma técnica de salud para el uso del odontograma según semestre académico

Nivel de conocimiento Semestre Académico	Bajo		Regular		Alto	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
V	4	2,99	16	11,94	3	2,24
VI	3	2,24	8	5,97	3	2,24
VII	1	0,74	11	8,21	1	0,74
VIII	9	6,72	37	27,61	14	10,45
IX	0	0,00	8	5,97	0	0,00
X	0	0,00	13	9,70	3	2,24
n=134						

P valor= 0,355

(V quinto semestre; VI sexto semestre; VII séptimo semestre; VIII octavo semestre; IX noveno semestre; X décimo semestre)

En la evaluación del conocimiento de las disposiciones generales de la norma técnica no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, ya que los estudiantes del quinto al décimo semestre se posicionaron en un nivel “regular”.

Tabla 5: Nivel de conocimiento sobre las definiciones operativas de la Norma Técnica de Salud para el uso del odontograma

Nivel de conocimiento	Conteo	Porcentaje
B	16	11,94
R	85	63,43
A	33	24,63
	n=134	

(B bajo; R regular; A alto)

Del total de estudiantes evaluados se observa que la mayoría tienen un conocimiento “regular” sobre las disposiciones operativas de la norma técnica.

Tabla 6: Nivel de conocimiento sobre las definiciones operativas de la Norma Técnica de Salud para el uso del odontograma según semestre académico

Nivel de conocimiento Semestre Académico	Bajo		Regular		Alto	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
V	1	0,74	21	15,67	1	0,74
VI	2	1,49	7	5,23	5	3,73
VII	1	0,74	9	6,72	3	2,24
VIII	12	8,95	34	25,37	14	10,45
IX	0	0,00	4	2,99	4	2,99
X	0	0,00	10	7,47	6	4,48
					n=134	

P valor = 0,038

(V quinto semestre; VI sexto semestre; VII séptimo semestre; VIII octavo semestre; IX noveno semestre; X décimo semestre)

En la evaluación del conocimiento de las definiciones operativas de la norma técnica, la mayoría de estudiantes del quinto al décimo semestre obtuvieron un nivel “regular”; sin embargo, se observan diferencias significativas entre el nivel “alto” y “bajo” desde el sexto al décimo semestre.

Tabla 7: Nivel de conocimiento sobre las disposiciones específicas de la Norma Técnica de Salud para el uso del odontograma

Nivel de conocimiento	Conteo	Porcentaje
B	55	41,05
R	50	37,31
A	29	21,64
	n=134	

(B bajo; R regular; A alto)

Del total de estudiantes evaluados se observa que la mayoría tienen un conocimiento “bajo” sobre las disposiciones específicas de la norma técnica.

Tabla 8: Nivel de conocimiento sobre las disposiciones específicas de la Norma Técnica de Salud para el uso del odontograma según semestre académico

Semestre Académico	Bajo		Regular		Alto	
	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje	Conteo	Porcentaje
V	16	11,94	5	3,73	2	1,49
VI	6	4,48	7	5,23	1	0,74
VII	6	4,48	7	5,23	0	0,00
VIII	24	17,91	25	18,65	11	8,21
IX	2	1,49	2	1,49	4	2,99
X	1	0,74	4	2,99	11	8,21

n=134

P valor = 0,00

(V quinto semestre; VI sexto semestre; VII séptimo semestre; VIII octavo semestre; IX noveno semestre; X décimo semestre)

En la evaluación del conocimiento de las disposiciones específicas de la norma técnica se encontró una diferencia altamente significativa ya que, predominó el nivel “bajo” en el quinto semestre; en el sexto, séptimo y octavo semestre predominó el nivel “regular”, y el nivel “alto” solo en el décimo semestre.

5. DISCUSIÓN

En una vista general, de acuerdo a los resultados obtenidos podemos indicar que los estudiantes de odontología de la UNSAAC tienen un conocimiento “regular” de la norma técnica del odontograma coincidiendo con el estudio de Goicochea MM(9), Becerra EC(10) y Calixto DP(11), y difiriendo de Tenazoa GM(12) quien encontró en un nivel “alto” a los estudiantes evaluados. Esta diferencia se puede atribuir a los planes de estudio de cada centro universitario, por mencionar el nuestro, la enseñanza del uso del odontograma es realizada en el tercer semestre, sin embargo se aprecia que del quinto al noveno semestre obtienen un nivel “regular”, y el décimo semestre, un nivel “alto” por lo que se puede diferir que la adquisición de este conocimiento no esta teniendo el soporte necesario para ser conservado por los estudiantes hasta que lo refuerzan nuevamente con el inicio de los cursos clínicos. Así mismo se observa que menos de la tercera parte de estudiantes evaluados se encuentra en un nivel “alto”, situación alarmante ya que el odontograma es la herramienta fundamental para el correcto diagnóstico de las patologías dentarias.

En relación al conocimiento de las disposiciones generales y definiciones operativas de la norma técnica del odontograma, los estudiantes evaluados demostraron en su mayoría un nivel “regular” y menos de la tercera parte se posicionó en un nivel “alto”; así mismo, de acuerdo a la distribución por semestre académico no se encontraron diferencias significativas ya que todos los semestres se posicionan en un nivel “regular” difiriendo de Becerra EC(10) lo que nos llama enormemente la atención ya que estos apartados se refieren directamente al conocimiento teórico para la aplicación clínica de la norma técnica. Estos resultados relativamente nos estarían indicando el impacto que está generando el nuevo sistema virtual de enseñanza, ya que al parecer el aprendizaje no está siendo del todo óptimo ni horizontal. Respecto a la evaluación del conocimiento de las disposiciones específicas, la mayoría de los estudiantes se encontraron en un nivel “bajo”, sin embargo, en la distribución por semestre académico se encontraron diferencias significativas ya que el quinto semestre tiene a la mayoría de los estudiantes en un nivel “bajo”, seguido del sexto,

séptimo y octavo semestre en un nivel “regular” y solo el décimo semestre en un nivel alto. Estos resultados confirmarían la hipótesis antes mencionada; cuanto menor sea el conocimiento teórico, habrá mayor dificultad en el correcto uso clínico de la norma técnica del odontograma más aún dentro de un sistema virtual que no permite el acercamiento a la praxis como solía ser antes del inicio de la pandemia por Covid-19.

6. CONCLUSIONES

1. El nivel de conocimiento sobre la norma técnica del odontograma fue “regular” del quinto al noveno semestre y “alto” en el décimo semestre.
2. El nivel de conocimiento sobre las disposiciones generales de la norma técnica del odontograma fue “regular” del quinto al décimo semestre.
3. El nivel de conocimiento sobre las definiciones de términos de la norma técnica del odontograma fue “regular” del quinto al décimo semestre.
4. El nivel de conocimiento sobre las disposiciones específicas fue “bajo” sobre todo en el quinto semestre.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gómez CY, Maldonado MB. Odontología Legal: su importancia y evolución. Rev RAAO. 2013; 51(1): 65-9.
2. Mancheno MD, Cáceres VM, Lucena ME, González LR, Galarza MP, Quintana JY. Ficha de registro odontológico con fines forenses. Rev BOLETIN REDIPE. 2020 Feb; 9(2): 211-34.
3. Ministerio de Salud. Dirección General de Salud de las Personas. Norma Técnica de Salud para el Uso del Odontograma. NTS N° 150-MINSA-2019/DGIESP. Lima (Perú): Ministerio de Salud; 2019 aprobada por RM N° 272-2019/MINSA el 20 de marzo de 2019.
4. De Souza SC, Martao FF. Análisis ético -legal de registros clínicos de cursos de grado en odontología en Brasil. Rev Bioét. 2020 Jul-Sept; 28(3): 486-92.
5. Manrique JG, Manrique JC, Chávez BR, Manrique CC. Evaluación de la calidad de los registros empleando la auditoría odontológica en una clínica dental docente. Rev Estomatol Herediana. 2014 Ene-Mar; 24(1): 17-23.
6. Meza RS. Calidad del registro de las historias clínicas odontológicas. UNSAAC. Cusco-Perú. 2011 [Tesis de maestría]. Cusco: Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco; 2013.
7. Inocente MD, Diaz MP. Educación Superior dental: un reto para el docente universitario en tiempos de pandemia. Odontol. Sanmarquina. 2020; 23(3): 215-217.
8. Enoki EM. El aprendizaje a distancia en odontología como una alternativa de la universidad ante la COVID-19. Rev Cubana Estomatol. 2020; 57(3): e3308
9. Goicochea MM. Nivel de conocimiento de la Norma Técnica del odontograma por los estudiantes de la escuela de Estomatología de la Universidad Cesar Vallejo, Piura 2017. [tesis de grado]. Piura: Universidad cesar Vallejo; 2017.
10. Becerra EC. Nivel de Conocimiento sobre la norma técnica del uso del odontograma en estudiantes de la escuela de estomatología de la Universidad Señor de Sipán-Lambayeque – Perú, 2016. [tesis de grado]. Trujillo: Universidad Señor de Sipán; 2016.
11. Calixto DP. Nivel de conocimiento de la Norma Técnica del Odontograma por los Estudiantes de la Facultad de Estomatología de la Universidad Nacional de Trujillo, 2019[tesis de grado]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo; 2019.
12. Tenazoa GM. Nivel de conocimiento de la Norma Técnica del Odontograma en estudiantes de la clínica estomatológica de la UPC, Iquitos 2019. [Tesis de grado]. Loreto: Universidad Científica del Perú; 2020.

Reconocimientos

Agradecimiento especial a mi familia, amigos y maestros: Dr. Carlos Alonso Claudio, Dr. Fernando Murillo Salazar, Dra. Maria Elena Zvietcovich Guerra, entre otros, quienes apoyaron de inicio a fin la investigación.

Relación de las Habilidades Sociales con el rendimiento académico en estudiantes universitarios

Relationship of Social Skills with academic performance in University students

Lazo Otazú Liceth¹,

1. Escuela profesional de Odontología UNSAAC

liceth.lazo@unsaac.edu.pe, código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5574-1012>

RESUMEN

El objetivo fue establecer la relación entre las habilidades sociales con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios. La investigación está dentro del paradigma cuantitativo, de alcance relacional y analítico. La unidad de análisis estuvo constituido por estudiantes de la universidad Andina de Cusco. La muestra estuvo constituido por 201 estudiantes, mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple. Para la prueba de hipótesis se usó el análisis de correlación de Pearson, por ser variables cuantitativas de intervalo. El resultado obtenido fue que a mayor habilidad social mayor el rendimiento académico, se obtuvo un valor de r de 0,829 con un factor de determinación del 68,6%. Se concluye que existe asociación directamente proporcional entre las habilidades sociales y rendimiento académico de los estudiantes de Medicina Humana de la Universidad Andina de Cusco.

Palabras clave: Rendimiento académico, Habilidades Sociales (DesC)

ABSTRACT

The objective was to establish the relationship between Social Skills with the Academic Performance of university students. The research is within the quantitative paradigm, relational and analytical scope. The analysis unit consisted of students from the Andean University of Cusco. The sample consisted of 201 students, using a simple random probability sampling. For the hypothesis test, Pearson's correlation analysis was used, as they are quantitative interval variables. The result obtained was, the higher the social ability, the higher the academic performance, an r value of 0.829 was obtained with a determining factor of 68.6%. It is concluded that there is a directly proportional association between Social Skills and academic performance of Human Medicine students at the Andean University of Cusco.

Keywords: Academic performance and Social Skills (MeSH)

1. INTRODUCCIÓN

Las habilidades sociales están recibiendo una especial atención en estos días, en función a los procesos de licenciamiento y acreditación que vienen sometiéndose las universidades en nuestro país. Estamos hablando del comportamiento social que un estudiante universitario tiene desde niño y probablemente acrecentado en su primera infancia. Las habilidades sociales son importantes porque permite que los jóvenes asuman roles y normas sociales y les ayude a relacionarse dentro del salón de clases. Está muy asociado las habilidades que los jóvenes desarrollen con la adaptación social, emocional y académica, en este último aspecto es relevante para nosotros tratar de entender cómo se modifica el rendimiento académico según el logro de las habilidades sociales que los jóvenes tengan.

El rendimiento académico se define en el ámbito universitario como un resultado o un logro de aprendizaje y comprensión sobre diferentes materias, alcanzadas por el estudiante. Es decir, como

el logro de conocimientos en un área o materia, es evidenciado a través de indicadores numéricos, el cual es expresado mediante calificación en el sistema vigesimal, para áreas de conocimiento determinadas, para contenidos de una determinada asignatura.

En el ambiente educativo superior una de las dimensiones más importantes en el proceso pedagógico resulta siendo el rendimiento académico que logra el estudiante en un periodo de estudio. Debemos de tener en cuenta que hay muchos factores que intervienen y muchos de ellos modifican o influyen en el rendimiento académico; se conoce que los factores socioeconómicos, la amplitud de los programas de estudio, los métodos de enseñanza aplicados por los docentes, la falta de una enseñanza personalizada, la información previa con la que cuenta el estudiante y otros como el estado de madurez con la que cuenta el estudiante, son factores que intervienen en el rendimiento académico de los estudiantes (Edel 2003). Por otro lado Lamas (2015) manifiesta en el rendimiento académico intervienen factores que condicionan dicha variables.

Lamas (2015), dice que el propósito que se busca al evaluar el rendimiento académico, es haber alcanzado una meta educativa o un aprendizaje significativo, lo cual resulta siendo un problema que preocupa a todos los involucrados en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se debe de entender el rendimiento académico como un logro complejo de materializar.

Edel en el 2003 manifiesta que existen variables que están relacionadas al rendimiento académico y fracaso escolar, como es el caso de la motivación escolar, el autocontrol del estudiante y las habilidades sociales. Con respecto a esta última diremos que es probablemente el más relacionado. Las habilidades sociales en un estudiante promueven el máximo aprovechamiento de sus capacidades y contribuye a neutralizar los efectos negativos de un ambiente social.

Se hacen esfuerzos por establecer un instrumento que mida en forma confiable las habilidades sociales, con resultados satisfactorios (Bolsoni & Loureiro, 2020).

Las investigaciones sobre habilidades sociales está experimentado un importante auge en estos últimos años, se buscó mediante un estudio comparativo de las habilidades sociales de madres y los indicadores de ansiedad y de comportamiento de niños, obteniéndose tasas altas de problemas de conducta y síntomas depresivos en las madres que mostraron niveles más bajos de habilidades sociales (Assis & Bolsoni, 2020). En especial teniendo en consideración que en nuestra experiencia personal diaria somos conscientes que pasamos un alto porcentaje de nuestro tiempo en interacciones sociales e interpersonales, debemos de tener en cuenta que tener relaciones sociales positivas permiten un aumento de la autoestima y el bienestar personal. Este contexto de bienestar y mejora de la autoestima es importante cuando los docentes universitarios interactuamos con nuestros estudiantes en forma cotidiana. García en el 2010, ha demostrado que los alumnos han recibido una adecuada formación en habilidades sociales, que podría mejorar su conducta de relaciones interpersonales, logrando una aceptación social entre sus compañeros.

En la actualidad no damos cuenta y hemos comprobado por la experiencia cotidiana, que las habilidades sociales de los individuos, determina gran parte de los logros personales, Se ha sugerido que se debe de entrenar en habilidades sociales en pacientes psiquiátricos, en especial los que tienes situaciones relacionadas con el uso de drogas, con la finalidad de motivar autocontrol y disminución de la agresividad (Limberger et al., 2019). En el entorno académico no se aborda el concepto de habilidades sociales, se ha evidenciado que estas se desarrollan de manera natural, no planificada y en muchos casos de manera insuficiente, esto puede causar un desmedro en el desempeño profesional, en especial en las áreas de las Ciencias de la Salud (Carneiro et al., 2020). El objetivo de esta investigación fue determinar cómo y cuánto se relacionan las habilidades sociales logradas por los estudiantes y el nivel de rendimiento académico logrado durante sus estudios en la Escuela profesional de Medicina Humana de la Universidad Andina del Cusco, durante el año 2019.

2. MÉTODOS

Estudio de tipo descriptivo, transversal y relacional, realizado en la Universidad Andina del Cusco. El muestreo fue probabilístico y la muestra estuvo constituida por 201 estudiantes. Para la recolección de los datos los participantes firmaron su consentimiento informado. Se mantuvo el anonimato de los participantes.

Para la selección de las unidades de análisis se tomó en cuenta criterios de selección como que estén matriculados durante el semestre académico, alumnos que deseen formar parte en forma voluntaria en la investigación, que lleven la totalidad de créditos durante el semestre matriculado.

3. RESULTADOS

Tabla 1

Distribución estadística del promedio ponderado, habilidades sociales y sus dimensiones en estudiantes universitarios de Cusco

	Rendi miento Acadé mico	I. Primeras habili dades sociales	II. Habili dades social es avanz adas	III. Habilid ades relacio nadas con los sentim ientos	IV. Habili dades altern ativas a la agresión	V. Habili dades para hacer frente al estrés	VI. Habilid ades de planifi cación	Habili dades socia les
N	Válido 201	201	201	201	201	201	201	201
	Perd idos 0	0	0	0	0	0	0	0
Media	14,631 2	21,29	17,81	24,59	28,85	32,24	28,28	153,0 5
Mediana	14,500 0	21,00	18,00	24,00	29,00	32,00	28,00	151,0 0
Desviación estándar	0,9223 5	3,555	2,457	4,983	4,115	4,579	3,660	14,21 9
Mínimo	12,20	13	12	12	16	22	18	119
Máximo	17,03	32	25	36	39	49	37	203

En la presente tabla se puede observar que los estudiantes de medicina humana obtuvieron un promedio ponderado de 16,63 puntos sobre la calificación total de 20, se registró estudiantes que tuvieron un promedio de 12.20 y estudiantes que tuvieron un promedio de 17,03. Con respecto a las habilidades sociales se obtuvo un promedio de 153 puntos sobre el total de 250 puntos que se podría obtener, dichos resultados les permitió ser ubicados dentro del eneatispo II, es decir un bajo logro de habilidades sociales en promedio. Se registró estudiantes con un puntaje de 203, permitiéndoles ubicarse en el eneatispo 7 con un logro normal de habilidades sociales. Pero también se registraron estudiantes que obtuvieron 119 puntos que les permitió ser ubicados en el eneatispo 1, es decir un logro deficiente de habilidades sociales.

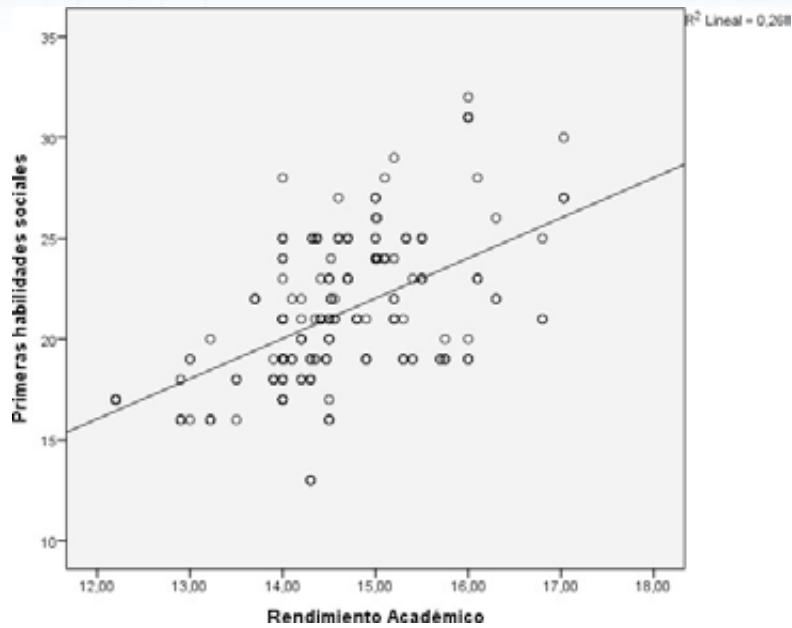
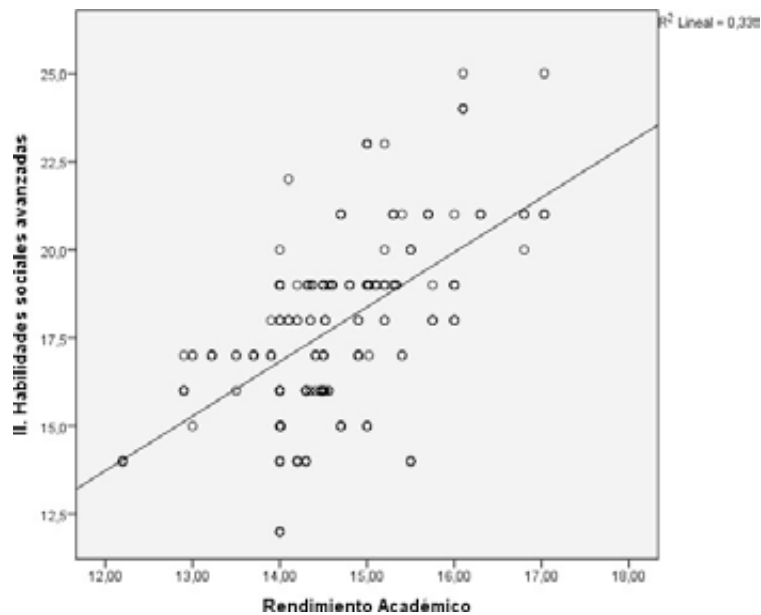
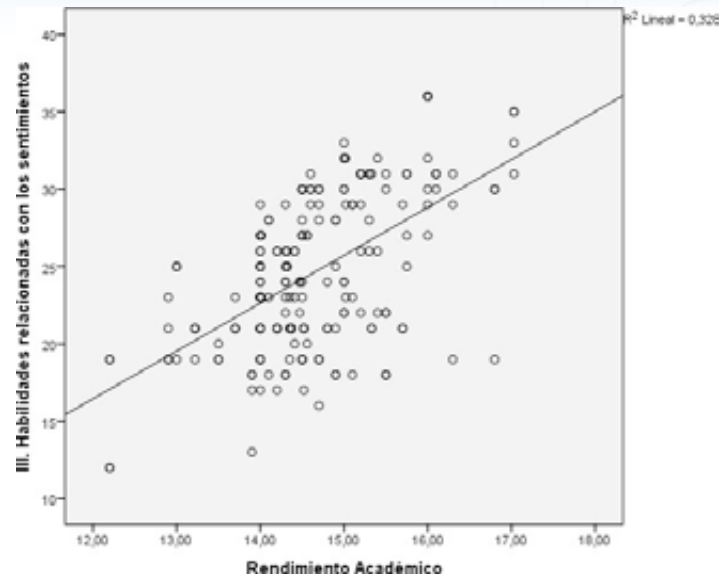


Fig. 1 Relación de las primeras habilidades sociales con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de Cusco



En la figura 1 se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre las Primeras habilidades sociales y el rendimiento académico. Es decir a un mayor nivel de saber escuchar, iniciar una conversación, mantener una conversación, formular una pregunta, dar las gracias, presentarse, presentar a otras personas y hacer un cumplido, existe un mejor rendimiento académico en los estudiantes de Medicina Humana de la Universidad Andina del Cusco. A la prueba estadística correlacional de Pearson se obtuvo un valor $r = 0,517$. Existiendo una moderada correlación entre las variables, con un factor de determinación de probabilidad de causa efecto de 26,8%.

Fig. 2 Relación de las habilidades sociales avanzadas con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de Cusco



En la figura 2 se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre las habilidades sociales avanzadas y el rendimiento académico. Es decir a un mayor nivel de relacionarse satisfactoriamente en el entorno, como es el caso de pedir ayuda, participar, dar instrucciones, seguir instrucciones, disculparse, convencer a los demás, existe un mejor rendimiento académico en los estudiantes de Medicina Humana de la Universidad Andina del Cusco. A la prueba estadística correlacional de Pearson se obtuvo un valor $r = 0,582$. Existiendo una moderada correlación entre las variables, con un factor de determinación de probabilidad de causa efecto de 33,9%.

Fig. 3 Relación de las habilidades relacionadas con los sentimientos con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de Cusco

En la figura 3 se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre las Habilidades relacionadas con los sentimientos y el rendimiento académico. Es decir a un mayor nivel de conocer los propios sentimientos, expresar los sentimientos, comprender los sentimientos de los demás, enfadarse con el enfado de otro, expresar afecto, resolver el miedo, autorrecompensarse, existe un mejor rendimiento académico en los estudiantes de Medicina Humana de la Universidad Andina del Cusco. A la prueba estadística correlacional de Pearson se obtuvo un valor $r = 0,573$. Existiendo una moderada correlación entre las variables, con un factor de determinación de probabilidad de causa efecto de 32,8%.

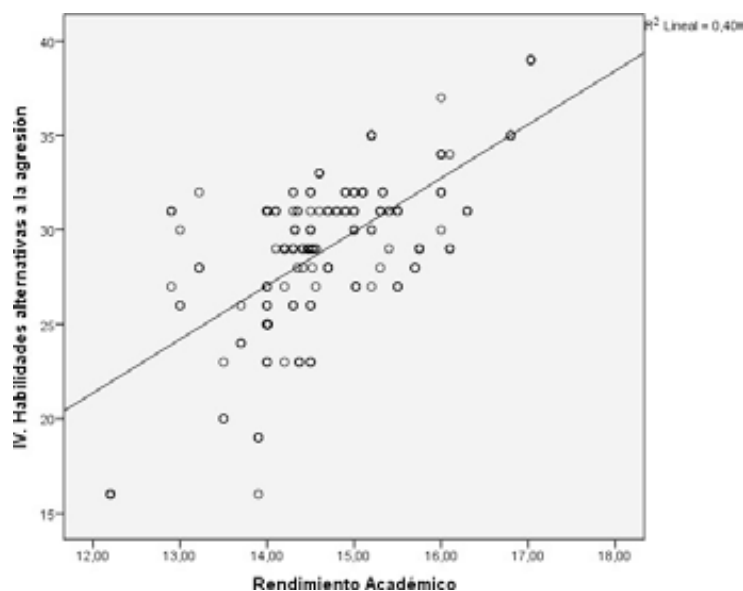
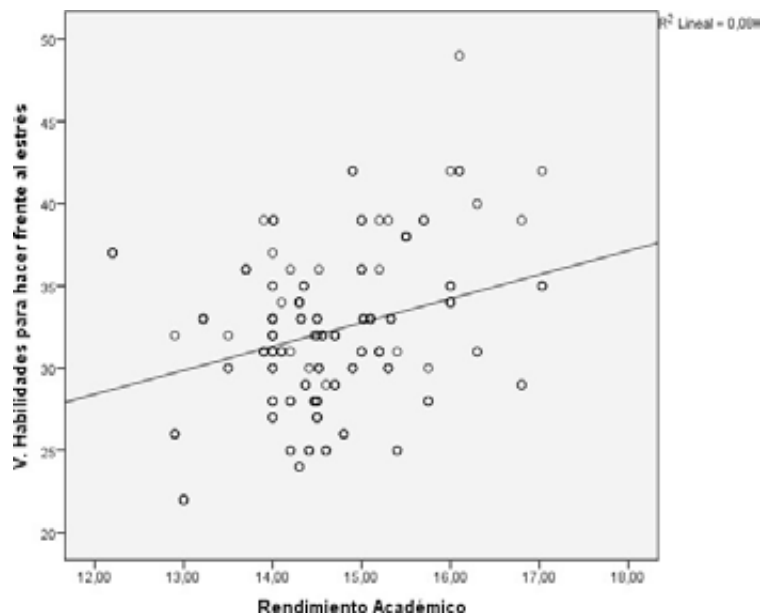


Fig. 4 Relación de las habilidades alternativas a la agresión con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de Cusco



En la figura 4 se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre las Habilidades alternativas a la agresión y el rendimiento académico. Es decir a un mayor nivel de establecimiento de objetivos y toma de decisiones y resolución de conflictos, existe un mejor rendimiento académico en los estudiantes de Medicina Humana de la Universidad Andina del Cusco. A la prueba estadística correlacional de Pearson se obtuvo un valor $r = 0,637$. Existiendo una moderada correlación entre las variables, con un factor de determinación de probabilidad de causa efecto de 40,6%.

Fig. 5 Relación de las habilidades para hacer frente al estrés con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de Cusco

En la figura 5 se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre las Habilidades alternativas a la agresión y el rendimiento académico. Es decir a un mayor nivel de establecimiento de objetivos y toma de decisiones y resolución de conflictos, existe un mejor rendimiento académico en los estudiantes de Medicina Humana de la Universidad Andina del Cusco. A la prueba estadística correlacional de Pearson se obtuvo un valor $r = 0,293$. Existiendo una baja correlación entre las variables, con un factor de determinación de probabilidad de causa efecto de 8,6%.

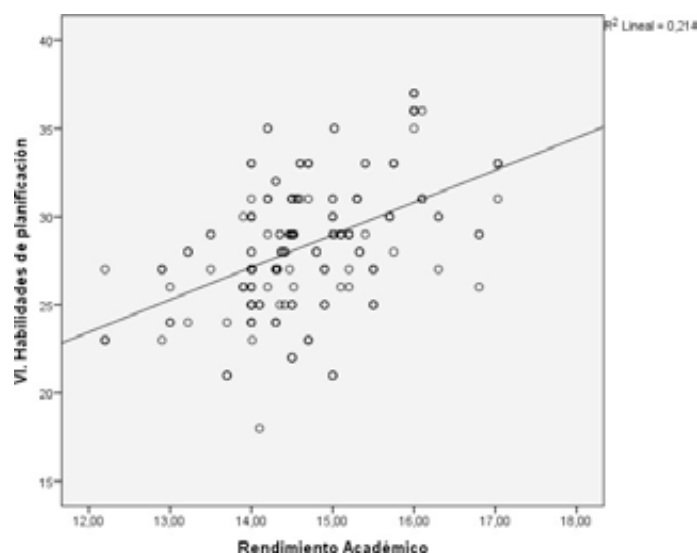


Fig. 6 Relación de las habilidades de planificación con el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de Cusco

En la figura 6 se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre las habilidades de planificación y el rendimiento académico. Es decir a un mayor nivel de desarrollo de autocontrol y empatía al momento de situaciones de enfado, existe un mejor rendimiento académico en los estudiantes de Medicina Humana de la Universidad Andina del Cusco. A la prueba estadística correlacional de Pearson se obtuvo un valor $r = 0,463$. Existiendo una moderada correlación entre las variables, con un factor de determinación de probabilidad de causa efecto de 21,4%.

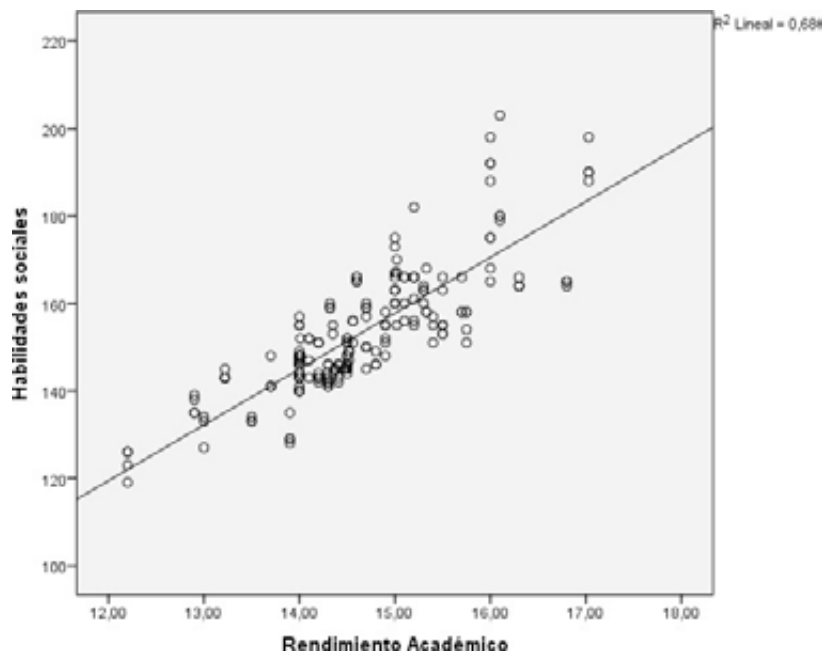


Fig. 7 Relación de las Habilidades Sociales con el Rendimiento Académico de estudiantes universitarios del Cusco

En la figura 7 se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre las habilidades sociales y el rendimiento académico. Es decir a un mayor nivel de destreza para actuar socialmente, existe un mejor rendimiento académico en los estudiantes de Medicina Humana de la Universidad Andina del Cusco. A la prueba estadística correlacional de Pearson se obtuvo un valor $r = 0,829$. Existiendo una muy buena correlación entre las variables, con un factor de determinación de probabilidad de causa efecto de 68,6%.

4. DISCUSIÓN

La habilidad social le permite al estudiante generalmente resolver los problemas inmediatos de la situación mientras minimiza la probabilidad de futuros problemas. Los contextos por los que puede atravesar el estudiante en su vida universitaria, le exige un proceso permanente de adaptación y empatía con sus compañeros. Existen profesiones que exigen un logro alto de habilidades sociales, entre ellas se encuentra la Medicina Humana, es desde la formación universitaria que el estudiante debe de lograr y desarrollar esta capacidad de relación, que le permita tener éxito en los tratamientos con sus pacientes. Nosotros encontramos habilidades sociales poco desarrolladas en nuestros estudiantes de medicina humana, lo cual se puede deber a la falta de interés y conocimiento en los planes de estudio o curriculares en la carrera. Se obtuvo un bajo logro en los jóvenes. Por otro lado la inteligencia emocional que está estrechamente relacionado a las habilidades sociales permite al estudiante mantener sus relaciones con sus similares, manteniendo un ambiente de armonía y convivencia, las habilidades es un elemento importante que debe de modificar y desarrollar en forma constante (Guzmán, 2018). Las habilidades sociales son conductas aprendidas que se

necesita para el desempeño profesional a nivel personal e interpersonal Carneiro et al. (2020) evaluó las habilidades sociales al inicio y fin de un curso, obteniendo un promedio de 135,35.

El rendimiento académico se define en el ámbito universitario como un resultado o un logro de aprendizaje y comprensión sobre diferentes materias, alcanzadas por el estudiante. En nuestro estudio se obtuvo un rendimiento académico de aprobación con un promedio ponderado de 14,63. Resultados similares a los obtenidos por Gonzales et al. (2016) quienes obtuvieron un promedio de 13,82, resultados que difieren con lo obtenido por García (2005) quienes obtuvieron un alto porcentaje de rendimiento académico bajo, es decir con notas desaprobatórias.

En el estudiante en formación se pueden generar emociones intensas como la ansiedad, que puede interferir en su capacidad cognitiva, pero por otro lado las emociones positivas pueden aumentar su capacidad creativa, es así que el logro de habilidades sociales genera un mejor rendimiento académico (Laudadio & Mazzitelli, 2019). Por otro lado debemos de entender que la educación se da en un entorno social. Para que los estudiantes de educación superior puedan llegar a tener un resultado satisfactorio a nivel académico es necesario desarrollar competencias sociales que le permitan adaptarse al contexto de la educación superior. Debemos de entender que los estudiantes se adapten al entorno académico, resuelvan sus problemas de conflicto interpersonal, tomen decisiones asertivas con sus compañeros y docentes y mantener un ambiente amistoso y fraterno. En nuestro estudio se evidenció una relación directamente proporcional entre el rendimiento académico y el logro de habilidades sociales, con un factor de determinación del 68,6% es decir existe la probabilidad de que a un mayor logro de habilidades sociales el estudiante tenga mejor rendimiento académico. Carneiro et al. (2020) evidenció que la participación en actividades académicas pueden afectar el desarrollo de las habilidades sociales, resultados similares a lo obtenido por nuestro estudio. Así como Oyarzun et al. (2012) afirman que las habilidades sociales positivas están asociadas a un mejor rendimiento académico, en especial entre el sexo femenino. Resultados que es compartido por Cadoche, L. (2009), quien hizo un análisis ampliado el tema, evidenciando que existen otros factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante. Es así que también Dapelo et al. (2013), Gonzales et al. (2016) y Piña R. (2010) quienes concluyeron que el logro de las habilidades sociales se asocia al logro de la competencia académica.

5. CONCLUSIONES

Primera.- el rendimiento académico logrado es de aprobación y las habilidades sociales que poseen es de un bajo logro en los estudiantes universitarios del Cusco.

Segunda.- existe moderada correlación directamente proporcional entre las primeras habilidades sociales que poseen los estudiantes universitarios y su rendimiento académico.

Tercera.- existe moderada correlación directamente proporcional entre las habilidades sociales avanzadas que poseen los estudiantes universitarios y el rendimiento académico.

Cuarta.- existe moderada correlación directamente proporcional entre las habilidades relacionadas con los sentimientos que poseen los estudiantes universitarios y el rendimiento académico.

Quinta.- existe buena correlación directamente proporcional entre las habilidades alternativas a la agresión que poseen los estudiantes universitarios y el rendimiento académico.

Sexta.- existe baja correlación directamente proporcional entre las habilidades para hacer frente al estrés que poseen los estudiantes universitarios y el rendimiento académico.

Séptima.- existe moderada correlación directamente proporcional entre las habilidades de planificación que poseen los estudiantes universitarios y el rendimiento académico.

Octava.- existe muy buena correlación directamente proporcional entre las habilidades Sociales que poseen los estudiantes universitarios y el rendimiento académico.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis, R. P., & Bolsoni, A. T. (2020). Educational Social Skills and Repertoire of Children Differentiated by Behavior and Sex. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 30(1).

Bolsoni, A. T., & Loureiro, S. R. (2020). Evidence of validity for Socially Skillful Responses Questionnaires—SSRQ- Teachers and SSRQ-Parents. *Psico-USF*, 25(1), 155-170.

Carneiro, F., Matias, L. B., & Moreira, J. M. (2020). Habilidades sociales de estudiantes de Enfermería e Psicología.

Ciencias Psicológicas, 14(1), 1-11.

Guzmán, M. del C. (2018). Desarrollo de habilidades sociales a través de actividades lúdicas en los niños de 3 años en el Centro Infantil Cumbaya Valley. *Conrado*, 14(64), 153-156.

Laudadío, J., & Mazzitelli, C. (2019). Formación del profesorado: Estilos de enseñanza y habilidades emocionales.

Revista mexicana de investigación educativa, 24(82), 853-869.

Limberger, J., dos Santos, B. S., Ribeiro, E., & Andretta, I. (2019). Autocontrol de la agresividad de las usuarias de crack.

Ciencias Psicológicas, 13(2), 173-184.

Aplicación de la estereolitografía en la odontología: Reporte de caso clínico de cuarto molar

María del Carmen Peña Alegre¹ Roy Daly Peña Alegre²
Fernando Baltazar Corona Torres³ Leonard Walter Huamani Díaz⁴

¹Escuela Profesional de Odontología, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú. ²Escuela Profesional de Electrónica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú, ³Escuela de Posgrado Segunda Especialidad en Periodoncia, Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú ⁴Escuela de Posgrado, Odontología Digital, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú

maria.pena@unsaac.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-9741-3711>
170754@unsaac.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-3215-7398>
fernandobaltazar@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4396-0859>
leonard.huamani@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5816-7300>

Resumen

Se realizó un reporte de caso clínico para planificación quirúrgica de un cuarto molar inferior con el objetivo de aplicar esta tecnología de la estereolitografía en su papel para la planificación diagnóstica en odontología en área de cirugía bucal, se trabajó con una Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) en formato DICOM, y se convierte el archivo en formato .STL mediante el software Auto desk Mesh Mixer, logrando la optimización del modelado en 3D visualizando solo la estructura a imprimir correspondiente a la hemimaxila inferior derecha, para imprimir la imagen en posición óptima y reducir la cantidad de material de soporte a imprimir y errores en la estructura se utilizó el software Chitubox, finalmente para la ejecución del prototipo se empleó la impresora 3D SparkMarker SLA 3 printer usando resina líquida, obteniendo un modelo 3D del hemimaxilar inferior del paciente que nos ayudó a una mejor planificación quirúrgica de cuarto molar y tercer molar.

Palabras claves: Estereolitografía; tomografía; Impresiones 3D; Mandíbula; cuarto molar

A clinical case report was made for surgical planning of a lower fourth molar in order to apply this stereolithography technology in its role for diagnostic planning in dentistry in the area of oral surgery, it was worked with a Cone Beam Computed Tomography (CBCT) in DICOM format, and the file is converted into .STL format using the Auto desk Mesh Mixer software, achieving 3D modeling optimization by viewing only the structure to be printed corresponding to the lower right hemimaxilla, to print the image in optimal position and To reduce the amount of support material to be printed and errors in the structure, the Chitubox software was used, finally for the execution of the prototype, the 3D printer SparkMarker SLA 3 printer was used using liquid resin, obtaining a 3D model of the lower hemimaxilla of the patient that we I help better surgical planning of fourth and third molars.

Keywords: Stereolithography; tomography; 3D prints; Mandible; fourth molar

1. INTRODUCCIÓN

La impresión 3D por estereolitografía es una tecnología utilizada para imprimir prototipos 3D de alta resolución. Es desarrollada mediante un proceso de fabricación por adición que utiliza resina que cura mediante luz ultravioleta en un tanque. “Una vez que la capa a imprimir ha sido creada, la plataforma de elevación del equipo desciende a una distancia que equivale al grosor de una capa de resina solidificada (típicamente entre 0.05 y 0.15 mm). Una hoja barre la pieza dejando

una nueva capa de resina líquida en la superficie de la cubeta, lista para la siguiente impresión del láser. De esta forma se va creando, capa a capa una pieza tridimensional.” (1)

En el ámbito de la salud, se viene utilizando esta tecnología para solucionar los de problemas con mayor eficacia, rapidez y bajo costo, así mismo en el área de la odontología se usa principalmente para la fabricación de modelos para planificación quirúrgica, implantología, ortodoncia, cirugía máxilofacial y prótesis dental.

La estereolitografía en odontología se realiza ayudándose de exámenes complementarios. “Un método es la tomografía axial computarizada helicoidal tridimensional (cortes de 0,5 mm), donde estos datos se recogen y se pasan a un formato informático que transportan a los tres ejes del espacio para realizar representaciones en tres dimensiones y de esta manera visualizar la disposición y densidades de las estructuras anatómicas, mediciones longitudinales, angulares”. (2) Finalizado el proceso. “El resultado que se obtiene es un modelo con tamaño real, sólido y con una fiabilidad del 99%, que podrá tener múltiples aplicaciones”. (3)

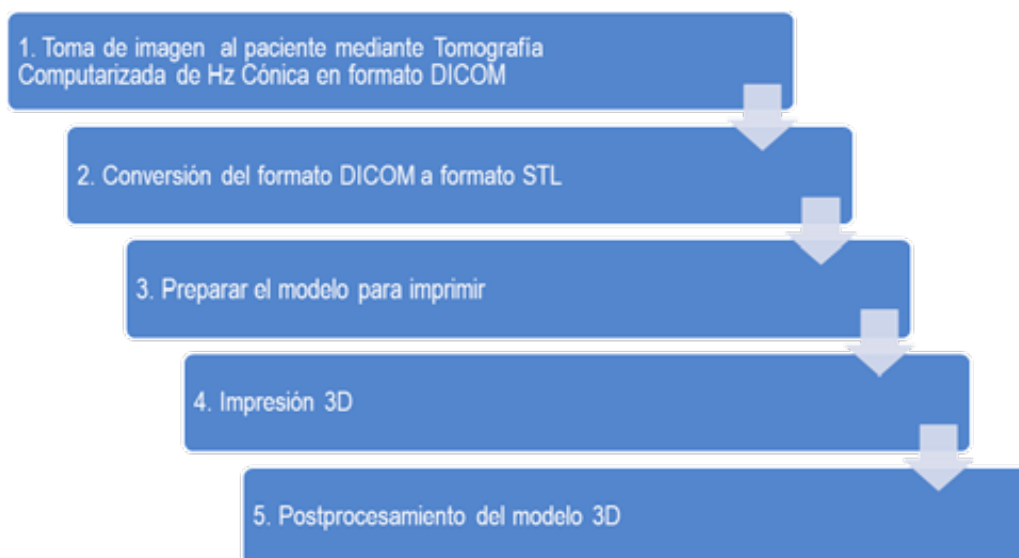
El uso de impresoras 3D en el Perú todavía es nueva, sin embargo, algunas universidades peruanas vienen impulsando formaciones académicas y proyectos de investigación, creando una ventana de mayores oportunidades y una cultura de innovación tecnológica. “Las técnicas de prototipado rápido más utilizadas son la Estereolitografía (SL), la Sinterización Selectiva por Laser (SLS), la Impresión Tridimensional (3D Printing), el Modelaje por Deposición Fundida (FDM) y el Thermojet. Todas estas se basan en el principio de adición por capas del material, que corresponden a los cortes axiales de la estructura anatómica examinada.” (4)

El objetivo de este artículo es comprender el arte y la tecnología de la estereolitografía y su papel en la planificación diagnóstica en odontología para beneficio del paciente, reportando un caso clínico de planificación quirúrgica para extracción de una cuarta molar inferior mediante la fabricación de un modelo 3D del hemimaxilar inferior derecho del paciente

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la fabricación del modelo 3D se utilizó los equipos del Centro Odontológico Digital 3D y el laboratorio electrónico de la empresa IMEEDCO SRL, se trabajó con una Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) en formato DICOM, convertidas posteriormente en archivos .STL, antes de realizar la fabricación del modelo 3D, fue entregado a los padres del menor de edad que asistieron a una clínica dental privada, el consentimiento informado, explicando los objetivos del estudio y se solicitó su firma para autorizar a sus hijo a participar del estudio

Tabla 1 Procesos para la fabricación del modelo 3D



Una vez realizada la toma de imagen al paciente mediante Tomografía Computarizada de Hz Cónica (CBCT), el resultado se exporta en formato DICOM y poder visualizar las imágenes de cortes axiales de la CBCT y transformarlos a un modelo volumétrico en 3D , para esta investigación se utilizó el software Slicer, mediante el cual se obtuvo una reconstrucción de la estructura ósea en 3D del hemimaxilar inferior derecho del paciente, seguidamente el archivo en formato .STL, se trabaja en el software Auto desk Mesh Mixer para la optimización del modelado en 3D, que consiste en limpiar la imagen para visualizar solo la estructura que se desea imprimir.

Posteriormente se utilizó el software Chitubox que tiene la función de colocar la imagen a imprimir en una posición óptima y reducir la cantidad de material de soporte a imprimir y errores en la estructura.

Para la impresión se utilizó la impresora SparkMarker SLA 3 printer usando resina liquida Suen Ching

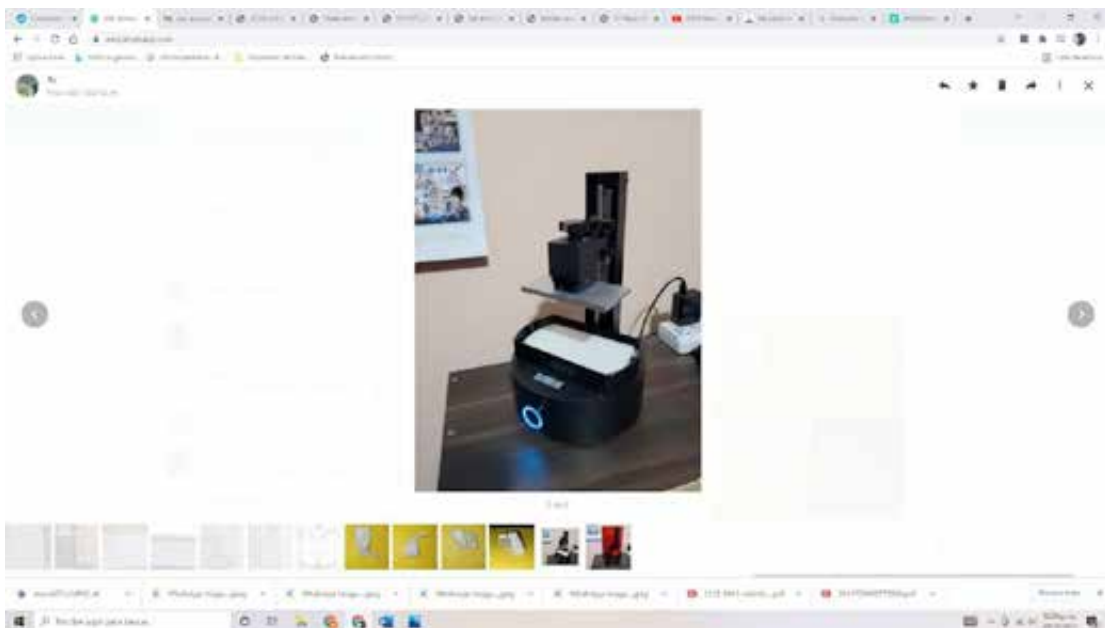


Fig. 1 : Impresora SparkMarker SLA 3 printer usando resina liquida Suen Ching

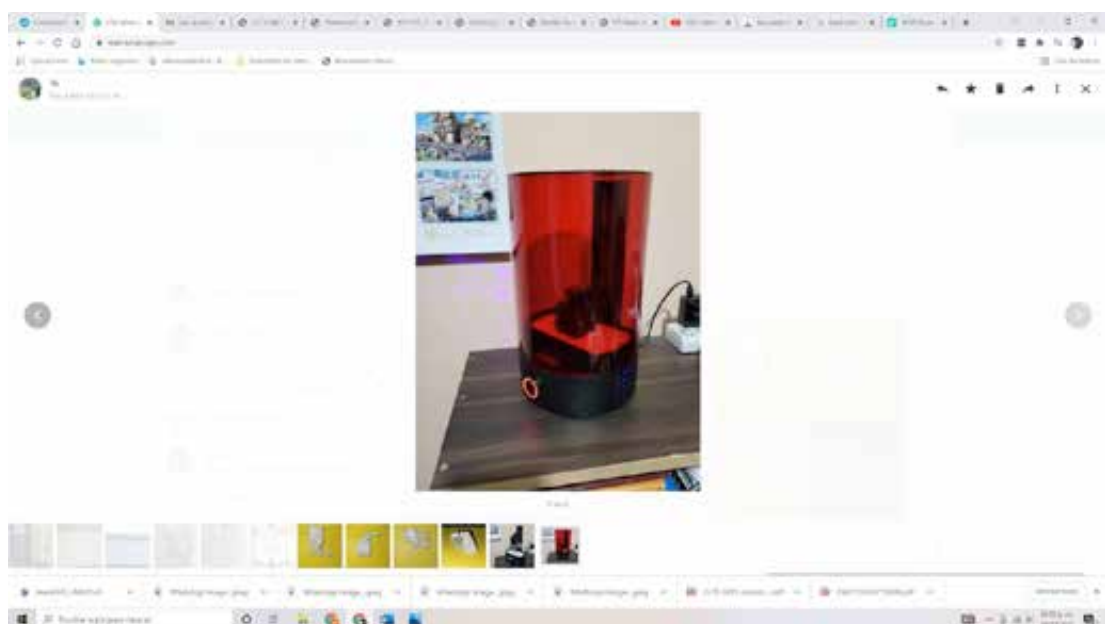


Fig.2: Impresora SparkMarker SLA 3 printer empezando proceso de impresión 3D

3. RESULTADOS

3.1. Reporte de Caso: Estereolitografía en planificación quirúrgica de cuarto molar y tercer molar

Paciente varón de 16 años de edad acude a la consulta para una revisión odontológica en la ciudad del Cusco en el mes de agosto del 2021, y la madre del paciente desea que su hijo reciba tratamiento ortodóntico. A la evaluación, paciente en ABEG, ABEH, ABEN, LOTEF, al examen clínico el paciente presenta dentición permanente con ausencia de las terceras molares, en la imagen Ortopantomografica de la zona del 4to cuadrante maxilar, se observa la presencia de la 3ra molar en posición vertical, a nivel de la tuberosidad mandibular la cual está sin erupcionar, cuya corona se encuentra por debajo del nivel cervical de la 2da molar y a su vez, se tiene la presencia de un distomolar o 4ta molar la cual se encuentra ubicada en la rama ascendente de la mandíbula en posición horizontal ; estando las raíces de ambas molares en contacto íntimo con el nervio dentario inferior, por lo cual se solicita una Tomografía Axial Computarizada (TAC) para lograr obtener imágenes en 3 dimensiones de la zona a tratar; ya que con estas lograremos tener una observación precisa de los reparos anatómicos con los cuales debemos ser prudentes en su manipulación. Por esta razón, se toma la decisión de hacer el retiro de la 3ra y 4ta molar ya que están interfiriendo con la correcta realización del tratamiento ortodóntico.



Fig.3 Zona retromolar del paciente

Se inició con el bloqueo anestésico del nervio dentario inferior con técnica troncular mandibular bucal largo, con infiltración de anestésico en la zona mucosa vestibular y nervio lingual, en la zona interna del trígono retromolar, además se infiltró poco anestésico en la zona de la incisión para provocar cierta vasoconstricción. En esta ocasión también se buscó anestesiarse la zona mucosa de la rama ascendente de la mandíbula.



Fig.4 Bloqueo anestésico

Se procedió a realizar una incisión sulcular desde distal de la 1ra molar hasta distal de la 2da molar tanto por vestibular y por lingual, cambiando desde esta última a realizar una incisión supracrestal hasta 5mm arriba de la zona del ángulo retromolar; para así no tener que realizar incisiones de descarga hacia fondo de surco y cortar la irrigación pósterioanterior.

La elevación del colgajo mucoperióstico se comenzó desde distal del 1er molar hacia atrás hasta la rama ascendente previamente cortada mediante el uso de legra roma periodóntica P24 y en zonas de mayor grosor mucoso el uso de la legra roma periodóntica de Prichard.

Evidenciada la parte ósea y dentaria se inicia con la ostectomía de la 4ta molar ya la corona de esta se encuentra superpuesta sobre la corona de la 3ra molar; la ostectomía alrededor de esta 4ta molar es ligera buscando el desprendimiento inicial del anclaje óseo, para luego con un botador recto delgado procedamos a la luxación ligera del hueso para no tener la necesidad de realizar una odontosección y poner en riesgo el nervio dentario, con un retiro suave utilizando pinzas de Adson.

Posteriormente procedemos al retiro de la 3ra molar en la cual por tener una ubicación por debajo de la línea cervical de la 2da molar realizamos ostectomía de la zona vestibular solamente hasta exponer la corona de la 3ra molar por la zona vestibular, una ostectomía leve alrededor de la zona lingual y por mesial del molar un gran desgaste a la pieza dentaria para así poder desprender la 3ra molar de su homóloga anterior. Se procede a su extracción con el uso de un botador recto delgado para provocar su movilidad y posteriormente un botador recto grueso para su desprendimiento total. Se realiza una modelación de los rebordes óseos utilizando una pinza Gubia y luego de las extracciones la limpieza y cuidado de las cavidades alveolares con el uso de una cureta de Lucas y a su vez se lavan los alveolos con una solución de fisiológica para eliminar cualquier tipo de residuo óseo o blando.

Finalmente se realiza una modelación de los bordes mucosos para que así los labios de la herida puedan afrontar ya que quedan sobre extendidos; se realiza una sutura continua simple en toda la zona de la incisión y en la zona donde se realizó incisiones a nivel sulcular suturas simples interdientarias.



Fig. 5 Exodoncia de cuarto molar



Fig.6 Sutura pos exodoncia de cuarto molar

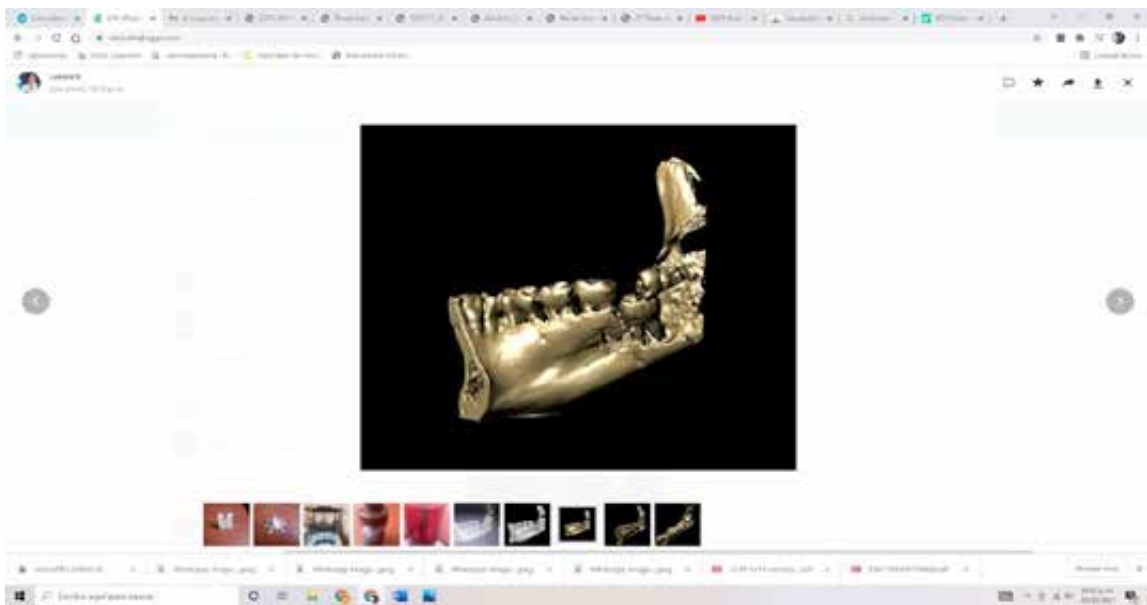


Fig. 7 Tomografía Computarizada de Hz Cónica del hemimaxilar del paciente

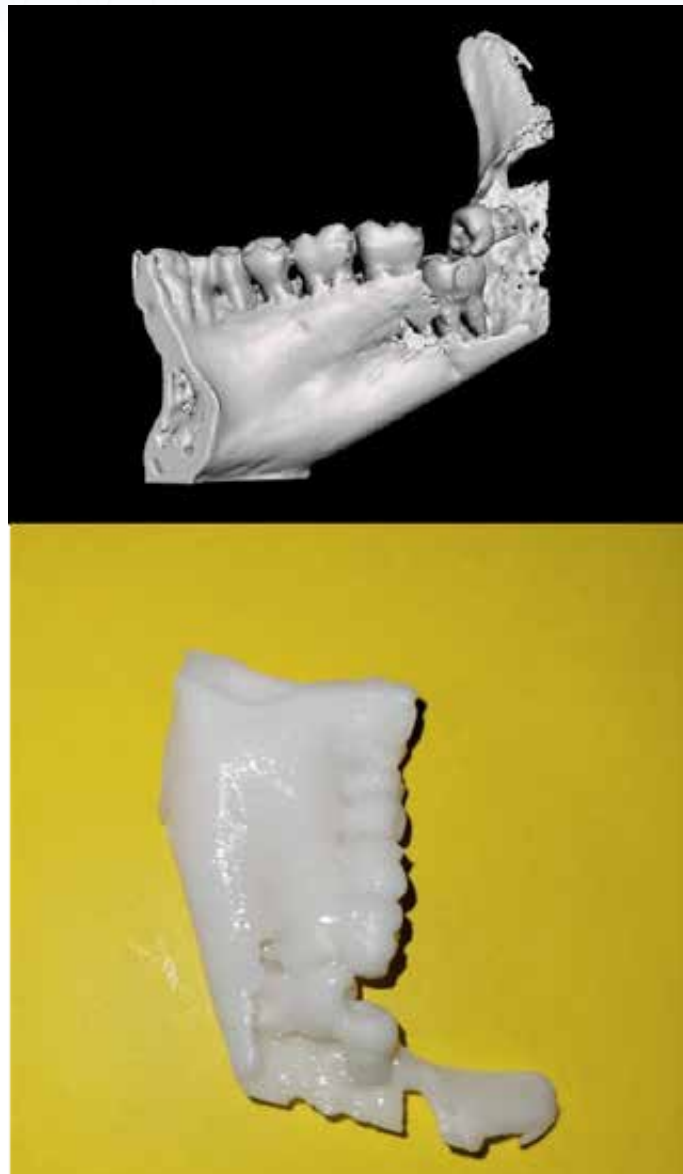


Fig.7 Formato .STL en el software Slicer

Fig. 8 Impresión del Modelo 3D de la hemimaxila derecha (cara interna)



Fig.9 Impresión del Modelo 3D de la hemimaxila derecha (cara externa)

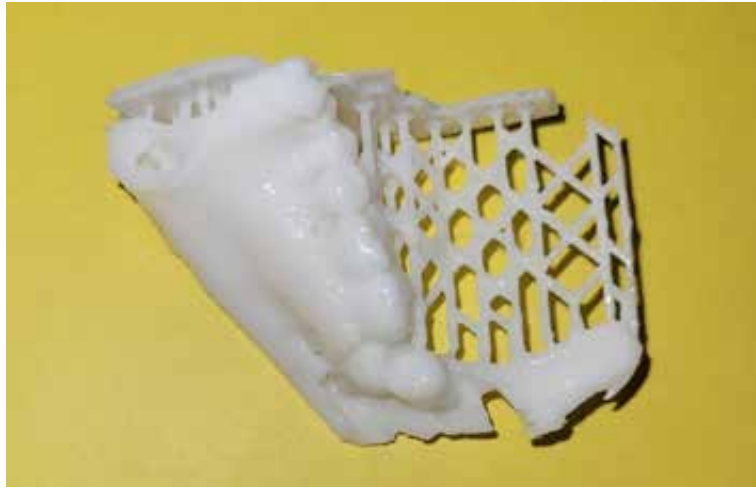


Fig. 10 Impresión por curado UV

4. DISCUSIÓN

La tecnología de la estereolitografía brinda una nueva alternativa con una mejor eficacia para el diagnóstico y tratamiento de pacientes y de esta manera mejora los procedimientos odontológicos en las áreas médicas, La necesidad de su aplicación, surge para mejorar la planificación diagnóstica y minimizar posibles errores, al disminuir tiempos operatorios, mejorando la precisión del abordaje quirúrgico y se evidencia en el éxito del tratamiento en beneficio del paciente y a demás por su versatilidad se aplica a diversas áreas de la odontología como ortodoncia, cirugía maxilofacial, implantes, entre otros.

Así mismo en su investigación Chae et al. “ Describen el enorme aporte que brinda esta tecnología y todas sus posibilidades para la educación en esta disciplina, ya que permiten Impresión 3D de modelos estereolitográficos con protocolo abierto , de esta manera se genera una comunicación fluida entre el odontólogo y el paciente, el cual tiene una idea mas clara del tratamiento que va a recibir.” (5)

A pesar de una posible limitación de costes para realizar este procedimiento, el precio de la tecnología 3D sigue progresivamente bajando en términos de precio y presenta diversas ventajas desde la aplicación quirúrgica, planificación de modelos entre otras áreas importantes como la perspectiva educativa para la formación académica en odontología

5. CONCLUSIONES

La contribución que brinda la estereolitografía en la odontología y específicamente para la planificación quirúrgica en el área de cirugía bucal resulta muy importante y además constituye un gran aporte científico y tecnológico a los nuevos avances en el área de la odontología digital y debería ser incluido dentro de los exámenes complementarios en la planificación quirúrgica.

La aplicación de los modelos obtenidos por esta tecnología 3D es versátil y se adapta a muchas áreas de la odontología y de la salud, brindando múltiples en el área de ortodoncia, cirugía maxilofacial, odontología legal y forense, etc. además, permite mejorar la comunicación entre el equipo quirúrgico y trabajar de manera multidisciplinaria en beneficio del paciente para mejorar su calidad de vida. Resaltar el aporte de esta tecnología para enseñanza a alumnos en beneficio de su formación académica.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Charles W. Hull AC, inventor; United States patent 4,575,330. Mar. 11, 1986.
2. R. JC. La estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM. Rev Odontológica Mex. 2005 enero; 9(48- 50).
3. Álvarez Quesada C. CBJS,FSJ,GÁC. Científica Dent. 2006 Mar; febrero(151-156).
4. Noemí Leiva1 aFCIS. Estereolitografía en Odontología: Revisión bibliográfica. Odontol. Sanmarquina. 2017 enero; 20(27-30).
5. Chae M., Rozen W., McMenamin P., Findlay M., Spychal R., Hunter D. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery. Frontiers in surgery. 2015 Jun; 2 (25): 1-14.
6. Gay-Escoda C, Berini AL. *Tratado de cirugía bucal*. Editorial Ergon, 2004.

Ajedrez como herramienta pedagógica en la comprensión de la multiplicación

Chess as a pedagogical tool in understanding multiplication

Nelida Merma Ayme, Cintya Cáceres Alata, Herbert Jhon Apaza Luque
Escuela Profesional de Educación -Canas, UNSAAC
Cusco, Perú.

194024@unsaac.edu.pe

Código ORCID:0000-0002-3217-1766

194004@unsaac.edu.pe

Código ORCID:0000-0001-5312-7839

herbert.apaza@unsaac.edu.pe

Código ORCID: 0000-0001-6465-8643

Resumen

Este estudio pretende describir el ajedrez como herramienta pedagógica para comprender la multiplicación en los estudiantes de 3° y 4° grado de la IE Alcides Carrión de Maccaran, Paruro y Ricardo Palma de Pongoña, Canas. Optamos por la metodología de enfoque cualitativo, de estudio de casos y de corte etnográfico, porque se pretende comprender, cómo el ajedrez como herramienta pedagógica proporciona mejoras en la comprensión de la multiplicación. Para recoger información se emplea entrevistas semiestructuradas a docentes y estudiantes, observación participante sobre la enseñanza de la multiplicación con recurso de ajedrez. El resultado es la búsqueda de diversas alternativas y estrategias para resolver multiplicaciones con el recurso del ajedrez. Empleamos los arreglos en el tablero de ajedrez, también el valor de las fichas de ajedrez para combinar puntuaciones.

Palabras claves: Ajedrez, educación, juego, matemática, multiplicar, tablas.

Summary

This study aims to describe chess as a pedagogical tool to understand multiplication in 3rd and 4th grade students at IE Alcides Carrión de Maccaran, Paruro and Ricardo Palma de Pongoña, Canas. We opted for the qualitative approach, case study and ethnographic approach methodology, because it is intended to understand how chess as a pedagogical tool provides improvements in the understanding of multiplication. To collect information, semi-structured interviews with teachers and students are used, participant observation on the teaching of multiplication with chess resources. The result is the search for various alternatives and strategies to solve multiplications with the use of chess. We use the arrangements on the chessboard, also the value of the chess pieces to combine scores.

Keywords: Chess, education, game, mathematics, multiply, tables.

1. INTRODUCCIÓN

En la etapa escolar es primordial que los estudiantes construyan conceptos, procedimientos y consoliden actitudes en matemática, una de las herramientas potentes para este propósito es el ajedrez, así manifiestan investigadores como Jaime Manríquez Ramírez (2019), Alicia Fernández Olivares, Javier Ordega Dumont, María Luisa Oliveras (2018) y otros. En este estudio pretendemos responder a la interrogante ¿cómo el ajedrez como herramienta pedagógica proporciona mejoras en la comprensión de la multiplicación de los estudiantes de educación primaria?, procuramos también reflexionar posibilidades de trabajo docente en aulas de matemáticas.

El juego de ajedrez permite desarrollar el pensamiento científico-matemático de un niño, el juego es considerada una de las prácticas matemáticas transculturales, que permite realizar actividades de contar, medir, diseñar, localizar, lo cual convierte a los juegos en herramientas didácticas de un indudable valor, el presente estudio explora diferentes alternativas para que los niños comprendan de las tablas de multiplicar, de diferentes maneras, similar al juego de ajedrez (Oliveres, Dumont, Oliveras, 2018).

Por otro lado, muchos profesores y padres buscan alternativas diversas para para la comprensión de los procesos de multiplicación, encaminados a facilitar que dicho aprendizaje no sea tedioso y traumático para los estudiantes, sino por el contrario muy enriquecedor para ellos.

1.1. El ajedrez en las matemáticas

La práctica del ajedrez contribuye en el desarrollo de las habilidades matemáticas, como afirman Joaquín Gairín Sallán y Joaquín Fernández Amigo (2010, p. 69) resaltando su similitud por las estrategias y procedimientos que presentan tanto el juego como las actividades matemáticas. Estos autores sugieren que los niños que aprenden a jugar ajedrez de manera organizada, ordenada y efectiva, utilizan las técnicas y estrategias en sus juegos, éstos pueden transferir las habilidades mencionadas a las habilidades matemáticas que son requeridas para resolver problemas.

Los investigadores Jennifer Bazurto Fernández y sus colaboradores (2021), indican que el ajedrez contribuye a las capacidades de asimilar, guardar, comprender, analizar, elaborar información, estas habilidades favorece en la resolución de problemas matemáticos.

1.2. Ajedrez en la multiplicación

Joaquín Fernández (2008) presenta varios materiales con recurso de ajedrez como hexágono, diana, el dominó, las cartas de barajas, juegos del caballo y los dados para reforzar las habilidades de adición, sustracción, multiplicación y división en educación primaria. Por su parte Jaime Manrique Ramírez (2019) emplea el recurso de ajedrez para la comprensión de las tablas de multiplicar, por medio de los juegos lúdicos. Este autor afirma que los estudiantes aprenden las tablas de multiplicar sin la necesidad de memorizar, en su lugar realizan deducciones para llegar a la respuesta.

En consecuencia, nuestro objetivo es describir el ajedrez como herramienta pedagógica para comprender la multiplicación en los estudiantes de tercer y cuarto grado de primaria en la IE Daniel Alcides Carrión de Maccaran, Paruro y Ricardo Palma de Pongoña, Canas.

2. METODOLOGÍA

La metodología es de enfoque cualitativa, de estudio de casos y de corte etnográfico, porque se pretende comprender, cómo el ajedrez como herramienta pedagógica proporciona mejoras en la comprensión de la multiplicación, en los estudiantes de tercer y cuarto grado de primaria. Para recoger información se emplea entrevistas semiestructuradas a docentes y estudiantes, observación participante sobre la enseñanza de la multiplicación con recurso de ajedrez, además diseñamos actividades con juegos de ajedrez (tablero y movimiento de fichas) para desarrollar una experiencia con los estudiantes.

2.1. Participantes

Los participantes o entrevistados fueron seis estudiantes y dos profesores de las instituciones educativas de la provincia de Canas y Paruro del departamento Cusco.

Cuadro 1: Docentes participantes del estudio

PROFESOR(A)	I.E	GRADO
Valentina Auccacusi	Maccaran-Paruro	3 y 4
Juan Isidro Catunta	Pongoña -Canas	3

Fuente: *Elaboración propia de los autores*

Cuadro 2: Tabla 2 Estudiantes participantes del estudio

N°	Estudiantes	Grado	I.E(Origen)
1	Edith anyhela	4	Maccaran-Paruro
2	Daniel Meza	4	Maccaran-Paruro
3	Josue Lujano	3	Maccaran-Paruro
4	Zenaida Condori	3	Pongoña – Canas
5	Alexis Rodrigo Llusca	3	Pongoña – Canas
6	Yeni Brisila Zarate	3	Pongoña- Canas

Fuente: *Elaboración propia de los autores*

2.2. Instrumentos para recoger y analizar la información

Para recoger información realizamos entrevistas a profundidad a profesores y estudiantes de las respectivas instituciones educativas de las provincias de Paruro y Canas. Las preguntas que han guiado nuestro diálogo fueron las siguientes:

Entrevista a estudiantes

¿A qué edad aprendiste a jugar ajedrez?

¿Quién te enseñó a jugar?

¿Cuánto tiempo dedicas a jugar ajedrez?

¿Juegas ajedrez en la escuela?, ¿en qué momento?

¿Crees que jugar ajedrez te ayuda en matemáticas? ¿Cuéntanos cómo? Entrevista a docentes

¿A qué edad aprendió a jugar ajedrez?

¿Quién le enseñó a jugar?

¿Cuánto tiempo dedica a jugar ajedrez?

¿Enseña a jugar ajedrez en la escuela?, ¿en qué momento?

¿Qué beneficios considera que tiene jugar ajedrez en los niños?

¿Podría ayudar el practicar ajedrez a comprender mejor las multiplicaciones?

¿Para qué otros aprendizajes en matemática, utilizó usted el ajedrez?

Después de obtener respuestas a estas preguntas, organizamos en categorías y subcategorías para el proceso de análisis de información.

3. RESULTADOS

3.1. Dificultades en la comprensión de la multiplicación

Para conocer la comprensión de la multiplicación de los estudiantes de tercer y cuarto grado se les ha entregado unas fichas con preguntas, como: a) Angela formó 8 columnas y 5 filas con latas de atún ¿cuántas latas de atún utilizó?, b) Anderson cocina 9 huevos cada día para vender ¿Cuántos huevos venderá en 7 días?

Algunos niños utilizan sus dedos para hacer las cuentas, por ejemplo, comienzan del 8, luego utilizan los dedos para aumentar otros 8, hacen la cuenta 9, 10, 11, ..., en este proceso algunas veces pierden la cuenta y no completan al resultado final.

En multiplicaciones con dos cifras (12×3), un niño intentaba seguir un algoritmo que había aprendido en clase ($12 \times 3 = 36$), sin embargo, se observa que procede el algoritmo sin comprender la multiplicación, es decir, 12 veces 3.

Algunos estudiantes de tercer y cuarto grado memorizan las tablas de multiplicación, sin comprender el significado de la multiplicación. Otros niños utilizan las manos para multiplicar, lo mismo hace que demoren en dar respuesta.

3.2. Diseño de actividades de aprendizaje de la multiplicación con recurso del ajedrez

La primera sesión con los estudiantes consistió en presentar el material (tablero y fichas de ajedrez), cada pieza tiene valores que coinciden con las reglas de Ajedrez, a este proceso la hemos denominado familiarización con el material. Cada peón equivale a 1, un caballo a 3, un alfil a 3, una torre a 5, una dama a 9 y el rey tiene valor infinito.

En la segunda sesión se presentan situaciones de multiplicación, que son pensados y resueltos con los valores de las piezas, contando como puntaje final. Por ejemplo, para multiplicar 3×5 , a) como una torre equivale a 5, entonces se tendría 3 torres, reemplazando cada torre con 5 peones se tiene en total 15 peones. Además 3 torres es equivalente a un caballo y dos peones.



Fig. 1: Niños resolviendo multiplicaciones en equipo (IE. N° 50374 de Maccaran, Paruro)

Otra forma de comprender las multiplicaciones es utilizando el tablero con los recorridos que pueden hacer las torres, la dama o el rey. La torre recorre tres filas y cinco columnas, cubriendo un rectángulo de 3×5 .

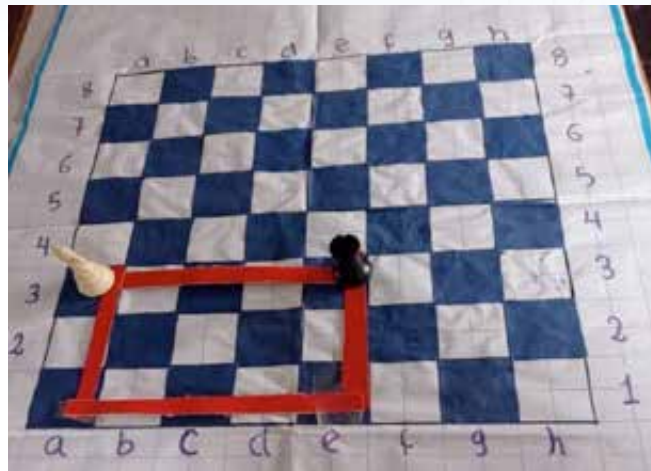


Fig. 2: Multiplicación 3x5 empleando el tablero de ajedrez (recorrido de piezas de ajedrez)



Fig. 3: Representación de la multiplicación 3x5 (empleando piezas de ajedrez en el tablero)

3.3. Aspectos favorables y desfavorables en el proceso de comprensión de la multiplicación

El material como el tablero de ajedrez proporciona de forma visual y manipulativa el proceso de multiplicación, como un arreglo de filas (1 al 8) y columnas (a al h). Guiados por los movimientos de las fichas como la torre, la dama y el rey.



Fig. 4: Estudiantes practicando el juego de ajedrez, IE N° 56111 de Pongoña.

El material ayuda a pensar en diversas opciones y no memorizar respuestas únicas. Precisamente en el juego de ajedrez, hay una variedad de posibilidades, dependiendo del movimiento del oponente.

La asignación de valores a las piezas, proporcionan una serie alternativas y combinaciones para operar multiplicaciones, incluso combinadas con adiciones.

4. DISCUSIÓN

De los resultados mostrados podemos deducir que el ajedrez como herramienta pedagógica en la comprensión de la multiplicación es una herramienta vital en los estudiantes como medio para aprender y fortalecer las habilidades matemáticas. Nuestros resultados confirman los aspectos favorables que proporciona el ajedrez como recurso pedagógico.

En cuanto al trabajo de campo en las dos instituciones educativas con los estudiantes y los propios docentes, informan que aprendieron este juego por medio de núcleo familiar (padres-parientes). Siendo este juego una forma más de aprender de manera rápida las matemáticas.

Un aspecto importante a señalar es que, los estudiantes, pese que dominan este juego y practican dedican poco tiempo esto quizá sería su desventaja, pero esto se puede mejorar con apoyo por parte de la institución educativa dando un horario donde el docente de matemática tenga la capacidad de fortalecer este juego en ellos.

Un de los docentes entrevistados en relación a los beneficios que tiene jugar ajedrez, no indica “este juego de mesa ayuda bastante a los niños en el razonamiento, porque de acuerdo a las reglas del juego más que todo la concentración, también el reto que tiene los jugadores, que uno tiene que ganar” (docente, Pongoña).

Por otra parte, los docentes encuestados indican que, si practican este juego, los estudiantes tendrían oportunidades para pensar en varias alternativas como ocurre en el juego de ajedrez. Sin embargo, en las instituciones antes señaladas no existe una planificación, ni un seguimiento sobre la práctica del juego de ajedrez. Esto se evidencia con las respuestas de los estudiantes encuestados, en la que indican que no aprendieron a jugar ajedrez con sus docentes sino con sus parientes y padres.

5. CONCLUSIÓN

En la interacción con los estudiantes y el diálogo con los docentes se ha identificado dificultades de comprensión del significado y el proceso de la multiplicación, muchos estudiantes procuran memorizar los productos y el algoritmo de la multiplicación, también emplean los dedos para hacer las cuentas, hay poca autorreflexión de los significados y los procesos.

El ajedrez como recurso proporciona especialmente la búsqueda de diversas alternativas y estrategias para dar respuesta a una determinada situación, transferibles en este caso una diversidad de alternativas para comprender y resolver multiplicaciones.

Se ha diseñado y puesto en práctica alternativas de uso del ajedrez como recurso pedagógico para comprender las multiplicaciones, como los arreglos en el tablero de ajedrez, también el valor de las fichas de ajedrez para combinar los puntajes obtenidos. Por ejemplo, para multiplicar 4×5 podemos contar el puntaje que hacen 4 torres o contar 5 caballos y una torre, 9 alfiles, 2 damas y dos peones.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fernández Amigo, J. (2008). *Utilización de material didáctico con recursos de ajedrez para la enseñanza de las matemáticas. Estudio de sus efectos sobre una muestra de alumnos de 2º de primaria*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5053/jfa1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Fernández-Oliveras, A., Dumont, J. O., & Oliveras, M. L. (2018). El ajedrez en la enseñanza-aprendizaje de áreas científicomatemáticas, una revisión bibliográfica en el contexto español. *Revista Anales*, 1(376), 57-65.

Gairín Sallán, J., & Fernández Amigo, J. (2010). Enseñar matemáticas con recursos de ajedrez. *Tendencias Pedagógicas*, 1(15), 57-90. Obtenido de https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/4618/30615_2010_15_03.pdf?seq

Manrique Ramírez, J. (2019). *El ajedrez como herramienta pedagógica para la enseñanza de las tablas de multiplicar soportados con recursos informáticos*. Trabajo de grado. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/16979/Ajedrez%20como%20herramienta%20pedagogica.pdf?sequence=1> Martínez-Artero, R. N., & Checa, A. N. (2015). El ajedrez como recurso didáctico en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas. *Números*, 9-31.

Evaluación de la anemia y del estatus del hierro en gestantes de Lima y Cusco y utilidad del ajuste por altitud

Evaluation the anemia levels as well as the iron status in pregnant women from Lima and Cusco and the suitability of adjust by altitude

Ramón Figueroa-Mujica ¹, Gustavo F. Gonzales-Rengifo ^{2,3}, Dulce E. Alarcón-Yaquetto ⁴, Cinthya Vásquez-Velásquez ⁵, Luis Jimenez-Troncoso ⁶, Luis A. Ccahuantico Choquevilca ⁷, Juan José Sánchez-Huamán ⁸ Rodrigo Rozas-Gamarra ⁹ and Jorge Mario Ponce Huarancca ¹⁰

¹ Escuela Profesional de Medicina Humana, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Cusco, Perú;
ramon.figueroa@unsaac.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3479-3518>

^{2, 3} Laboratorio de Endocrinología y Reproducción, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú; gustavo.gonzales@upch.pe Instituto de investigaciones en Altura, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú; gustavo.gonzales@upch.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1611-2894>

⁴ Unidad de Conocimiento y Evidencia (CONEVID), Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú; dulce.alarcon@upch.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0300-4683>

⁵ Laboratorio de Endocrinología y Reproducción, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú; Cinthya.vasquez@upch.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3326-0437>

⁶ Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica. Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco, Cusco, Perú; luis.

jimenez@unsaac.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6414-9742>

⁷ Escuela Profesional de Medicina Humana, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú; mh.juanjoseh@gmail.com

lccahuantico@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4399-264X>

⁸ Escuela Profesional de Medicina Humana, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú; mh.juanjoseh@gmail.com

mh.juanjoseh@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5287-4020>

⁹ Escuela Profesional de Medicina Humana, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú; rdr18100@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6932-755X>

¹⁰ Escuela Profesional de Medicina Humana, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú; engelsyk_mj@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2657-5721>

Resumen

Objetivos: determinar los niveles de anemia así como el estado de hierro en gestantes de Lima y de Cusco (ciudad de altura) y evaluar la idoneidad de la hemoglobina ajustada y sin ajustar como indicadores del deficiencia de hierro, en el Cusco (ciudad de altura).

Metodología: estudio de tipo transversal y descriptivo; el muestreo fue no probabilístico. Se consideró mujeres gestantes del primer, segundo y tercer trimestre gestacional entre 18 y 35 años, de feto único, que acudían a sus controles prenatales. Las muestras extraídas fueron de sangre

venosa y en las mismas se realizó determinación de parámetros hematológicos y de hierro (dosaje de ferritina en suero, ELISA).

Resultados: la prevalencia de la anemia en Cusco fue de 1.94% sin ajuste y 6.34% con ajuste y en Lima fue de 27.74%, con diferencia significativa (<0.001). La deficiencia de hierro (ferritina debajo de $15\mu\text{g/L}$) fue de 6,66 % en gestantes de Cusco mientras que de 28,97 % en las de Lima. Finalmente el uso de la curva ROC y la prueba De Long con los resultados del Cusco mostró que el uso de hemoglobina sin corregir es significativamente mejor que la hemoglobina ajustada por altura para la determinación de deficiencia de hierro.

Conclusión: la medición de hemoglobina sola no permite la adecuada discriminación de pacientes con deficiencia de hierro lo que sugiere la conveniencia de buscar otros marcadores con mayor poder discriminatorio.

Palabras clave: hemoglobina, anemia, ajuste por altura, deficiencia de hierro, ferritina

Abstract

Objectives: to evaluate the hemoglobin and anemia levels as well as the iron status in pregnant women from Lima and Cusco (high-altitude city) and to evaluate the suitability of adjusted and unadjusted hemoglobin as indicators of iron deficiency, in Cusco (high-altitude city).

Methodology: cross-sectional and descriptive study; the sampling was non-probabilistic. Pregnant women of the first, second and third gestational trimesters between 18 and 35 years old, with a single fetus, who attended their prenatal check-ups were considered. The samples taken were from venous blood and in them, hematological and iron parameters were determined (serum ferritin dosage, ELISA).

Results: the prevalence of anemia in Cusco was 1.94% without adjustment and 6.34% with adjustment, and in Lima it was 27.74%, with a significant difference (<0.001). Iron deficiency (ferritin below $15\mu\text{g/L}$) was 6.66% in pregnant women from Cusco while 28.97% in those from Lima. Finally, the use of the ROC curve and the De Long test with the results from Cusco showed that the use of uncorrected hemoglobin is significantly better than the height-adjusted hemoglobin for the determination of iron deficiency.

Conclusion: the measurement of hemoglobin alone does not allow adequate discrimination of patients with iron deficiency, which suggests the convenience of looking for other markers with greater discriminatory power.

Key words: hemoglobin, anemia, altitude adjustment, iron deficiency, ferritin

1. INTRODUCCIÓN

La anemia, una situación caracterizada por una cantidad de glóbulos rojos que no satisface las necesidades fisiológicas de la persona, es un problema de salud pública muy importante en todo el mundo y en especial en los países en desarrollo. En el Perú su prevalencia sería mayor al 60 % en varios departamentos en grupos como los niños y las gestantes [1].

Es importante destacar que la medición de la anemia se basa en recomendaciones dadas por la Organización Mundial de la Salud en base a la medición de la hemoglobina, como marcador de hierro en el organismo. Estas recomendaciones toman en cuenta sexo, edad y residencia en altura [2]. Diferentes estudios sugieren, sin embargo, que la medición de la anemia en zonas de altura con el ajuste a los niveles de hemoglobina encontrados que plantea la OMS sobredimensiona los niveles de anemia [3,4]. Asimismo se señala que la hemoglobina no es un fiel marcador del contenido de hierro en el organismo [5], por lo que se sugiere la medición de otros marcadores que representen mejor este parámetro.

Asimismo es útil considerar que en las gestantes uno de los cambios fisiológicos más notables es el incremento del volumen plasmático. Una mujer con un embarazo simple tendrá un aumento de poco menos del 50 % de volumen plasmático. Este proceso es progresivo e incrementa de la mano con el periodo gestacional. Como consecuencia; la hemoglobina, proteína encargada de llevar oxígeno a los tejidos corporales, se diluye y sus concentraciones disminuyen a lo largo del embarazo [6,7]. Esta es una de las razones por las que los criterios para la determinación de anemia en gestantes difiere de aquellas mujeres no gestantes; sin embargo, queda la interrogante de si esta hemodilución está también asociada a una disminución en el contenido corporal de hierro durante la gestación. Esto porque la hemoglobina no es necesariamente un marcador idóneo del contenido corporal de hierro de un individuo. Es un marcador indirecto y preferido por su bajo costo y practicidad de medición. A esto se suma, el particular caso de la gestante residente en zonas de altura, que por estar expuesta a la disminuida concentración de oxígeno propia del ambiente podría tener adaptaciones hematológicas adicionales.

Se debe resaltar también que es muy importante una adecuada medición de la anemia en la población ya que eso ha de ser la base no solo para estrategias de prevención y control más efectivas, también debe servir para evitar gastos innecesarios de tratamiento en el caso de su sobredimensionamiento junto con el potencial daño al organismo al administrarse hierro innecesariamente.

El presente estudio es parte de una investigación más amplia, denominada “La hemoglobina y la homeostasis del hierro en Lima (150m) y Cusco (3400m)” y busca en primer lugar determinar los niveles de anemia así como el estado de hierro en gestantes de Lima y de Cusco (ciudad de altura) y en segundo lugar evaluar la idoneidad de la hemoglobina ajustada y sin ajustar como indicadores del deficiencia de hierro, en el Cusco (ciudad de altura) usando la curva ROC (operating characteristic curve).

Es importante destacar que de acuerdo a la última guía de la Organización Mundial de la Salud, la medición de la anemia debe considerar el trimestre gestacional. Así las gestantes del primer trimestre gestacional son consideradas anémicas si sus niveles de hemoglobina están por debajo de los 11g/dL. En el segundo trimestre gestacional, el punto de corte de hemoglobina para definir anemia es de 10,5g/dL; mientras que en el tercer trimestre vuelve a ser 11g/dL [8]. Asimismo la OMS señala que los niveles de ferritina en suero son un marcador de deficiencia de hierro. Así el punto de corte para caracterizar la depleción de reservas de hierro en 15ug/L tanto para hombres como mujeres y no hace distinción por estado de gestación [9].

De otro lado en relación al ajuste del nivel de hemoglobina por altura recomendado por la Organización Mundial de la Salud este debe realizarse a partir de los 1000 metros sobre el nivel del mar [10], de acuerdo a la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Ajuste de niveles de hemoglobina por altura según recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (10).

Altura (msnm) Ajuste	
< 1000 Sin ajuste	
1000 – 1499	-0,2 g/dL
1500 – 1999	-0,5 g/dL
2000 – 2499	-0,8 g/dL
2500 – 2999	-1,3 g/dL
3000 – 3499	-1,9 g/dL
3500 – 3999	-2,7 g/dL
4000 – 4449	-3,5 g/dL
<u>> 4500-4,5 g/dL</u>	

De otro lado en relación al uso de la curva ROC es útil señalar que la misma se utiliza para evaluar la capacidad de un procedimiento para clasificar correctamente a los individuos entre dos categorías de una variable binaria. Esta curva relaciona la sensibilidad y la especificidad del procedimiento y el resultado expresa el porcentaje del área total bajo la curva (AUC) que es medido por el procedimiento [11]. En el presente estudio se obtiene dos curvas correspondientes a dos procedimientos para determinar la anemia (deficiencia de hierro), una usando el valor de hemoglobina sin ajuste por altura y otra usando el ajuste y tomado como valor de referencia los niveles de ferritina encontrados en los mismos pacientes, luego se compara las dos curvas para apreciar su mayor o menor performance usando la prueba De Long.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal descriptivo en las ciudades de Cusco y Lima mediante un muestreo no probabilístico obteniéndose un total de 360 mujeres gestantes (205 de Cusco y 155 de Lima), que cumplían con los siguientes criterios de inclusión mujeres gestantes del primer, segundo o tercer trimestre gestacional entre 18 y 35 años, con gestaciones de feto único, que acudan a sus controles prenatales y que firmen consentimiento informado y se excluyeron a gestantes con suplementación de hierro, alto riesgo obstétrico o fetos con malformación congénita diagnosticada. El presente estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y de la Dirección Regional de Salud (DIRESA Cusco).

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se extrajo muestras de sangre de las gestantes participantes mediante el sistema de Vacutainer, resultando en dos viales por cada participante, de las cuales, un vial fue inmediatamente procesado para la obtención de los parámetros hematológicos mediante un analizador hematológico automatizado y el otro vial fue centrifugado para la obtención de suero, lo cuales fueron almacenados a -40°C hasta la determinación de ferritina mediante la prueba automatizada mediante kits comerciales de inmunoensayo ligados a enzimas (Ferritin).

3. RESULTADOS

Del total de 360 mujeres gestantes con datos completos de hemoglobina reclutadas (205 de Cusco y 155 de Lima), la prevalencia de anemia fue de 15,56 % ($n = 56$) usando hemoglobina ajustada por altura y 13,02 % ($n = 47$) al usar hemoglobina sin ajustar. En la tabla 2 se detalla la prevalencia por ciudad y como difiere según el uso del ajuste de hemoglobina por altura. En ambos casos, la prevalencia de anemia gestacional es significativamente mayor en Lima.

Tabla 2. Prevalencia de anemia según niveles de hemoglobina ajustada y sin ajustar. Valores de p son de la prueba de χ^2 entre ciudades. Hb: hemoglobina

Anemia	Cusco	Lima	Valor de p
Hb sin ajuste	4(1,94 %)	43(27,74 %)	< 0,001
Hb con ajuste	13(6,34 %)	43(27,74 %)	< 0,001

Dado que el diagnóstico de anemia es dependiente del trimestre gestacional, se presentan también en la Tabla 3 las tasas de anemia divididas por trimestres con las dos formas de diagnóstico.

Tabla 3. Prevalencia de anemia según niveles de hemoglobina ajustada y sin ajustar. Valores de p son de la prueba de χ^2 entre ciudades. Hb: hemoglobina.

	Trimestre gestacional	Cusco	Lima	Valor de p
Hb sin ajuste	1er	0	1(3,57 %)	0,120
	2do	3(4,23 %)	12(29,27 %)	< 0,001
	3er	1(1,47 %)	30(34,88 %)	< 0,001
Hb con ajuste	1er	2(2,99 %)	1(3,57 %)	0,882
	2do	6(8,57 %)	12(29,27 %)	0,004
	3er	5(7,35 %)	30(34,88 %)	< 0,001

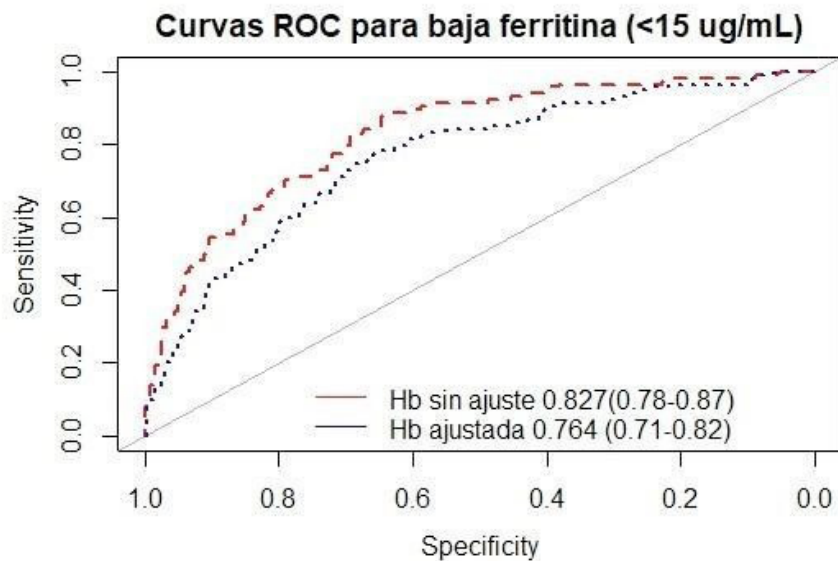
En cuanto a la deficiencia de hierro, en la tabla 4 se muestra los valores de ferritina en los tres trimestres. Así un 35,64 % de mujeres tienen valores de ferritina debajo de 15ug/L de las cuales, un 6,66 % se encuentra en Cusco mientras que el 28,97 % restante son gestantes de Lima. De acuerdo con la propia OMS, cuando la prevalencia de valores de ferritina por debajo del umbral es mayor al 20 % se habla de deficiencia de hierro prevalente en la población; por lo que se puede colegir que en Lima la deficiencia de hierro es prevalente en mujeres gestantes, no así en la ciudad del Cusco.

Tabla 4. Ferritina (ug/L) como marcador de estado de hierro en gestantes de acuerdo con trimestre gestacional y ciudad. *p<0.05, p<0.01, ***p<0.001

Variable	1er trimestre		2do trimestre		3er trimestre	
	Cusco	Lima	Cusco	Lima	Cusco	Lima
Ferritina	29,1 ± 14,1	24,9 ± 22,1	23,4 ± 10,1**	16,9 ± 12,4**	19,8 ± 6,3***	13,0 ± 7,9***

De otro lado para evaluar la idoneidad de la hemoglobina ajustada y sin ajustar, para los valores encontrados en Cusco, se graficaron curvas ROC y se presenta el área bajo la curva (AUC) con sus respectivos intervalos de confianza (95 %CI) (Figura 1). Al efectuar la prueba de De Long para evaluar si las curvas diferían significativamente entre ellas, se obtiene que el uso de hemoglobina sin corregir es significativamente mejor que la hemoglobina ajustada por altura para la determinación de deficiencia de hierro. Este análisis se realizó en base a modelos de regresión logísticos ajustados por edad y trimestre gestacional.

Figura 1. Curvas ROC para evaluar idoneidad de uso de hemoglobina ajustada y sin ajustar para el diagnóstico de deficiencia de hierro en gestantes



4. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue evaluar si la normativa vigente para el diagnóstico de anemia en gestantes de altura (Cusco) es apropiada. Para esto se evaluaron en las gestantes de Lima y Cusco diferentes marcadores hematológicos (hemoglobina en sangre y ferritina en suero), este es un primer estudio comparativo de este tipo.

En relación a la anemia observamos que al ajustar los niveles de Hb por altura, la prevalencia de anemia se triplica en las gestantes provenientes de la ciudad del Cusco, se aprecia sin embargo que la prevalencia de anemia en Lima es significativamente mayor. Asimismo los niveles de anemia encontrados en ambos casos (Cusco, Lima) en el presente estudio son menores a los presentados en el documento ya referido basado en la ENDES 2015-2020 [1]. De otro lado el análisis de ferritina como marcador de deficiencia de hierro refuerza estos hallazgos pues son las gestantes provenientes de Lima las que tienen mayor prevalencia de bajas reservas de hierro cuantificadas con niveles séricos de ferritina. Al respecto se indicó previamente que la Organización Mundial de la Salud señala que la ferritina es un marcador de la deficiencia de hierro [9]. Finalmente la evaluación de las dos curvas ROC, una con ajuste de la hemoglobina por la altura y la otra sin tal ajuste muestra que esta última, al tener mayor área bajo la curva (con diferencia significativa), predice mejor los niveles de bajos de ferritina que la obtenida con la hemoglobina ajustada. Esto también permitiría ratificar que el ajuste de la anemia por altura propuesto por la Organización Mundial de la Salud sobredimensiona los niveles de anemia [3, 4].

5. CONCLUSIONES

Se concluye que el ajuste de Hb por altura eleva las tasas de anemia en las gestantes. Asimismo que la prevalencia de anemia es más alta en mujeres gestantes provenientes de Lima y sería conveniente una evaluación de los efectos sobre el resultado del embarazo o la existencia de complicaciones perinatales.

De otro lado la medición de hemoglobina no permite la adecuada discriminación de pacientes con ferritina baja o deficiencia de hierro lo que se sugiere la conveniencia de buscar otros marcadores con mayor poder discriminatorio.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Perú: Indicadores de resultados de programas presupuestales 2015-2020. Encuesta demográfica y de salud familiar*. Inf. téc. Lima, 2021, pág. 161. URL: https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2020/ppr/Indicadores_de_Resultados_de_los_Programas_Presupuestales_ENDES_2020.pdf
2. Organización Mundial de la Salud. «Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad». En: (2016). URL: http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin_es.pdf
3. Choque BM, Alarcón-Yaquette De, Paredes W, Zaira A, Ochoa A y Gonzales GF. «Is the prevalence of anemia in children living at high altitudes real? An observational study in Peru». En: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1473.1 (ago. de 2020), págs. 35-47. ISSN: 0077-8923. DOI: 10.1111/nyas.14356. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nyas.14356>
4. Sarna K, Gebremedin A, Brittenham GM y Beall CM. «WHO hemoglobin thresholds for altitude increase the prevalence of anemia among Ethiopian highlanders». En: *American Journal of Hematology* (jul. de 2018). ISSN: 03618609. DOI: 10.1002/ajh.25194. URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajh.25194>.
5. White KC. *Anemia is a poor predictor of iron deficiency among toddlers in the United States: For heme the bell tolls*. Feb. de 2005. DOI: 10.1542/peds.2004-1488. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15687438/>
6. Hytten F. «Blood Volume Changes in Normal Pregnancy». En: *Clinics in Haematology* 14.3 (oct. de 1985), págs. 601-612. ISSN: 03082261. DOI: 10.1016/S0308-2261(21)00496-3. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308226121004963>
7. Vricella LK. «Emerging understanding and measurement of plasma volume expansion in pregnancy». En: *The American Journal of Clinical Nutrition* 106. Supplement 6 (dic. de 2017), 1620S-1625S. ISSN: 0002-9165. DOI: 10.3945/ajcn.117.155903. URL: <http://ajcn.nutrition.org/lookup/doi/10.3945/ajcn.117.155903>.
8. World Health Organization (WHO). *Recommendations on antenatal care for a positive pregnancy experience*. Inf. téc. 2016. URL: <https://www.who.int/publications/item/9789241549912>
9. World Health Organization (WHO). *Serum ferritin concentrations for the assessment of iron status and iron deficiency in populations*. Inf. téc. 2011. URL: http://www.who.int/vmnis/indicators/serum_ferritin.5C0A.pdf
10. Organización Mundial de la Salud. «Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad». En: (2016). URL: http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin_es.pdf.
11. Kirkwood BR and Sterne JC. *Medical Statistics*. Second Edition. Blackwell Science. Massachusetts, USA, 2003, pág. 433.

Reconocimientos

A la Lic. en Obstetricia Susel Ivonne Carrasco Mansilla

A la Br. en Ciencias Biológicas Yesica Milagros Huamán Enriquez

Al Mg. Jorge Acurio Saavedra, Jefe del Laboratorio de Biología Molecular de la E.P. de Biología de la Unsaac

A la Lic. en Biología Martha Pilar López Álvarez, Directora de Servisalud, Laboratorio Clínico

Eficacia del desarrollo de un plan estratégico de control de *Salmonella spp* en manipuladores de alimentos de la UNSAAC Cusco. 2011-2013

Mendoza, Yanet
D.A. Medicina Humana
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
Yanet.mendoza@unsaac.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-4508-5303>

RESUMEN

Los restaurantes y quioscos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, aún no cuentan con las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). En este sentido el objetivo fue evaluar la eficacia del desarrollo de un plan estratégico de control de *Salmonella spp* en manipuladores de alimentos de la C.U. de Perayoc, UNSAAC, para lo cual se evaluó antes y después del desarrollo de este plan. Población y muestra: Se estudió 4 poblaciones: a trabajadores y dueños = 32, para determinar los conocimientos de los manipuladores de alimentos. B = evaluación higiénico-sanitaria y de infraestructura (14 quioscos y 03 restaurantes). C=112 alimentos, para el control microbiológico de *Salmonella spp*. y D=32, para los coprocultivos. Se realizaron evaluaciones antes y después de la intervención; se aplicó un cuestionario para evaluar los conocimientos, guías de observación para las condiciones higiénico-sanitarias, cultivos microbiológicos para alimentos cocidos y crudos y finalmente coprocultivos. Conclusiones. Se encontró que después de la intervención: los participantes obtuvieron nivel bueno y muy bueno de conocimientos sobre BPM; incrementándose al 21.88% y 15.62% respectivamente. En la evaluación del cumplimiento de las condiciones higiénico- sanitarias y de infraestructura del 76.47% que eran no aceptables bajó al 0%, con un 94.12% en proceso. Del 21.43% de alimentos que resultaron con presencia de *Salmonella spp* sobre todo en alimentos crudos, se redujo al 0.89%. Del 93.75% portador asintomático esta frecuencia se redujo al 3.13%. La eficacia del plan estratégico realizado fue de 4.75.

Palabras clave: Eficacia, BPM, plan-estratégico-de-control-de-*Salmonella-spp*, portador asintomático.

Abstract

The restaurants and kiosks of the National University of San Antonio Abad del Cusco, still do not have Good Manufacturing Practices (GMP). In this sense, the objective was to evaluate the effectiveness of the development of a strategic plan for the control of *Salmonella spp* in food handlers of the C.U. de Perayoc - UNSAAC, for which it was evaluated before and after the development of this plan. Population and sample: 4 populations were studied: A workers and owners = 32, to determine the knowledge of food handlers. B = Hygienic-sanitary and infrastructure evaluation (14 kiosks and 03 restaurants). C = 112 foods, for the microbiological control of *Salmonella spp*. and D = 32, for stool cultures. Evaluations were carried out before and after the intervention; A questionnaire was applied to evaluate knowledge, observation guides for hygienic-sanitary conditions, microbiological cultures for cooked and raw foods and finally stool cultures. Conclusions. It was found that after the intervention: the participants obtained a good and very good level of knowledge about BPM; increasing to 21.88% and 15.62% respectively. In the evaluation of compliance with the hygienic-sanitary and infrastructure conditions, the 76.47% that were not acceptable dropped to 0%, with 94.12% in process. Of the 21.43% of foods that resulted in the presence of *Salmonella spp*, especially in raw foods, it was reduced to 0.89%. From 93.75% asymptomatic carriers, this frequency was reduced to 3.13%. The efficacy of the strategic plan carried out was 4.75.

Keywords: Efficacy, GMO, strategic-plan-for-control-of-*Salmonella-spp*, asymptomatics carrier.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) al ser una institución de educación superior, formadora de profesionales, por la población que tiene y porque aún no cuenta con las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), tiene la responsabilidad de implementarlas. En este sentido el **problema** de investigación fue ¿cuál es la eficacia del desarrollo de un plan estratégico de control de *Salmonella spp* en manipuladores de alimentos de la C.U. de Perayoc

UNSAAC. Cusco 2011-2013? **El objetivo general** fue evaluar la eficacia del desarrollo de un plan estratégico de control de *Salmonella spp* en manipuladores de alimentos de la C.U. de Perayoc – UNSAAC, para lo cual se evaluó antes y después del desarrollo de este plan. La **Hipótesis** fue que el desarrollo de un plan estratégico de control de *Salmonella spp* referido al conocimiento sobre Buenas Prácticas de Manipulación de alimentos (BPM) - *Salmonella spp* y al cumplimiento de las condiciones higiénico-sanitarias y de infraestructura que deben cumplir los restaurantes y quioscos de la C.U. de Perayoc - UNSAAC, elevarán las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) de los manipuladores de alimentos y disminuirá la presencia de *Salmonella spp* en los cultivos de alimentos y coprocultivos. **Antecedentes** “*Salmonella enterica* serotipo typhi es una bacteria flagelada Gram negativa, con forma de bastoncillo, cuyo único reservorio es el cuerpo humano, responsable de la fiebre tifoidea y ha sido una carga para los países en desarrollo durante generaciones. Aproximadamente del 1% al 5% de los pacientes se convertirán en portadores crónicos y es típicamente del sexo femenino o tiene colelitiasis y tendrán niveles altos de anticuerpos contra el antígeno Vi y no desarrollarán la enfermedad clínica” (1).

En el 2017 estudiaron la carga mundial de fiebres tifoideas y paratifoideas mediante un análisis sistemático para el estudio de la carga mundial, de lo cual estimaron tres métricas de brechas de salud también para el Perú: “Años de vida perdidos (AVP) = 160 (74,300). Años vividos con discapacidad (AVD) = 5” (2, 3).

“Años de vida ajustados por discapacidad AVAD = 164 (79, 305)” (2). En el 2014, “La tifoidea (fiebre entérica) sigue siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo, y causa más de 21 millones de nuevas infecciones al año, y la mayoría de las muertes ocurren en niños pequeños. Se cree que el estado de portador asintomático crónico es una característica clave del mantenimiento continuo de la bacteria en las poblaciones humanas” (3).

En la Agenda Pendiente de Acuerdo Nacional Peruana, como Política XIII además del Acceso a los servicios de salud se considera la seguridad alimentaria y como Política XV la Promoción de seguridad alimentaria y nutrición (4). De esta manera la presente investigación está enmarcada dentro de la política del gobierno nacional, tal es que el año 2013 ha sido denominado “El año de la Inversión Para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria”, por D.S. N° 001-2013-PCM (5).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Se realizó primero un diagnóstico mediante un FODA, luego se diseñó como variable independiente un plan estratégico de control de *Salmonella spp* (PECS) cuyas dimensiones fueron Conocimiento sobre Buenas Prácticas de Manipulación (BPM), cumplimiento de las condiciones mínimas higiénico-sanitarias y de infraestructura. Como variable dependiente los manipuladores de alimentos, cuyas dimensiones fueron: ausencia de *Salmonella spp* en los cultivos de alimentos y en los coprocultivos. Estas variables se evaluaron antes y después del desarrollo del PECS. Para evaluar la eficacia (E), del PECS se utilizó la fórmula $E = RA/RE$ (Resultados Alcanzados / Resultados Esperados).

2.2. El estudio se realizó de julio 2011 a julio 2013, previos permisos.

Población: 19 quioscos y 03 restaurantes. **Muestra:** 14 quioscos y 03 restaurantes, que se dividieron en 04 poblaciones: Población A trabajadores y dueños= 32, para determinar los

conocimientos de los manipuladores de alimentos conformados por trabajadores y dueños de los restaurantes. Población B = para la evaluación higiénico- sanitaria y de infraestructura. Población C = Se muestrearon 112 alimentos, para el control microbiológico de *Salmonella spp.* Población D = 32, para los coprocultivos se trabajaron con 32 muestras que es la misma población A.

2.3. Criterios de inclusión: Todas las edades, ambos sexos, todos los niveles de instrucción, participantes clínicamente sanos, fueron evaluados en el Centro Universitario de Salud (CUS) de la UNSAAC, en el tratamiento del portador crónico de *Salmonella Typhi*, los participantes portadores sanos recibieron trimetoprim sulfametoxazol (por 15 días).

2.4. Técnicas y procedimientos: Tipo de estudio, según la intervención fue experimental, según el número de observaciones es longitudinal y por el aspecto temporal es prospectivo.

2.5. El Plan estratégico de control de *Salmonella spp.* Fue planteado junto con los actores con quienes se reconoció el problema, ¿Frente a los resultados de los cultivos, ¿Qué podríamos hacer? Respuesta de los actores: un curso de capacitación en BPM ¿Cómo?, ¿Con qué recursos? Se aceptó y se realizó en el laboratorio MH 317.

2.6. Plan estratégico de control de *Salmonella spp.* que contiene el Plan de evaluación y seguimiento de BPM. Estrategia 1 (E1): programa de capacitación en BPM. Capacitar a los manipuladores de alimentos sin importar el grado de instrucción, según la Norma Sanitaria - aplicación de BPM. E2: Plan de control de contaminación alimentaria por *Salmonella spp.* en restaurantes y quioscos de la C.U. de Perayoc-UNSAAC. E3: Plan de muestreo que contenía: Manipuladores de alimentos-evaluación de conocimientos sobre BPM. Evaluación higiénico-sanitaria y de infraestructura (según la guía de observación RM N° 363 – 2005/MINSA). Cultivo de alimentos-control microbiológico. E4: Plan de trabajo en laboratorio Procedimientos de laboratorio para el cultivo de alimentos asociados a *Salmonella spp.* Procedimientos de laboratorio para el coprocultivo. E5: Plan de evaluación expost y seguimiento de BPM, utilizando las mismas estrategias (E1 a E4).

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Según los objetivos específicos (OE) planteados:

3.1. Comparar los conocimientos de los manipuladores de alimentos sobre BPM y *Salmonella spp.* mediante un cuestionario, mediante el plan de evaluación y seguimiento de BPM, con la línea de base- evaluación– ante (diagnóstico) y evaluación expost. Se procedió a la evaluación de conocimientos sobre BPM y *Salmonella spp.* Instrumento – Cuestionario (El cuestionario constó de 10 preguntas con 05 alternativas, cada respuesta correcta valía 02 puntos. Haciendo un total de 20 puntos, la evaluación fue vigesimal) antes y después del desarrollo del plan estratégico. Puntos de corte: Aprobado desde 10.50 hasta 20, desaprobado desde 0 hasta 10.49. Niveles: Malo desde 0 hasta 10.49, regular desde 10.50 hasta 13.49, bueno desde 13.50 hasta 17.49, Muy bueno desde 17.49 hasta 20. Validación del cuestionario: Se probó el test en un pequeño grupo de 10 personas que expendían comida de manera informal y que se encontraban en las inmediaciones de la UNSAAC, así mismo se realizó el alfa de Cronbach que fue de 0.69213894 (Confiabilidad aceptable).

3.2. Determinar el cumplimiento de las condiciones higiénico sanitarias y de infraestructura que deben cumplir con un plan de evaluación higiénico sanitaria y de infraestructura (con la guía de observación RM N° 363 – 2005/MINSA).

Para la evaluación higiénico-sanitaria y de infraestructura, el instrumento fue la guía de observación - una lista de chequeo, autorizada por el MINSA con la RM N° 363-2005 /MINSA (6, 7). Se aplicó antes y después de 90 días de la intervención. Conformación de un comité multidisciplinario de la

UNSAAC, se formó un comité multidisciplinario de la UNSAAC, con 07 personas: Un médico, una enfermera, y una técnica en enfermería del Centro Universitario de Salud (CUS), Una Licenciada en administración de la Dirección General de Administración de la UNSAAC (DIGA). Dos alumnos de la Facultad de Medicina del 4to y 9no semestres. Una licenciada en Ciencias de la Comunicación. Luego de capacitarlos en el uso de la guía de observación (RM N° 363-2005 /MINSa, se les acompañó a cada restaurante y quiosco de la Ciudad Universitaria de Perayoc, para que utilizaran la guía de observación y evaluaran.

De la calificación, Se asignó el puntaje de 2 ó 4 si cumplía el requisito. Si no cumplía se asignó "0" (6). Se evaluaron: la ubicación y exclusividad, el almacén, la cocina, el comedor, los servicios higiénicos para el personal, los servicios higiénicos para los comensales, el agua, el desagüe, los residuos, la presencia de plagas, los equipos, la limpieza, la preparación, la conservación de comidas, el o los manipulador(es) y las medidas de seguridad. El total de puntaje fue de 178 puntos que equivalen al 100% (6, 7). Con 75% a 100% = aceptable, 51% a 74% = en proceso, Menor de 50% = No aceptable, realizado en base a MINSa (RM N° 363 – 2005/ MINSa) (6, 7).

3.3. Identificar la presencia/ ausencia de *Salmonella spp* en los alimentos expendidos con el plan de control de contaminación alimentaria, un plan de muestreo y un plan de trabajo en laboratorio con procedimientos para el cultivo de alimentos asociados a *Salmonella spp*. Instrumento: se utilizó una ficha de registro del control de *salmonella spp* en alimentos, la determinación fue por presencia o ausencia. Técnica: se utilizó muestreo por destrucción (8, 9). Se realizó el procedimiento para la Recepción de Muestras de Alimentos y Bebidas de Consumo Humano (8). Los cultivos se realizaron en el laboratorio MH 317 – segundo gabinete, se recolectaron 112 muestras de alimentos expendidos en los restaurantes y quioscos en estudio, se solicitaron alimentos asociados a esta enterobacteria, como son: Alimentos cocidos: pollo, cuy, pescado y huevo. Alimentos crudos: queso, lechuga, mayonesa, ají molido. Los alimentos se colocaron en envases de plástico de primer uso esterilizados por rayos UV, éstos tenían etiquetas para colocar los datos correspondientes, como son la identificación del alimento, número correlativo, fecha y hora de la toma de muestra (8, 10), se trasladaron en cajas de polietileno con gelpack Tippic. El tiempo transcurrido fue de 1 hora y 30 minutos, siendo que el tiempo de procesamiento fue dentro de las dos horas (11). Se muestrearon en un solo acto aproximadamente 50 g, evitando la contaminación por cualquier factor ambiental o humano (10). Se trabajó con muestras representativas tomándose 25 gr de diferentes partes del producto (8, 9). Para lo cual se utilizó una balanza analítica BL 2105 (máximo 250 g), delta = 0.1 mg, marca Sartorius ISO 9001. El límite por gramo según los criterios microbiológicos para alimentos preparados es AUSENCIA/25 g (12, 13). El muestreo se realizó de acuerdo a las normas técnicas de INDECOPI y sistema HACCP en el Perú Norma Sanitaria Para La Aplicación Del Sistema HACCP En La Fabricación De Alimentos Y Bebidas RM 449- 2006/MINSa - 2006 (14).

Medios de cultivo: Agua peptona (Merck (15). Caldo de enriquecimiento para *Salmonella* según Rappaport Vassiliadis (Merck (15). Agar selectivo para aislamiento y diferenciación de *Salmonella spp*: agar Bismuto sulfito según Wilson- Blair (Merck (15). TSA para la confirmación bioquímica (Merck (15). Para su confirmación bioquímica se trasladaron al laboratorio Biológico "FARMILAB".

3.4. Identificar los portadores asintomáticos de *Salmonella spp* a través de sus coprocultivos. Con un plan de control de portadores asintomáticos (sanos), un plan de muestreo y un plan de trabajo en laboratorio con Procedimientos de laboratorio. Una semana después se realizaron los coprocultivos en el laboratorio MH 317, se recolectaron muestras de heces de todos los manipuladores de alimentos en estudio, previa indicación del correcto muestreo y entrega de frascos de polietileno estériles, tenían etiquetas para el llenado de datos, para el traslado se utilizó otras cajas de polietileno y gel pack Tippic, la muestra era la primera de la mañana y se repitieron dos veces más, en total tres días alternos, que fueron procesadas en el término de dos horas del mismo día, se procesaron los coprocultivos cuidando la contención primaria y secundaria (bioseguridad) y se registraron los resultados siguiendo el plan de trabajo en laboratorio. Métodos utilizados basados en (8). Muestreo (9, 10, 16, 17, 18, 19). Los procedimientos estuvieron basados en Merck (15).

4. MEDICIÓN DE LA EFICACIA DEL PLAN ESTRATÉGICO

De la etapa de intervención, se realizó desde la implementación del programa de capacitación en BPM, se actuó según el plan de sesión de aprendizaje. Se les entregó materiales entre ellos un manual, un balotario, una separata – Marco legal, una ayuda memoria COME SANO, una gigantografía y un CD de las exposiciones.

Para la evaluación ex post, se utilizó el mismo plan de evaluación y seguimiento de las BPM - línea de base.

Para evaluar la eficacia del plan estratégico de control de *Salmonella spp* y del programa de monitoreo-control de las estrategias, se utilizó Los indicadores de eficacia de Mejía C. (20) Cuadro 3, respecto a la puntuación de los rangos de eficacia, de la siguiente manera: Mejía C., asevera que “la eficacia es el grado en que se logran los objetivos y metas de un plan” (20), en este sentido, se colocó en la primera columna los objetivos específicos del presente trabajo de investigación. En la segunda columna se comparó con los objetivos alcanzados después del desarrollo del plan estratégico de control *Salmonella spp*, que eran los porcentajes hallados estadísticamente con la base datos de los resultados. En la tercera columna: rangos de eficacia, se consideró el máximo porcentaje de eficacia > 91% según Mejía C (20). La cuarta columna corresponde a los puntos de eficacia de Mejía C (20).

5. RESULTADOS

Cuadro 1. Análisis FODA y diagnostico situacional

FORTALEZAS	DEBILIDADES
F1: Buen ambiente laboral F2: Población de la UNSAAC mayor a 16,000 personas que en algún momento pueden acceder a los servicios de los restaurantes y quioscos de la UNSAAC-clientes F3: Local de funcionamiento ya diseñado y adecuado F4: Capacitación gratuita F5: Atención medica en el CUS –UNSAAC F6 Seguridad controlada por personal encargado F7: Concesionar más restaurantes o quioscos	D1: Problemas con la calidad de los alimentos que no son inocuos D2: Portadores sanos de Salmonella spp D2: Desconocimiento de la BPM y codex alimentarius D4: Su higiene personal no es correcta D5: Desconocimiento de la normas legales sobre BPM D6: Deficiente cumplimiento del lavado de manos
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
O1: Competencia débil O2: Mercado mal atendido	A1: Perdida de clientes por alimentos no inocuos ni saludables A2: Enfermedades por contaminación alimentaria A3: Procesos judiciales de las personas que se enfermen por Salmonella spp A4: Otros postores anuales que mejoren las propuestas económicas en la Dirección General de Administración–UNSAAC A5: Perder la concesión del restaurante o quiosco

Fuente propia.

Tabla 1. Distribución de los participantes que laboran en los restaurantes y quioscos de la C.U. de Perayoc–UNSAAC según grupo de edad y sexo

N° = 32		% = 100,00	
A.- G. DE EDAD*:			
Joven: 18 a 30 años	08	25,00	
Adulto: 31 a 60 años	19	59,40	
Adulto mayor: ≥61 a.	05	15,60	
B.- SEXO:			
Masculino	10	31,30	
Femenino	22	68,70	
*M. aritmética	: 43,19 años/		
D. estándar	: 16.91 años		

Tabla 2. Medición de la eficacia del plan de evaluación expost y del programa de monitoreo – control de las estrategias

Objetivos específicos del trabajo de investigación	Los objetivos alcanzados Después de la capacitación	Rangos de eficacia	Puntos de eficacia (42)	Signif estadística (p) del estudio
1. Comparar los conocimientos	Tabla 3: 15, 62% de aprobados antes de la intervención y 84,40% después.	>91%	81 a 90% = eficacia 4	X ² de McNemar = 20,17 P = 0,009
1. Cumplimiento de las condiciones higiénico sanitarias	Tabla 5: antes de la intervención el 23,53% en proceso, después subió al 94,12%	>91%	>91% = Eficacia 5	Wilcoxon = 185,00 P = 0,000
1. Presencia de Salmonella spp en los alimentos	Tabla 6: antes de la intervención el 21.43% tenía Salmonella spp y después el 0.89%. Después de la intervención estuvo ausente en el 99,10 %.	>91%	>91% = Eficacia 5	X ² de McNemar = 85,04 P = 0,000
1. Portadores asintomáticos o crónicos de Salmonella spp	Tabla 9: antes de la intervención el 93,75% era portador asintomático y después el 3.13%.	>91%	>91% = Eficacia 5	X ² de McNemar = 29,00 P = 0,00
TOTAL SE LOGRO UNA EFICACIA DE 4,75				

6. DISCUSIÓN

La tabla 1, nos muestra en primer lugar que la edad media de los participantes fue de 43,19 años por lo que agrupados fueron más frecuentes el grupo de adultos (de 31 a 60 años de edad); así mismo se observa que 2 de cada tres de los participantes eran de sexo femenino, que coincide con Ashurst John V et al (1).

Al evaluar los conocimientos (tabla 2), se aprecia en el puntaje medio después de la intervención fue más del doble que al inicio, y ello es corroborado por la respectiva prueba estadística resultando altamente significativa; esto implica que hubo un cambio positivo de puntaje, entonces lo primero es cambiar la forma de pensar, luego cambian los hábitos y las costumbres, por esta razón la educación es el pilar del desarrollo humano. Hernández CdLS (21) menciona la escala Shekelle

Modificada WHO en el año 2003, evidencia que: “la educación para la salud es el medio principal para concientizar a la población sobre las medidas preventivas”, del mismo modo, MINCETUR (22), indica que es importante “motivar a los participantes para lograr cambios de conducta efectivos durante la manipulación de los alimentos”. Para el programa y plan de capacitación se utilizaron como métodos de enseñanza el descubrimiento en laboratorio, el método demostrativo, el método activo y durante los talleres ellos mismos participaban exponiendo sus resúmenes. Al agrupar los puntajes obtenidos, encontramos que los aprobados se incrementaron de 15.63% antes de la intervención hasta el 84,40%, cerca de 5 veces más, después de la intervención; indicando claramente que el plan desarrollo del plan estratégico fue exitoso, los participantes estudiaron y atendieron durante la capacitación porque eran temas de su quehacer diario, estos resultados corroboran los hallados en la tabla anterior. Los manipuladores de alimentos participantes en el estudio, estaban sensibilizados y muy comprometidos en cambiar su hábitos y costumbres, por ello colaboraron en su propio aprendizaje es más se utilizó la técnica de enseñanza- aprendizaje significativo. Hernández CdLS., et al (21), evidencian que “Involucrar a la comunidad es la piedra angular para el cambio en el comportamiento concerniente a la higiene”, información que contribuye a lo hallado en estos resultados. El efecto que produce cualquier aprendizaje sobretodo en el cual hay una participación activa de los interesados, está documentado así en el informe de la CDC (23). También, Prado JV et al (24). Sostienen que “campañas educativas sobre la manipulación adecuada de los alimentos deben ser aplicadas”.

Al realizar la evaluación de las condiciones higiénico-sanitarias y de infraestructura, se encontró que antes de la intervención el 76,47% era No aceptable, sin embargo después de la intervención ya hay casos de aceptables (5,88%) y el 94,12% ya se encontraba en proceso de mejoras higiénico sanitarias, no encontrándose casos de No aceptables; siendo a la prueba estadística altamente significativa estas diferencia. Esto tendría relación con el hecho que los participantes que trabajan en dichos establecimientos elevaron sus conocimientos sobre el la higiene sanitaria y de infraestructura, pero que aún les falta lograr el cambio de hábito completo, ya que no limpiaban el pasto que crecía alrededor de sus establecimientos lo cual podría albergar roedores indeseables, aun no separaban sus basuras orgánicas de las inorgánicas, no tenían limpios sus equipos antes y después del uso. Lo interesante es que en esta evaluación, ya se tiene a un participante del presente estudio, que si logró la calidad aceptable higiénico-sanitaria y de infraestructura. De esta manera se estaría cumpliendo el Artículo 67° BPM (25). El Boletín Epidemiológico Distrital de Bogotá (26), indica que en ese país la Secretaría de Salud es la que evalúa las instalaciones físicas y sanitarias, el personal operario, las condiciones de saneamiento, las condiciones y proceso de fabricación y el almacenamiento. En nuestro país aún no se cumplen las normas, menos las leyes, el problema radica en que las leyes peruanas no son rigurosas.

En el control microbiológico de los alimentos seleccionados, se encontró que antes de la intervención hubo presencia de *Salmonella spp* en el 21.43% de los alimentos tanto cocidos como crudos y luego de la intervención disminuye al 0.89%, siendo esta diferencia altamente significativa. Antes de la intervención, se observó que los manipuladores de alimentos en estudio, incurrían en errores como la contaminación cruzada (6), por ejemplo al utilizar el mismo cuchillo para cortar el pollo crudo y después preparar una ensalada con vegetales crudos, además tampoco se lavaban las manos; pero después de la intervención, comprendieron que este hábito no era correcto, además comprendieron la importancia del lavado de manos, en general las BPM, porque el 99,11% de sus alimentos presentaba Ausencia de *Salmonella spp* en 25 g. Al evaluar los alimentos antes de la intervención, sea cocidos o crudos se aprecia que en casi el doble de porcentaje estuvo presente *Salmonella spp* en los alimentos crudos (queso, lechuga, mayonesa, ají molido), sobre todo en el ají molido, en comparación con los cocidos (pollo, cuy, pescado, huevo); siendo esta diferencia también altamente significativa. Prado JV et al (24), señala que entre los alimentos con mayor riesgo de causar enfermedades transmitidas por los alimentos estaban los platos calientes, preparados y caseros, queso de cabra y carnes, estudio que no coincide con los resultados informados, porque antes de la capacitación se encontró presencia de *Salmonella spp* en alimentos crudos (queso, lechuga, mayonesa, ají molido) en un 30,95% frente al 15,71% de su presencia en alimentos cocidos (pollo, cuy, pescado y huevo), lo cual se debe a que para la

preparación de mayonesa se utiliza huevo crudo, para el ají molido se utilizan verduras crudas y el problema también surge porque los envases donde se colocan la mayonesa y el ají crudo, están en las mesas durante todo el día. En la evaluación después de la intervención, al evaluar el mismo tipo de alimento seleccionado y evaluado antes de la intervención; encontramos que en los alimentos cocidos en ninguno de ellos hubo *Salmonella spp*, si bien en los alimentos crudos aún se encontraron *Salmonella spp* (en la mayonesa), sin embargo la frecuencia disminuyó del 30,95%, al 2.38%, una reducción muy significativa. Las BPM, se refieren a tener instrucciones escritas, al seguimiento de esas instrucciones y a llevar informes y registros de lo que realiza (13, 14, 27), por lo cual la intervención mediante el programa de capacitación en BPM, permitió a los participantes de esta investigación, cumplir y lograr demostrativamente el cambio favorable y el cumplimiento de dicha legislación. Hernández Ch et al (28) concluyeron que los alimentos que se muestran en forma callejera presentan más contaminación por *Salmonella*. Al igual que Bayona M (29) asevera que su trabajo “permitió obtener información sobre la presencia de carga microbiana patógena (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*), en alimentos vendidos en la vía pública de un sector del norte de Bogotá (Colombia. Se realizaron ensayos microbiológicos de ausencia-presencia, obteniendo un 11,8% y 25% de *Salmonella spp* y *E. coli*, respectivamente, siendo evidente el riesgo microbiológico de los alimentos vendidos de esta manera”. Campos D et al (30), concluyeron que la calidad microbiológica de las comidas servidas en los comedores escolares era aceptable, en ninguna de las muestras analizadas se aislaron los patógenos *Salmonella spp*, pero será necesaria la revisión de la vigilancia en los puntos de control crítico. Lo cual significa que ellos cumplen sus leyes y normativas referentes a la inocuidad de los alimentos y las BPM. Carbó M et al (31) describe “un brote de toxiinfección alimentaria por *Salmonella enteritidis* ocurrido en dos salones de banquetes con ocho grupos de comensales afectados. La investigación destacó como factores contribuyentes, la utilización de huevo crudo, la producción en grandes cantidades y con antelación al consumo del alimento”.

En cuanto a los resultados de los coprocultivos, antes del desarrollo del plan estratégico, el 93,75% de los mismos era portador asintomático y después el 3,13% o sea hubo una disminución de cerca del 90%. Moraga M.R. (32) y Doran

G. (33), indican que “después de que una persona con *Salmonella*, se ha recuperado y se siente bien todavía puede continuar diseminando la salmonella en las heces. Para algunas categorías de trabajadores no es posible volver a trabajar hasta que la persona ya no sea portadora sana”. Los resultados indican que los participantes en este estudio, ya no tienen *Salmonella spp*, es necesario indicar que el muestreo “antes” y “después” de 8 meses y además los participantes en este estudio fueron evaluados en el CUS y siguieron el tratamiento para portador crónico de *Salmonella spp*.

En la medición de la eficacia del plan de evaluación expost y del programa de monitoreo – control de las estrategias, se midieron los objetivos específicos propuestos en el estudio frente a los objetivos alcanzados después de la intervención, y observamos los resultados en porcentaje, alcanzados después de la aplicación del plan estratégico en estudio, para tener un nivel de comparación estándar se ha considerado en la columna de los objetivos esperados - Rangos de eficacia a Mejía C. (20), utilizando el indicador de eficacia el más alto como es el >91% que equivale a una eficacia de 5 y es más se ha considerado en la columna contigua el nivel de significancia estadística (P) hallado en la presente investigación. Por lo tanto, según observamos la eficacia del plan estratégico de control de control de *Salmonella spp* con su plan de evaluación y seguimiento de BPM aplicado y que contiene la línea de base – evaluación Antes y la intervención que es el programa de capacitación en BPM, así como el plan de evaluación ex post o de seguimiento de las BPM, estaría entre el rango del 81% al 90%, con un 4,75% de eficacia, que es un nivel casi alto, siendo la eficacia 5 la más alta, resultados estos que se corroboran con las pruebas estadísticas de todos los resultados, en los que el nivel de significancia $P = 0,000$. La eficacia de 4.75 del plan estratégico de control de *Salmonella spp*, puede estar explicada porque los manipuladores de alimentos fueron motivados para que participaran críticamente en su capacitación, con técnicas didácticas participativas, y en temas que les interesaba.

7. CONCLUSIONES

1. Los participantes obtuvieron nivel bueno y muy bueno de conocimientos sobre Buenas Prácticas de Manipulación de alimentos; incrementándose al 21.88% y 15.62% respectivamente.
2. En la evaluación del cumplimiento de las condiciones higiénico-sanitarias y de infraestructura del 76.47% que eran no aceptables bajó al 0% esta condición, con un 94.12% en proceso.
3. Del 21.43% de alimentos que resultaron con presencia de *Salmonella spp* sobre todo en alimentos crudos, se redujo al 0.89%.
4. Del 93.75% portador asintomático esta frecuencia se redujo al 3.13%.
5. La eficacia del plan estratégico ensayado fue de 4,75.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ashurst John V., Truong Justina, Woodbury Blair. Salmonella Typhi. 12 de agosto de 2021. Arizona College of OM. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519002/>
2. Supplement to: GBD 2017 Typhoid and Paratyphoid Collaborators. The global burden of typhoid and paratyphoid fevers: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. Lancet Infect Dis 2019; published online Feb 18. [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30685-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30685-6). Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099\(18\)30685-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(18)30685-6/fulltext)
3. John S Gunn, Joanna Marie Marshall, Stephen Baker, Sabina Dongol. Portador crónico de Salmonella: epidemiología, diagnóstico y persistencia de la vesícula biliar. Julio de 2014. Unidad de Investigación Clínica de la Universidad de Oxford, Nepal DOI: 10.1016 / j.tim.2014.06.007. PubMed. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264291339_Salmonella_chronic_carriage_Epidemiology_diagnosis_and_gallbladder_persistence
4. Spelucin RJ. Situación De La Salud. Materno Infantil En El Cusco. [Monografía en línea]*. Cusco Perú. 2006. [Consultado en julio 2011]. [En línea] http://www.transparencia.org.pe/documentos/ponenciajuan_spelucin.pdf
5. Resolución Ministerial N° 449-2006/MINSA. Normas Legales. [En línea]. Perú: El Peruano. Norma sanitaria para la aplicación del sistema HAACP en la fabricación de alimentos y bebidas. 13 de mayo del 2006. Y jueves 3 de enero del 2013 (pág. 485312). 2006. [Consultado en junio del 2011]. Disponible en: http://www.digesa.sld.pe/NormasLegales/Normas/RM_449_2006.pdf
6. OPS.org. CODEX ALIMENTARIUS. Boletín De Difusión- Análisis De Peligros Y Puntos Críticos De Control (HACCP)[sede Web]*. 34º Período de sesiones Ginebra, Suiza:OPS.org; Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias Comisión Del Codex Alimentarius del 4 al 9 de julio de 2011. [Consultado en enero del 2012]. Disponible en http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/publicaciones/calidad/HACCP/HACCP_conceptos_2002.pdf
7. Del Mar GP. Manual De Buenas Prácticas De Fabricación En Una Industria Elaboradora De Pan, Pan Especial Y Productos De Pastelería Biológicos [monografía en línea]*. Girona: Ing Técnica agrícola. Abril De 2004. [Consultado en agosto 2012]. Disponible en: www.tecnoalbura.net y <http://www.mific.gob.ni/LinkClick.aspx?fileticket=vn9WQACJxhA%3D&tabid=602&language=es-NI>
8. Directiva Sanitaria N° 032 - MINSA/DIGESA - V.01 RM N° 156-2010/MINSA. MINISTERIO DE SALUD (MINSA). Procedimiento para la Recepción de Muestras de Alimentos y Bebidas de Consumo Humano en el Laboratorio de Control Ambiental de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima-Perú. 2011
9. Norma Técnica Nacional N° 201.008. carne y Productos cárnicos. Muestreo. Perú. 1982-2004.

10. Mendoza Muñoz Y. Guía de prácticas de Microbiología médica. 2011- UNSAAC. Biblioteca de la Facultad de Medicina Humana. Revisada y autorizada por el Instituto de Investigaciones Médicas de la FMH.
11. Caffer MI., Terragno R. Manual de procedimientos para la caracterización de Salmonella. [Monografía en línea]*. Buenos Aires Argentina: Ministerio de salud. Subsecretaria de Investigación y Tecnología ANLIS "Dr. Carlos G. Malbrán". Instituto nacional de Enfermedades Infecciosas. Departamento de bacteriología. Servicio Enterobacteraias. 2001. [Consultado en marzo 2011]. Disponible en: http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/gss/publications/documents/Argentina_Levell/Manual_procedimientos_Salmonella.pdf
12. Ispch.cl. Instituto de Salud Pública. Salmonella [sede Web]. Gobierno de Chile: Ministerios de salud. Servicios de laboratorios. **Av. Marathon 1000 Ñuñoa, Santiago**. S/F. [Consultado en agosto del 2012]. Disponible en: http://www.ispch.cl/lab_amb/serv_lab/salmonella.html#dos
13. Normas Legales NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01. Resolución Ministerial N° 591- 2008/ MINSA. El Peruano pag. 378827. Lima, 27 de agosto 2008. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. [Consultado en agosto del 2012]. Disponible em: <http://www.osce.gob.pe/>
14. R.M N° 482-2005/MINSA. Prepublicado [En línea]. Perú: Proyecto Norma sanitaria sobre el procedimiento para la aplicación del sistema HACCP en la fabricación de alimentos y bebidas". 29 de junio de 2005) y Norma sanitaria para la aplicación del Sistema HACCP En La Fabricación De Alimentos Y Bebidas. Anexo- Resolución Ministerial N° 449 -2005/MINSA. Publicada el 17 de mayo del 2006. [Consultado en enero 2012]. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/proy_haccp.htm
15. MERCK. Manual de medios de cultivo. DIN ISO 9100. REG.NR. 1751-01. 1994. Alemania.
16. R.M.6 15-2003/MINSA. Norma Técnica N°-MINSA/DIGESA-V-01. DIGESA. Dirección Regional de Salud. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú. 2001. Disponible en http://www.digesa.sld.pe/norma_consulta/RM%20615-2003MINSA.pdf
17. CLEIBA Instituto Latinoamericano de Estudios de Investigación sobre Bacteriología de Alimentos. Lima. Perú. 2003
18. UNMSM. CLEIBA. [En línea]. Lima. Perú. 2003. [Consultado en agosto del 2012]. Disponible en: <http://www.unmsm.edu.pe/farmacia/institu.htm#cleiba>]
19. Ministerio De Salud. Norma Sanitaria Sobre Criterios Microbiológicos De Calidad Sanitaria E Inocuidad Para Los Alimentos Y Bebidas De Consumo Humano. [En línea]. Lima. Perú. S/F. [Consultado en febrero del 2012]. Disponible en: <Http://Www.Promamazonia.Org.Pe/Sbiocomercio/Upload%5clineas%5cdocumentos/362.Pdf>
20. Mejía CCA. Indicadores de efectividad y eficacia. [Monografía en línea]*. Colombia: Documentos Planning S.A. Publicación periódica coleccionable. S/F. Disponible en: www.planing.com.co
21. Hernández CdLS., Rábago RMdR., Sánchez HG., Valenzuela FAA. Guía de práctica clínica. Diagnóstico y tratamiento para la Fiebre Tifoidea. Evidencias y Recomendaciones. [Internet]. Gobierno Federal de Estados Unidos Mexicanos. México DF. Editor general Centro Nacional de Excelencia Técnica en salud. Número de Registro: IMSS-259-10. [Consultado en agosto del 2012]. Disponible en: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/gpc/CatalogosMaetro/259_GPC_Fiebre_Tifoidea_ER_CENETEC.pdf
22. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). Manual de Buenas Prácticas de Manipulación de Alimentos para Restaurantes y Servicios afines [sede Web]. . Lima-Perú: Plan Nacional De Calidad Turística Del Perú—CALTUR. 2008. Gestión de servicios. [consultado en enero 2012]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/21658943/Manual-de-Buenas-Practicas-de-Manipulacion-de-Alimentos-Para-Restaurantes-y-Servic>

23. CDC Info. Centro Para el control y la Prevención de Enfermedades. GobiernoUSA.gov. El compromiso de los padres: estrategias para que los padres participen activamente en la salud escolar. [En línea]. 1600 Clifton Rd. Atlanta, GA 30333, USA. 2011. [Consultado en diciembre 2012]. Disponible en: http://www.cdc.gov.healthyyouth/AdolescentHealth/pdf/parent_engagement_strategies.pdf
24. Prado JV., Solari GV., Alvarez AIM, Arellano CC., Vidal AR., Carreño CM. Et Al Situación epidemiológica de las enfermedades transmitidas por alimentos en Santiago de Chile. Rev. méd. Chile. [En línea]. Período 1999-2000. 2002 Mayo [consultado en mayo 2011]. 130(5); 495-501. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872002000500003](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872002000500003&lng=es) doi: 10.4067/S0034-98872002000500003
25. Decreto Supremo N° 034-2009 AG. Ley de inocuidad de los alimentos. [En línea]. Perú: MINSA-DIGESA. Director General De Salud Ambiental o por delegación a la Dirección Regional De Salud, al Director Regional De Salud. Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos Perú. [Consultado en diciembre 2011]. Disponible en: http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/20/Documentos/Notificaciones/PRT_Vigilancia_Contr ol_Sanitario_Alimentos.pdf
26. Boletín epidemiológico distrital de la alcaldía mayor de Bogotá. Secretaria de salud. Volumen 9 N° 4. [En línea]. Venezuela. S/F. [Consultado en diciembre 2012]. Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/Cartillas/Cartilla8.pdf>
27. Decreto Supremo N° 007-98-SA. [en línea] Perú: Presidencia de la República. Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebida. Aprobado: 24 de setiembre de 1998 Publicado: 25 de setiembre de 1998. [Consultado en diciembre 2011]. Disponible en: http://www.digesa.sld.pe/Codex/D.S.007_98_SA.pdf
28. Hernández GICH., Medina S Ce., Hernández RJ. Prevalence of Salmonella sp. in foods in Tamaulipas, Mexico, during 2005. Rev Invest Clin.Laboratorio Estatal de Salud Pública de Tamaulipas, Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [en línea]. 2007. [consultado en mayo del 2011]; Nov-Dec;59(6):437-43. PMID: 18402335 [PubMed – indexed for MEDLINE. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18402335>]
29. Bayona MA. Microbiological Evaluation Of Food Acquired In Streets Of A Northern Area Of Bogotá. Rev. Udca actual. divulg. cient. [en línea]. 2009.[consultado en mayo del 2011]; Bogotá: July/Dec. (vol.12) no.2 p.9-17. Disponible en: http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262009000200002&lng=en&nrm=iso. ISSN 0123-4226.
30. Campos DJ., Rodríguez AC., Sierra LA., Arias RÁ. Estudio microbiológico de las comidas servidas en los comedores escolares de la isla de Tenerife. Área de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de La Laguna. Santa Cruz de Tenerife. [En línea]. S/F. [Consultado El 20 de enero 2012]. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272003000600008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
31. Carbó MR., Miralles E. MT., Sanz BR., Mañas GF., Guiral RS., Pérez PE. Brote de toxiinfección alimentaria por salmonella entérica en un establecimiento de restauración colectiva. Rev. Esp. Salud Pública [En línea]. 2005. [consultado en mayo del 2011]; 79(1); 47-57. Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000100006&lng=en doi: 10.1590/S1135-57272005000100006.

Reconocimientos

Agradezco al Convenio CIUF-UNSAAC de la Comunidad Belga, por la beca recibida tanto para los estudios del Doctorado en Ciencias de la Salud Publica como para la realización de la tesis.



EJE TEMÁTICO

Ciencias Sociales y Derecho

Atención sanitaria de indígenas amazónicos en los hospitales de la ciudad del Cusco-Perú, 2020-2021

Donaldo Humberto Pinedo Macedo
Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Maestría en Antropología Social 2020.
Cusco, Perú
201426@unsaac.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-0269-7097>

Resumen

El presente artículo analiza la relación entre las poblaciones indígenas del suroriente peruano y el sistema de salud de los hospitales públicos de la ciudad del Cusco. Los objetivos específicos son: determinar las condiciones socioculturales de los pacientes indígenas amazónicos que son atendidos en los hospitales de la ciudad del Cusco, y analizar la respuesta del sistema de salud público frente a la presencia de estas personas. La metodología de investigación presenta un diseño cualitativo no experimental, el uso del método etnográfico, la aplicación de entrevistas no estructuradas, la observación participante y la revisión de documentos. El estudio se basa en el seguimiento de 18 casos concernientes a personas de origen indígena amazónico que proceden de diferentes distritos del suroriente peruano. El periodo de estudio fue entre febrero de 2020 y agosto de 2021. Los principales hallazgos son los siguientes: la mayoría de los pacientes atendidos en los hospitales del Cusco son del pueblo indígena matsigenka, hablan su idioma materno y presentan una relación reciente con la sociedad nacional. Bajo esta caracterización, el sistema de salud público responde de la siguiente manera: considera que el uso del idioma originario es importante para la atención sanitaria, pero no imprescindible, ya que la lógica médico-científica prescinde de las explicaciones culturales. Así también, el sistema de salud, conformado por el personal de salud y administrativo, actúa como un solo ente para gestionar la atención sanitaria, facilitando o demorando los trámites burocráticos de acuerdo a criterios formales y condicionados. Por otra parte, el trato que ofrece el personal de salud a los pacientes está pautado por una relación jerárquica y vertical, pero esto puede cambiar bajo algunas condiciones. Finalmente, el sistema de salud construye redes de solidaridad interna y externa que coadyuvan a la atención sanitaria de los pacientes de origen indígena amazónico.

Abstrac

This article analyzes the relationship between the indigenous populations of southeastern Peru and the health system of public hospitals in the city of Cusco. The specific objectives are: to determine the sociocultural conditions of the Amazonian indigenous patients who are treated in the hospitals of the city of Cusco, and to analyze the response of the public health system to the presence of these people. The research methodology presents a non-experimental qualitative design, the use of the ethnographic method, the application of unstructured interviews, participant observation and document review. The study is based on the follow-up of 18 cases concerning people of indigenous Amazonian origin who come from different districts of southeastern Peru. The study period was between February 2020 and August 2021 (19 months). The main findings are the following: most of the patients treated in the Cusco hospitals are from the Matsigenka indigenous people, they only speak their mother tongue and have an initial relationship with the national society. Under this characterization, the public health system responds as follows: it considers that the use of the native language is important for health care, but not essential, since the medical-scientific logic dispenses with cultural explanations. Likewise, the health system, made up of health and administrative personnel, acts as a single entity to manage health care, facilitating or delaying bureaucratic procedures according to formal and conditional criteria. On the other hand, the treatment that health personnel offer to patients is guided by a hierarchical and vertical relationship, but this may change under some conditions. Finally, the health system builds internal and external solidarity networks that contribute to the health care of patients of Amazonian indigenous origin.

Palabra clave: Atención Sanitaria, Indígenas Amazónicos, Hospitales, Matsigenka, Cusco

Key words: Health Care, Amazonian Indians, Hospitals, Matsigenka, Cusco

1. INTRODUCCIÓN

La relación entre la población indígena amazónica y el sistema de salud público de las ciudades está revestida de cierta complejidad, especialmente si hay una gran distancia entre ambos. No me refiero a una distancia física o geográfica, que es evidente, sino a una epistémica. Por ejemplo, mientras que algunas mujeres indígenas aún ponen en práctica lógicas tradicionales en el proceso del parto (Araujo Salas, 2017; Belaunde, 2020; Izquierdo & Shepard Jr., 2004), el sistema de salud moderno se ha construido no solo para manifestar su lógica técnico-científica e instrumental, sino también para imposibilitar otras prácticas y conocimientos explícitamente subestimados. Si la situación ya es compleja para los indígenas amazónicos que hablan su idioma y el castellano, el asunto empeora cuando se trata de indígenas amazónicos que solo hablan su idioma originario y que, además, mantienen una relación oscilante con la sociedad nacional.

La etnografía contemporánea está aportando sustancialmente a la comprensión de esta complejidad. Por ejemplo, los recientes estudios de Aizenberg & Baeza (2019), Mendoza (2021) y Molina-Berrio y otros (2021), describen los estereotipos que el personal de salud de los hospitales ciudadanos construye sobre los pacientes de origen indígena. El estudio de Juárez-Ramírez y otros (2020) identifica las barreras que deben sortear los pacientes indígenas para realizar los trámites administrativos y acceder a los servicios de salud pública. Por otra parte, el estudio de Meneses-Navarro y otros (2021) sistematiza una experiencia que mejoró la calidad de la atención de salud de las mujeres indígenas en un hospital público.

Los estudios a los que hice referencia enfocan su atención en describir y develar la relación subordinada que se construye entre el personal de salud y los pacientes indígenas, donde una serie de estereotipos, preconcepciones y prejuicios racistas, clasistas y xenófobos toman forma en el trato. Hay otros estudios más generales, como los de Fassin (2003, 2004), que analizan la influencia del poder político en el sistema sanitario.

Aunque las etnografías antes mencionadas y las propuestas de Fassin han servido para enriquecer la discusión del presente artículo, mis objetivos de investigación fueron diferentes. No quería concentrarme solo en el trato, que me parecía algo muy específico, ni en la influencia que ejerce el poder político en la constitución del sistema de salud, que me pareció un tema estructural, sino más bien quería abordar una problemática algo más práctica, una que incluya la condición social de los pacientes y la respuesta institucional que ofrece el personal de salud y administrativo. Básicamente, quería saber ¿Cuáles son las características socioculturales de los indígenas amazónicos que vienen a los hospitales de la ciudad del Cusco? Y ¿Cómo responde el sistema de salud público frente a la presencia de estas personas?

Así, entre febrero de 2020 y agosto de 2021, periodo marcado por la emergencia sanitaria del coronavirus, he realizado el seguimiento de 18 casos vinculados a personas indígenas amazónicas que llegaron a los distintos hospitales de la ciudad del Cusco. De esta forma, el objetivo del presente artículo fue determinar la condición sociocultural de dichas personas y analizar la respuesta del sistema de salud público.

El primer hallazgo evidencia que la mayoría de pacientes indígenas amazónicos referidos a los hospitales del Cusco, tienen las siguientes características: provienen de la cuenca del Bajo Urubamba (distrito de Megantoni, provincia de La Convención), pertenecen al pueblo indígena matsigenka, son monolingües (solo hablan su idioma materno) y su situación de contacto con la sociedad nacional es reciente.

El segundo hallazgo evidencia que el sistema de salud responde o funciona de la siguiente manera: el manejo del idioma nativo por parte del personal de salud es importante pero no indispensable,

el personal de salud y el administrativo actúan bajo una estructura solidificada para atender a los pacientes, el trato que ofrece el personal de salud depende de la condición social de los pacientes y, el personal de salud y otros agentes externos forman redes de solidaridad que apoyan a los pacientes.

Las conclusiones a las que he llegado fueron: En primer lugar, la mayoría de personas indígenas amazónicas que son trasladadas desde sus comunidades de origen hasta los hospitales de la ciudad del Cusco, no hablan castellano y mantienen una relación reciente con la sociedad nacional. En otras palabras, se trata de personas que, junto a sus familiares y acompañantes, también monolingües, no tienen la menor idea de cómo funciona el sistema de salud público.

Aquí entramos a la segunda conclusión: El sistema de salud público, conformado por el personal de salud y administrativo, impone sus prerrogativas de funcionamiento, lo cual implica considerar el idioma nativo como una necesidad básica y funcional, mas no imprescindible. Así también, el sistema de salud funciona como un ente corporativo cerrado y solidificado, en donde el personal de salud y el administrativo actúan en consonancia, sea para facilitar o demorar la atención sanitaria. En este contexto, a los pacientes no les queda otra que delegar sus decisiones y el control de su cuerpo al sistema de salud público. Por otro lado, aunque el trato del personal de salud hacia los pacientes está marcado por una relación jerárquica -yo digo neogamonal-, el personal de salud, luego de evidenciar la condición social de los pacientes o de sentir empatía, revierte su actitud hacia un trato positivo y servicial. Finalmente, y relacionado al punto anterior, el personal de salud y otras instituciones externas al hospital, forjan redes de solidaridad para apoyar a los pacientes y a sus familiares o acompañantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los aspectos metodológicos que han guiado el presente artículo son los siguientes: el diseño de investigación es el cualitativo no experimental. El método es el etnográfico. Para el acopio de la información se utilizaron entrevistas no estructuradas, observación participante y revisión de documentos (Aguirre Baztán, 1995; Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018; Restrepo, 2018). Las entrevistas fueron aplicadas a los indígenas bilingües y al personal de salud y administrativo de los hospitales. La observación se aplicó, además de los grupos anteriores, a los indígenas amazónicos monolingües. La revisión de documentos consistió en la lectura de artículos científicos relacionados al tema, la revisión de hojas de referencia hospitalarias y la sistematización de mi cuaderno de campo.

Se realizó el seguimiento a 18 casos, conformados por pacientes y sus respectivos/as familiares o acompañantes que vinieron de la selva amazónica del Cusco (distritos de Kosñipata, Manu y Megantoni, provincias de Paucartambo, Manu y La Convención, respectivamente). El periodo de estudio comprende desde febrero de 2020 hasta agosto de 2021 (19 meses). Los nosocomios considerados son: el Hospital Regional del Cusco y el Hospital Antonio Lorena del Cusco.

Para el análisis de la información se utilizó el método etnográfico-analítico, que consiste en ordenar los datos en categorías de estudio y evidenciar situaciones, comportamientos y percepciones construidas en base a la descripción, la comparación y la interpretación (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3. RESULTADOS

Condición sociocultural de los indígenas amazónicos derivados a los hospitales de la ciudad del Cusco

En este subtítulo desarrollo los siguientes temas: procedencia de los pacientes, el pueblo indígena al que pertenecen, la condición del habla y la situación de contacto con la sociedad nacional. En las tablas 1 y 2 incluyo los detalles respectivos.

Tabla 1: Número de casos, fecha, procedencia, diagnóstico, destino y nivel de atención

Nº	Fecha	Paciente	Distrito de procedencia	Hospicio de procedencia	Diagnóstico inicial	Hospicio de destino	Tipo de atención
1	Feb- 20	CSS	Megantoni	Hospital de Quillabamba	Sepsis generalizada y anemia	Hospital Antonio Lorena	Emergencia
2	Mar- 20	PYO	Megantoni	Hospital de Quillabamba	Sepsis generalizada y anemia	Hospital Regional	Emergencia
3	May- 20	RYV	Megantoni	Hospital de Quillabamba	Sarcoma uterino	Hospital Regional	Emergencia
4	Jul-20	MRS	Megantoni	Hospital de Quillabamba	Sepsis por picadura de serpiente	Hospital Regional	Emergencia
5	Oct- 20	MRS	Megantoni	Cusco	COVID-19	Ninguno	Consulta externa
6	Oct- 20	OTO	Megantoni	Cusco	COVID-19	Ninguno	Consulta externa
7	Ene- 21	MKE	Manu	Centro Salud Salvación	Gestante	Hospital Regional	Emergencia
8	Feb- 21	YPS	Megantoni	Hospital Quillabamba	Encefalopatía	Hospital Regional	Emergencia
9	Mar- 21	LPM	Megantoni	Hospital Quillabamba	Anemia crónica	Hospital Regional	Emergencia
10	Mar- 21	MVI	Megantoni	Hospital Quillabamba	Colapso del riñón	Hospital Regional	Emergencia
11	Mar- 21	ECM	Kosñipata	Centro de Salud Kosñipata	COVID-19	Hospital Regional	Emergencia
12	Abr- 21	CSM	Megantoni	Hospital Quillabamba	Cáncer de riñón	Hospital Antonio Lorena	Emergencia
13	May- 21	DTN	Manu	Centro de Salud Kosñipata	Neumonía	Hospital Regional	Emergencia
14	May- 21	ZDP	Megantoni	Centro de Salud Camisea	Pancreatitis y coleditiasis	Hospital Regional	Emergencia
15	Jun-21	JWT	Manu	Centro de Salud Salvación	Anemia severa, dengue, malaria	Hospital Regional	Emergencia
16	Jun- 21	YIO	Manu	Centro de Salud Salvación	Labio leporino	Clínica San Juan de Dios	Consulta externa
17	Jun- 21	YIJ	Megantoni	Hospital de Quillabamba	Neumonía, insuficiencia cardíaca	Hospital Regional	Emergencia
18	Ago- 21	FRS	Megantoni	Hospital de Quillabamba	Traumatismo encéfalo craneano, COVID-19	Hospital Antonio Lorena	Emergencia

Tabla 2: Número de pacientes según grupo étnico, idioma que habla, sexo, edad, situación de contacto y condición de acompañante

Nº	Paciente	Grupo Étnico	Hablante	Sexo	Edad	Situación Contacto	Acompañante
1	CSS	Matsigenka	Monolingüe	M	35	Inicial	Mujer adulta bilingüe, no es pariente
2	PYO	Matsigenka	Monolingüe	M	1	Inicial	Mamá, mujer adulta, monolingüe
3	RYV	Matsigenka	Monolingüe	F	45	Inicial	Esposo, adulto, monolingüe
4	MRS	Matsigenka	Monolingüe	F	40	Inicial	Esposo, adulto, monolingüe
5	MRS	Matsigenka	Monolingüe	F	40	Inicial	Esposo adulto, monolingüe
6	OTO	Matsigenka	Monolingüe	M	35	Inicial	Esposa, adulta, monolingüe
7	MKE	Matsigenka	Monolingüe	F	16	Inicial	Mamá, adulta, monolingüe
8	YPS	Matsigenka	Monolingüe	F	3	Inicial	Papá, adulto, bilingüe
9	LPM	Matsigenka	Monolingüe	F	0.8	Inicial	Madrastra, adulta, monolingüe
10	MVI	Ashaninka	Monolingüe	M	45	Inicial	Esposa, adulta, monolingüe
11	ECM	Quechua/ wachiperi	Trilingüe	M	60	Permanente	Hijo, varón adulto bilingüe
12	CSM	Matsigenka	Monolingüe	F	65	Inicial	Hija y nieto, monolingües
13	DTN	Matsigenka	Monolingüe	F	1	Inicial	Mamá, adulta, monolingüe
14	ZDP	Matsigenka	Monolingüe	F	40	Inicial	Esposo, adulto, bilingüe
15	JWT	Matsigenka	Monolingüe	M	2	Inicial	Mamá, adulta, monolingüe
16	YIO	Matsigenka	Monolingüe	M	0.3	Permanente	Papá y mamá, adultos bilingües
17	YIJ	Matsigenka	Bilingüe	M	4	Permanente	Papá, adulto, bilingüe
18	FRS	Matsigenka	Monolingüe	M	21	Permanente	Hermanas mayores bilingües

3.1. Procedencia

Tomando en cuenta los casos de estudio, 72% de los pacientes indígenas amazónicos atendidos en los hospitales de la ciudad del Cusco en el periodo 2020-2021, vinieron del distrito de Megantoni (La Convención, Cusco), 22% del Manu (Manu, Madre de Dios) y 6% de Kosñipata (Paucartambo, Cusco). El distrito de Megantoni se encuentra al norte del Cusco y los distritos de Kosñipata y Manu al este.

El distrito de Megantoni no tiene un hospital, así que su principal centro de salud, ubicado en la comunidad nativa de Camisea, recibe pacientes de otras comunidades de la cuenca del río Urubamba y afluentes, como por ejemplo Timpía, Cashiriari, Kiriguete, Nuevo Mundo, Nueva Luz, etc. Los pacientes, dependiendo de la complejidad de su caso, son derivados/as al hospital de la

ciudad de Quillabamba, luego al Cusco y, si la situación amerita, a los hospitales de Lima, la capital del Perú.

Los pacientes realizan un recorrido, por vía fluvial y terrestre, de más de 360 km desde el Centro de Salud de Camisea hasta los hospitales de la ciudad del Cusco. Tomando en cuenta los descansos y los trámites de traspaso, el viaje dura entre tres y cuatro días. Así también, la ruta implica cambios de clima y pisos altitudinales: empieza en el piso ecológico de selva, de clima húmedo y cálido, a una altura de 350 m s.n.m, y termina en el piso quechua, de clima seco y frío, a una altura de 3,400 m s.n.m (Google Earth, 2021).

Los pacientes que provienen del distrito del Manu (provincia de Manu, departamento de Madre de Dios), parten de alguna Posta de Salud de las comunidades nativas de Shipetiari o Shintuya, luego pasan al Centro de Salud de Salvación, hacen un alto en el Centro de Salud de Kosñipata (Provincia de Paucartambo, departamento del Cusco), y de allí son referidos a la ciudad del Cusco. Se trata de un recorrido por vía terrestre de más de 100 km, desde la selva alta, a una altura de 500 m s.n.m, hasta el piso quechua, a una altura de 3,400 m s.n.m (Google Earth, 2021). Con los descansos y trámites de traspaso, el viaje puede durar de dos a tres días.

Los pacientes que provienen de Kosñipata la tienen un poco más fácil. En este caso, la gente de las comunidades nativas de Queros y Santa Rosa de Huacaria asiste al Centro de Salud de Kosñipata, y de allí es derivada a los hospitales del Cusco. Se trata de un recorrido por vía terrestre de 90 km (Google Earth, 2021). El viaje dura un día.

Pueblo indígena de pertenencia

Según los casos que he considerado, 89% de los pacientes indígenas amazónicos pertenecen al pueblo matsigenka, 6% al ashaninka y 6% al wachiperi. Sé que la gente matsigenka y wachiperi del distrito de Kosñipata viene constantemente a la ciudad del Cusco, al contrario de los matsigenka y wachiperi de las comunidades nativas del Manu y los matsigenka y ashaninka del distrito de Megantoni, quienes no tienen una afluencia constante, sobre todo si el motivo está relacionado con la salud. Pero bueno, allí están los números.

Cabe indicar que los ashaninka y matsigenka pertenecen a la misma familia lingüística, la arawak (Ministerio de Cultura del Perú, s.f.). Esto quiere decir que comparten un mismo tronco idiomático y alguna similitud en las palabras. El caso de los wachiperi es distinto. Se trata de un sub grupo que pertenece al pueblo harakbut, último que es grupo y familia lingüística al mismo tiempo. Autores como Lyon (2003) y Moore (2020), han determinado que la lengua harakbut es distinta a las demás de la región suramazónica.

Condición del habla

Según mis hallazgos, 89% de los pacientes indígenas amazónicos atendidos en los hospitales del Cusco son monolingües, 6% trilingües y 6% bilingües (ver tabla 2). Eso quiere decir que la mayoría de los pacientes solo habla su idioma (el matsigenka o el ashaninka). Pero vamos, 89% de monolingües puede ser una cifra engañosa, porque tenemos que tomar en cuenta a los acompañantes o familiares que vienen con los pacientes, quienes, en la medida de lo posible, hacen el rol de intermediarios/as. Resulta que 61% de los acompañantes es monolingüe y 39% bilingüe. En otras palabras, la mayoría de pacientes y acompañantes de origen indígena amazónico atendidos en los hospitales de la ciudad del Cusco, no hablan más que su idioma materno y, por lo tanto, no entienden ni dialogan con el sistema de salud público.

Pero, ¿Por qué la mayoría de pacientes de origen indígena amazónico referidos a los hospitales de la ciudad del Cusco son monolingües? ¿Por qué los indígenas amazónicos bilingües, que hablan su idioma y el castellano, presentan un bajo porcentaje de afluencia a los hospitales de la ciudad Cusco? Las respuestas requieren de un estudio diferente.

Situación de contacto

Resulta que 78% de los pacientes de origen indígena amazónico atendidos en los hospitales de la ciudad del Cusco son pueblos indígenas en situación de contacto inicial (PICI). ¿Qué quiere decir esto? Que su proceso de interrelación con la sociedad nacional ha empezado recientemente (Inciso “c” del artículo 2º de la Ley 28736, Ley para la Protección de Pueblos Indígenas u Originarios en Situación de Aislamiento y en Situación de Contacto Inicial, promulgado por el Ministerio de Cultura el año 2006). Desde mi punto de vista, la definición estatal sobre los PICI debe considerar que las personas en contacto reciente presentan grados de interrelación con la sociedad nacional, que puede ser inicial, esporádica, intermitente o fluida. Incluso, Pinedo Macedo (2015) afirma que no hay pueblos en aislamiento, sino pueblos con diferentes grados de interacción social con la modernidad.

Pero bueno ¿Bajo qué criterios he determinado que 78% de los casos estudiados son PICI? Primero, porque son monolingües (no hablan ni entienden el castellano), segundo, porque provienen de anexos o conjuntos familiares que están alejados de sus comunidades nativas de origen y, tercero, por las siguientes observaciones: no saben con exactitud sus nombres y apellidos que aparecen en sus documentos nacionales de identidad; conocen el dinero, pero no tienen idea de su valor (no sé cómo explicar que compren cosas con dinero, pero a veces son incapaces de diferenciar un billete de 10 soles con uno de 100 soles); desconocen completamente el modo en que funciona la medicina moderna, aunque les queda claro que las pastillas y vacunas curan o al menos eso intentan; no saben leer ni escribir castellano, o sea que no tienen ni idea de los recutecos administrativos y burocráticos de un hospital; no pueden desenvolverse en una ciudad poblada, ruidosa y transitada como es el Cusco (por ejemplo, no son capaces de cruzar la pista); el frío y la comida del Cusco les incomodan; extrañan a sus familiares, a sus animales domésticos y se preocupan por sus chacras y; no les queda otra que atenerse a las indicaciones o al trato que reciben del personal de salud.

No he terminado de dar los porcentajes. Decía que 78% son indígenas en contacto inicial y el resto, 22%, son indígenas que tienen una relación permanente con la sociedad nacional, es decir, que conocen al derecho y al revés los recutecos de esta modernidad chola-andina-amazónica.

Funcionamiento (o respuesta) del sistema de salud público frente a pacientes indígenas amazónicos. En este subtítulo desarrollaré tres aspectos: el idioma como vehículo de comunicación entre pacientes y el personal de salud, la solidificación del sistema de salud al momento de gestionar o realizar la atención de salud, el trato que ofrece el personal de salud a los pacientes indígenas amazónicos, y las redes de solidaridad que se construyen en torno a la atención los pacientes.

El idioma

Yo supuse que el sistema de salud público de los hospitales del Cusco, reflejado en el personal de salud y administrativo, no estaba preparado para recibir a pacientes de origen indígena amazónico. Las principales razones son el idioma y la complejidad de los trámites administrativos, pero la verdad es que estaba equivocado.

Sí, concuerdo -y el personal de salud también- en que el diálogo en un mismo idioma es relevante para el tratamiento de la salud. Por ejemplo, para fijar un diagnóstico se tiene que contrastar la información que ofrece el/la paciente con las pruebas clínicas y los análisis de laboratorio. Sin embargo, cuando el idioma no es el mismo, entonces las decisiones médicas se basan en los antecedentes del/a paciente (hoja de referencia y en la historia clínica) y en los análisis clínicos y de laboratorio. En este caso, el idioma, por así decirlo, pasa a un segundo plano. Y si el idioma va a la trastienda, entonces la condición cultural también, aunque este es otro tema.

Mi punto es que hay personal de salud que busca entablar un diálogo, una comunicación, un entendimiento con la gente del bosque y del río, ya que requiere información que pueda ayudar en

el diagnóstico y en el tratamiento posterior, o explicar los procedimientos a los que se va a someter el/la paciente, o solicitar un consentimiento informado antes de una operación. Así, bajo el objetivo de tener esa información o de proveerla, el personal de salud busca traductores/as dentro de los hospitales.

Pero a ver, considerando que 67% de la población de la provincia del Cusco tiene como lengua materna el castellano y 32% el quechua (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018, p. 38), pregunto:

¿Cuántas personas que conforman el staff médico, enfermero, técnico o logístico de los hospitales del Cusco hablan matsigenka o ashaninka? “Ninguna” sería una respuesta adecuada, pero “casi nadie” es mejor. Así es, casi nadie, porque conozco dos personas, un enfermero en el Hospital Regional del Cusco y una obstetra que cumple funciones administrativas en la Gerencia Regional de Salud del Cusco (no conozco a nadie que hable ashaninka). Pero claro, la función de ambos no es la de ser traductores, su trabajo es otro, pero a veces apoyan, así que, en un amplio rango de certeza, estas personas, aunque vitales, son insuficientes.

A veces (pero esto es inusual) hay personas matsigenka que coinciden en un mismo piso u hospital. Una vez atendí a una paciente que había llegado del Bajo Urubamba y no hablaba castellano, pero en otro piso del mismo hospital había otra paciente, cuyo papá era bilingüe, así que él nos ayudaba en algo con la traducción. Digo en algo porque el traductor era varón y la paciente era mujer, ambos hablaban una variante distinta del matsigenka y no todos los asuntos de la mujer se pueden contar a un varón que no conoces. Pero felizmente apareció en el piso una paciente con una mamá matsigenka que vivía años en el Cusco. Fue cuestión de la providencia, porque esta persona, en adelante, nos ayudó mucho en la traducción y en el acompañamiento de nuestra paciente monolingüe.

Cuando no hay personal de salud disponible para hacer la traducción y tampoco indígenas alrededor, entonces el hospital busca apoyo de fuera. Me acuerdo del siguiente caso: Un paciente monolingüe estaba un mes en el hospital siendo tratado de su riñón y requería una operación quirúrgica para colocarle un catéter peritoneal, pero no podían explicarle la situación. No había traductores del idioma ashaninka (¡El paciente estuvo un mes sin traductor! ¿Cómo se comunicaba con el personal de salud?!), así que el médico residente, que había trabajado en el Bajo Urubamba, publicó en su facebook el caso, solicitando el apoyo de las organizaciones indígenas para que manden un traductor. Un amigo enfermero de origen ashaninka y yo acudimos al llamado, y no solo ayudamos con la traducción e interlocución, sino que también nos hicimos cargo del tratamiento posterior. Toda una historia que algún día contaré, pero solo quiero decir que la operación se llevó a cabo de manera exitosa.

Otro ejemplo que recuerdo sucedió recientemente, hace un mes, cuando llegó una paciente al hospital. La joven matsigenka, monolingüe, estaba embarazada de tres meses y presentaba baja hemoglobina y anemia. Tanto los médicos como el personal del área de asistencia social del hospital querían hablar con ella, pero claro, nadie hablaba matsigenka. Me enteré del caso, fui al hospital y les di el teléfono de un amigo matsigenka que está en Quillabamba para que les ayude con la traducción. Durante tres días mi amigo recibió las llamadas de la ginecóloga, el médico, la obstetra, la sicóloga, la enfermera, la asistente social... todos llamaban para poder conversar y comprender la situación. En los días que pude ir a visitarla con un traductor, las técnicas y enfermeras nos pedían que escribiéramos en un papel palabras en matsigenka, como “hola”, “siéntate”, “párate”, “¿Dónde te duele?” “¿Ya has orinado?” “¿Ya has defecado?”, frases que utilizaban para llevar el control sanitario.

Para concluir esta parte, solo quería decir que el sistema de salud, aunque no tiene los recursos (quiero decir personal médico bilingüe), busca la manera de solucionar esta falencia, sea dentro del hospital o fuera de él. Y cuando cubre esta necesidad de comunicación, entonces en adelante solo requiere una comunicación funcional (algunas palabras para dar indicaciones), ya que para el

diagnóstico y el tratamiento se priorizan los resultados clínicos y de laboratorio. Así, el manejo del idioma nativo por parte del personal de salud es importante, pero no imprescindible.

3.2. La solidificación del sistema de salud

Con esto me refiero a la forma unísona en que el personal de salud y el sistema administrativo funcionan o responden ante la presencia de los pacientes indígenas amazónicos. He observado que el personal de salud realiza la atención sanitaria amparado en dos criterios, el formal y el condicionado. Con el primero, el personal de salud exige la observancia estricta de los procedimientos burocrático-administrativos que el hospital estipula para la atención de todos. Con el segundo, el personal de salud decide, en base a las condiciones sociales de los pacientes, qué procedimientos administrativos quedan a un lado y cuáles agilizar. Así, bajo cualquiera de los criterios aplicados por el personal de salud, sea el formal o el condicionado, el sistema administrativo del hospital se acomoda: es rígido cuando hay exigencia y flexible cuando hay necesidad. A esto llamo la solidificación funcional del sistema de salud pública, porque el personal de salud y el administrativo actúan como si fueran un mismo ente, un sistema basado en decisiones y acciones corporativas. Cabe indicar que en este acomodo del poder salubre-burocrático no está incluido/a el/la paciente, ya que éste/a, a parte de estar fuera de las decisiones corporativas, tiene una posición subalterna e itinerante.

También debo aclarar que el criterio condicionado presenta un lado positivo y otro negativo. Por ejemplo, si las decisiones agilizan los procedimientos administrativos, entonces se trata de un criterio condicionado positivo, pero si las decisiones omiten deliberadamente ciertos procedimientos, entonces estamos frente al criterio condicionado negativo. Más adelante pondré algunos ejemplos.

Ahora bien, la solidificación del sistema de salud tiene algunas peculiaridades. En principio, el personal de salud aplica el criterio formal a todos los pacientes, pero a medida que se devela la situación social de éstos/as, aparece el criterio condicionado.

En nuestro caso, a los pacientes indígenas amazónicos se les aplicó el criterio formal y a veces el condicionado negativo, sin embargo, luego de que el personal de salud adquirió empatía y visibilizó la situación sociocultural de los pacientes, aplicó el criterio condicionado positivo. Por ejemplo, un médico pediatra solicitó una radiografía para la paciente DTN, pero el hospital no contaba con este servicio porque el instrumento estaba averiado, así que el médico pidió a la acompañante (una matsigenka monolingüe de 21 años) que haga los rayos X en una clínica privada. Este trámite implicaba sacar a la niña del hospital en un taxi (la paciente dependía de oxígeno), llevarla a la clínica, hacerle los rayos X y retornarla al hospital. Un trámite que conllevaba alto riesgo para la paciente y una total incompreensión para la acompañante. La niña estuvo sin rayos X alrededor de cinco días, hasta que vino otro médico e hizo una referencia intrahospitalaria, es decir, refirió a la paciente a un hospital que sí tenía el servicio de rayos X y el asunto se solucionó rápidamente por mérito de la propia administración. El primer médico simplemente omitió o no quiso hacer el trámite, a diferencia de su colega, que movió todos los recursos disponibles de la administración de salud para atender la necesidad. Este es un buen ejemplo de cómo el personal de salud puede pasar de un criterio condicionado negativo a uno positivo, dependiendo de la voluntad de servicio que tenga y de la empatía que manifieste con el caso.

Desde luego, la reproducción del sistema de salud solidificado tiene lugar cuando el/la usuario/a, en este caso el/la paciente indígena amazónico/a, desconoce por completo el funcionamiento y las características del sistema de salud. Por ejemplo, todos los indígenas amazónicos que fueron atendidos a través del SIS (Sistema Integral de Salud), que son el 94% de los casos, desconocen completamente cuáles son los beneficios de su seguro. Esta situación es más grave en los pacientes y acompañantes monolingües que no están familiarizados/as con la lógica y la complejidad de los trámites administrativos. Así, los pacientes y acompañantes dependen de las indicaciones que reciben del personal de salud y del personal administrativo de los hospitales para utilizar su seguro. En otras palabras, el personal de salud y el personal administrativo deciden el alcance de la cobertura del SIS de acuerdo a los criterios condicionados que mencioné arriba.

Un tema recurrente en los hospitales es el desabastecimiento de medicinas que debe proveer el SIS, la falta de reactivos para los análisis de laboratorio, las constantes averías de los equipos de ecografía y rayos X, o la inexistencia del servicio de tomografía. El/la paciente y los acompañantes, presionados por el personal de salud, tienen que conseguir las medicinas en las boticas o farmacias fuera del hospital, realizar los análisis en laboratorios privados recomendados por los médicos, y pagar a las clínicas para hacer los rayos X, las ecografías y las tomografías. Aquí, más que un desabastecimiento real o una cómoda explicación de avería o de inexistencia del servicio, noto la aplicación del criterio condicionado negativo por parte del sistema de salud.

Así, de acuerdo a los hallazgos, en esta parte concluimos que el sistema de salud público, conformado por el personal de salud y administrativo, se unifica para condicionar la atención de salud. En principio, la solidificación salubre-administrativa, que se forja en un plano autónomo y divorciado del/a paciente, es formal y estricto, pero a medida que se develan las condiciones socioculturales de los pacientes, la solidificación flexibiliza el sistema, haciendo posible -o dilatando- la resolución de la salud. En este contexto, los pacientes indígenas amazónicos desconocen sus derechos y deberes de salud o simplemente les son ininteligibles, por ello no les queda otra que someterse a las decisiones solidificadas y esperar la solidaridad.

3.2.1. El trato del personal de salud

Los pacientes indígenas amazónicos y sus acompañantes monolingües son agentes pasivos cuando interactúan con el personal de salud. Me refiero a que solo observan el movimiento médico que se genera a su alrededor y obedecen sin mayor cuestionamiento las consignas que les dan.

Para ilustrar la situación, me imagino un escenario de secuestro UFO, donde una persona es capturada por un platillo volador y allí, mientras vuela en el tiempo y en el espacio, los secuestradores, alienígenas con tecnología y conocimientos ininteligibles, hacen y deshacen en el cuerpo y en la mente del/a incauto/a. Podría decirse que la categoría de esta persona no sobrepasa la de un/a “conejiillo/a de indias”, pero curiosamente ésta no se siente como tal, sino que más bien se pone a disposición de las circunstancias, es decir, delega a los secuestradores el poder de decidir sobre su cuerpo. En este contexto no hay diálogo, pero sí comunicación, o mejor dicho indicaciones. Una enfermera me dio una explicación ilustrativa: “como no se les entiende nada, entonces no nos queda otra que hablar con las manos; es como tratar de comunicarse con sordo mudos”.

Aunque haya traductores, la situación no cambia por las siguientes razones: Por un lado, resulta complejo traducir la lógica técnico-científica de los médicos, salpicada de terminologías y explicaciones abstractas y, por otro lado, aunque el mensaje se haya entendido, los pacientes aceptan las decisiones médicas porque confían o se sienten desbordados. Aquí no sólo hay una distancia epistémica insalvable, sino también la cesión de un poder sobre otro. De esta forma, tanto pacientes como acompañantes no preguntan, discuten o cuestionan las decisiones y el accionar de los médicos, al contrario, implícitamente obedecen todas las decisiones que éstos/as toman, sin ningún tipo de cuestionamiento, no porque entiendan del asunto o estén de acuerdo, sino porque asumen que los médicos, como interlocutores de la medicina moderna, tienen la intención de salvar la vida, de sanar la enfermedad y de acabar con las dolencias. Así pues, los pacientes, de manera implícita, les otorgan a los médicos -y por extensión a todo el personal de salud- la potestad de hacer y deshacer sobre sus cuerpos.

Ahora bien, esta cesión del poder sobre el cuerpo no es total, dado que siempre hay resistencias o formas prácticas de contradecir posturas ininteligibles. He visto casos en que pacientes o acompañantes monolingües, luego de escuchar las indicaciones médicas, hacían todo lo contrario mientras no tenían vigilancia o en cuanto salían del nosocomio. Por ejemplo, un paciente, luego de salir del hospital, jalaba constantemente un tubo instalado en su estómago por donde recibía su diálisis peritoneal. Para detener esta riesgosa manía, le advertimos que, si seguía jalando, el tubo saldría junto a todas sus tripas.

Pero exceptuando estos casos de “rebeldía” o el criterio de independencia y discernimiento que poseen, en general los pacientes de la selva “se dejan llevar” por los procedimientos del sistema de salud público. Debo precisar que la situación es distinta con los pacientes y acompañantes indígenas que son bilingües y pueden comunicarse en castellano. Estas personas tienen una idea un poco más clara del rol de los médicos y de los procedimientos administrativos. Aquí no hay un escenario UFO, excepto en las situaciones de emergencia, donde el personal de salud toma decisiones autónomas para salvar la vida del/a paciente.

En caso de enfermedades crónicas u otras situaciones que demandan tratamientos prolongados, los pacientes bilingües y sus acompañantes pueden decidir sobre la continuidad de su tratamiento o interrumpirlo, a diferencia de los monolingües, que no tienen ese poder. Así también, mientras son atendidos en los hospitales, los indígenas bilingües tienen la facilidad de manifestar su acuerdo o desacuerdo con la atención sanitaria, y lo hacen de manera directa y frontal.

Otra ventaja de los pacientes y acompañantes bilingües, al contrario de los monolingües, es que pueden opinar o le prestan mayor atención al trato que reciben del personal de salud. Algunas percepciones consideran que es difícil hablar con el/a médico principal del área, porque éste/a solo pasa una vez al día por las camas y habla de manera rígida y académica, y luego no se sabe más de él o ella. En cambio, siempre están los médicos residentes e internos/as, quienes tienen una mayor interacción con los pacientes, aunque muchas veces evitan a los acompañantes.

Para los indígenas amazónicos bilingües, tanto las enfermeras como las técnicas en enfermería son indistinguibles y se las denomina de forma genérica como “las enfermeras”. Cabe indicar que, al interior de la estructura jerárquica del personal de salud, la distinción entre médico, enfermera y técnico/a es evidente, no solo por la posición que ocupan, sino por la manifestación concreta de su poder. Pero bueno, el punto es que los indígenas bilingües tienen una opinión ambivalente sobre este grupo. Por ejemplo, dicen que hay enfermeras “malas”, porque hacen obedecer las normas y reglas del hospital de una manera severa, en tono de reclamo o increpación. También hay enfermeras “buenitas”, las que son más permisivas, conversadoras y preguntonas. Recuerdo las palabras del acompañante de una paciente que estuvo dos meses en el hospital: “en la mañana está la enfermera mala, pero en la noche viene la buenita”.

En conclusión, los pacientes indígenas amazónicos monolingües, al contrario de los bilingües, ponen muy poca atención a la forma en que les trata el personal de salud, ya que simplemente “se dejan llevar” por las jerarquías existentes. Así también, los pacientes monolingües, y paulatinamente los bilingües (en ciertos contextos), delegan de manera implícita la agencia de su cuerpo al personal de salud.

3.2.2. Las redes de solidaridad

Con esto me refiero a las redes de apoyo que se generan al interior y al exterior de los nosocomios para atender las necesidades médicas, sociales y personales de los pacientes indígenas amazónicos y de sus acompañantes. En este acto también participa la estructura administrativa solidificada, flexibilizando o agilizando los trámites para efectivizar el apoyo.

La primera red de solidaridad es la que se forja entre el personal de salud y los pacientes. Cuando éstos demuestran una incapacidad de comprar las medicinas, artículos médicos, ropa, hacer análisis de laboratorio y otras situaciones que no cubre el SIS, entonces las enfermeras brindan o consiguen esos artículos con su propio dinero, apelan a la voluntad de otros pacientes pudientes o utilizan sus propias redes sociales.

El segundo eje de solidaridad se consolida a partir del propio sistema administrativo. Las enfermeras avisan el caso al personal del área de Asistencia Social de los hospitales, quienes visitan a la paciente y a los familiares, los entrevistan, les toman datos y solicitan la exoneración de pagos o tributos al hospital. Así también, publican en las redes sociales (generalmente Facebook) la situación de la paciente para conseguir el apoyo necesario.

El tercer eje de solidaridad se constituye en el propio piso del/la paciente, o mejor dicho en la misma habitación, dado que comparte el espacio con otros pacientes de distintos orígenes y condiciones sociales. Siendo un espacio colectivo, la información sobre la enfermedad también es pública, es decir, todas las personas del cuarto se enteran del estado de salud del/a vecino/a. Así, los demás pacientes, al ver que ha llegado a la habitación una persona “nativa” o “nativita” que no habla castellano y que viene de comunidades alejadas, entonces le proveen de ayuda, brindándole artículos de aseo, invitándole comida, agua o avisando a las enfermeras y médicos cualquier eventualidad. Varias veces me ha pasado que, al visitar a pacientes monolingües sin el traductor, eran las pacientes de las camas vecinas las que me ponían al tanto de la situación: “que le falta esto, que el médico dijo esto, que cualquier cosa yo te aviso”. Gente solidaria y preocupada por la situación ajena que, de hecho, me ofrecía mejor información que el propio personal de salud.

El cuarto eje de solidaridad es el que cultivan los médicos con los pacientes. Cuando aquéllos observan la situación de éstos/as, y siempre en consonancia con las enfermeras, quienes son las articuladoras de la solidaridad, los médicos se involucran en los casos de manera personal, especialmente con las situaciones sensibles (neo natos, niños/as desnutridos/as, mujeres menores de edad embarazadas y mujeres con enfermedades terminales). Así, los médicos ponen de su dinero o solicitan apoyo en sus redes sociales para comprar cosas que hacen falta, o ayudan de manera decidida para que los trámites administrativos (pruebas, análisis de laboratorio, medicinas, sangre) salgan a favor del/a paciente, flexibilizando así las facultades de la administración pública y del sistema de seguros.

El quinto eje de solidaridad son las personas e instituciones externas que apoyan a los pacientes y familiares que vienen de las comunidades nativas. La mayoría de estas personas representan a instituciones públicas y privadas que trabajan en el área de procedencia de los pacientes y familiares. Así, estas personas tienen conocimiento de la situación de salud y la condición social de los pacientes y hacen seguimiento de los casos, tratando de aliviar las necesidades que no cubre el sistema de seguros. La función principal de este eje de solidaridad es interactuar con el personal médico, realizar el seguimiento de los pacientes y acompañantes, hacer las traducciones o conseguir traductores, realizar los trámites administrativos y cubrir todas las necesidades que el sistema de seguros no cubre: alimentación del/a acompañante, estadía fuera del hospital, traslados en la ciudad, ropa para el frío, artículos de aseo personal, medicinas que no provee el SIS y gastos de retorno de los pacientes y acompañantes a sus lugares de origen.

El sexto eje de solidaridad son los familiares o conocidos de los pacientes y acompañantes. En el caso que el/la paciente sea de las comunidades del río grande, donde hay población bilingüe, las posibilidades de obtener apoyo de familiares que viven en el Cusco o Quillabamba es mayor, sin embargo, en caso de que los pacientes provengan de lugares alejados o de las cabeceras de las cuencas, el apoyo de familiares o conocidos es inexistente.

Ahora bien, el hecho que haya cinco ejes de solidaridad, no quiere decir que estén articulados. Muchas veces actúan de manera independiente. Por ejemplo, los médicos y enfermeras desarrollan su propio círculo de solidaridad, y solo cuando sus facultades se ven limitadas (no entienden el idioma nativo) o aplican el criterio condicionado negativo (exigen la devolución de la sangre que utilizó el/la paciente, dieron de alta al/la paciente o éste/a ha fallecido), entonces solicitan la intervención de los agentes externos. En todo caso, la articulación de las redes de solidaridad es posible cuando las partes involucradas conocen la selva amazónica del Cusco y a la gente indígena.

Para concluir, considero que los pacientes indígenas amazónicos que tratan su salud en los nosocomios de la ciudad del Cusco, están expuestos a formas de solidaridad que se construyen tanto al interior como al exterior de los hospitales. Las redes de solidaridad son una consecuencia humanitaria que escapa -y sobrepasa- las jerarquías de poder del personal de salud y del propio sistema administrativo y, además, enfoca el verdadero propósito de la salud, que es sanar a la persona, luchar contra la enfermedad y ofrecer calidez humana.

4. DISCUSIÓN

La producción etnográfica que aborda la relación entre pueblos indígenas y sistema de salud público se ha centrado en la vigencia o reivindicación de los conocimientos tradicionales de la salud indígena (Araujo Salas, 2017; Izquierdo & Shepard Jr., 2004) y en el trato que los indígenas reciben del sistema de salud (Juárez- Ramírez y otros, 2020; Mendoza, 2021; Meneses-Navarro y otros, 2021; Molina-Berrío y otros, 2021). Sobre el idioma originario como término de comunicación, la solidificación del sistema de salud y la constitución de redes de solidaridad, no he hallado trabajos que aborden el tema desde el contexto de los pueblos indígenas amazónicos monolingües y en situación de contacto inicial. Habrá que buscar en estudios brasileños y colombianos.

Una propuesta que retomo de Fassin (2004, p. 297), es la “producción del cuerpo”. Aquí, los agentes, en este caso el sistema político y de salud pública, imponen su propio sentido o criterio de atención de salud por sobre otros sistemas considerados subalternos. Claramente esto sucede en nuestro caso de estudio, donde el sistema de salud impone su lógica y procedimientos en contraposición a las formas propias que puedan manifestar los pacientes indígenas amazónicos. Por ejemplo, el hospital impone el parto horizontal para las mujeres. Es un parto biológicamente válido para citar a Fassin, es decir, el personal médico, con la finalidad de operativizar el nacimiento y evitar así la estadística de la muerte del recién nacido/a y de la madre, ejerce control legítimo sobre el cuerpo de la mujer antes que considerar a la persona. ¿Los hospitales de la ciudad del Cusco están condicionados para operativizar un parto vertical, como es usual entre las mujeres matsigenka? Desde luego que no, y no solo porque no tienen la logística, el personal capacitado y el brazo administrativo, sino porque no comprenden toda la lógica social y el trabajo colectivo familiar que está detrás del parto vertical (Araujo Salas, 2017). Entonces ¿Los hospitales públicos del Cusco deberían estar preparados para realizar partos verticales? Y para seguir a Fassin: ¿Las políticas públicas deberían incluir en todos los hospitales públicos el parto vertical y su lógica envolvente?

El otro asunto a tomar en cuenta es que toda imposición está en base a una relacionalidad, es decir, una institución se impone frente a otra. En este caso, la respuesta de la parte oprimida es la que me interesa. De acuerdo a mis observaciones, a esta otra parte no le importa esas formas de violencia. Hasta puedo decir que la acepta, la sobrelleva y la asume, más no la reproduce ni la revierte. Tal vez exagero al decir que la acepta, dado que mi trabajo de campo ha evidenciado resistencias y desacuerdos. En todo caso, considero que la sobrelleva mientras está ligada al contexto, ya que esta imposición no será perenne, es decir, solo funcionará en el hospital, porque fuera de este, los pacientes y acompañantes seguirán con su vida y regresarán a su sistema simbólico.

Otro concepto de Fassin (2004, pp. 302-303) que es oportuno desarrollar es el de “bio-legitimidad”. Según este, el sistema de salud da prioridad al cuerpo antes que a la persona o, dicho de otra forma, el reconocimiento de la persona pasa antes por el reconocimiento del cuerpo. Conuerdo. Al sistema de salud público le interesa sanar el cuerpo y, en ese ínterin, a veces olvida a la persona, a la gente. Solo le interesa la persona en cuanto requiere de ella información importante para sanar el cuerpo. Es a partir de la identificación del cuerpo enfermo que todo el sistema simbólico de la atención de salud, basado en los estereotipos étnicos, se pone en marcha solo con la finalidad de sanar el cuerpo y no enterarse de los sentimientos, deseos, aficciones, perspectivas, anhelos de las personas o, en este caso, de los indígenas amazónicos.

Al respecto, retomo una propuesta de Aizenberg y Baeza (2019), en donde el sistema de salud argentino genera estereotipos que refieren a la etnicización “en clave nacional” del paciente inmigrante. Por ejemplo, en base a las características físicas del/a paciente, se determina su origen étnico o indígena, y luego de la interacción, se les marca las denominaciones de “boliviano”, “paraguayo” o “peruano”. En los hospitales del Cusco la situación es similar. El personal de salud primero identifica las características físicas de los pacientes, aunque este no es un marcador preciso, porque puede confundirse con una persona de origen quechua, así que determinan el segundo marcador, que es la forma de vestir: poca ropa, sandalias, collares y aretes en la nariz.

Luego viene el tercer marcador, el idioma: los pacientes no hablan castellano ni quechua, nadie les entiende. Entonces la conclusión es que son “nativos” o “nativas” de la selva. Listo, con esta certeza, la atención de salud tendrá sus características propias, es decir, diferenciadas del resto de los pacientes de otro origen étnico.

Hay un hallazgo de Aizenberg y Baeza (2019) con el que no concuerdo. Ellas consideran que las pacientes inmigrantes invisibilizan determinados componentes de su etnicidad para no ser juzgadas por el sistema sanitario. Eso no sucede en el caso de los indígenas amazónicos, es decir, no invisibilizan nada, aunque sean constantemente juzgados. Vienen como son y se mantienen como son por más rudo, racista, excluyente o indiferente que sea el sistema sanitario. O sea que su afán no es demostrar un grado de “civilización” ni de negar su “incivilización”, simplemente son como son. Estas personas no se sienten ofendidas por las recriminaciones del personal de salud, solo los escuchan en silencio, con un rostro inexpresivo, casi como diciendo “no entiendo lo que dices”. Los valores relacionados al “maltrato” o al “desaire” son muy distintos para ellos. Por ejemplo, no invitar alimentos y bebidas, no realizar visitas constantes y conversar un buen rato, no ofrecer abrigo para el frío y no atender el dolor físico, son comportamientos que califican como maltrato.

Un hallazgo que comparto con Aizenberg y Baeza (2019), es que, como las pacientes inmigrantes en Argentina, los pacientes indígenas amazónicos reconfiguran sus representaciones de salud y del cuidado del cuerpo en los hospitales de destino. Bueno, la verdad es que no comulgo plenamente con esta idea, ya que en mi caso de estudio no hablaría de una reconfiguración de representaciones, sino más bien de una acomodación, una adaptación y un “ceder” momentáneo. Digo que no es un ceder completo o que se mantiene durante su estadía, sino que es condicionado, es decir, se acomodan a las instrucciones médicas y a las reglas de los hospitales, pero también, por momentos, las desobedecen. Por ejemplo, una mamá monolingüe, preocupada de ver a su hija recién nacida con tubos por todo el cuerpo, quitaba las vías intravenosas de su brazo. Las enfermeras las volvían a poner, ella volvía a quitárselas y así en un juego de gato y ratón, hasta que el hospital tuvo que sacar a la mamá bajo la acusación de interrumpir el tratamiento. Otro ejemplo son los constantes “intentos de fuga” que los pacientes monolingües planifican. (Tranquilos, ninguno llega a salir de los pasillos del hospital porque los vence la inextricable modernidad). No solo se aburren o se sienten incomprendidos, sino que también se afligen por los familiares que dejaron, por sus animales domésticos y por el destino de sus chacras.

Respecto al trato, quiero rescatar una de las ideas de Fassin (2003, p. 68) sobre la “banalización del sufrimiento”. La idea central es que el personal de salud, frente a la repetición de las mismas desgracias y quejas, es decir, a la permanente exposición al sufrimiento, poco a poco pierde el afecto hacia sus pacientes. En nuestra tierra se diría “ese médico está qullu”, “duro” o “curtido”, lo que quiere decir insensible ante el dolor ajeno debido a la sobre exposición. Bajo este panorama, las expresiones de afecto o compasión se hacen cada vez más raras o se concentran en algunos casos especiales. En mis observaciones he notado maneras de hablar altisonantes y recriminatorias que el personal de salud dirige a los pacientes y sus acompañantes, y en general a quien interrumpe o incomoda su trabajo. A mí me parece que subsiste el trato gamonalista surandino, entre déspota, paternalista y exigente. Tal vez se trate de un neogamonalismo médico. Aquí concuerdo con los hallazgos del trabajo de Meneses-Navarro y otros (2021), en donde la relación jerárquica entre el personal de salud y los pacientes determina que el trato esté “inmerso en una estructura social estratificada que se sustenta en ideas racistas, clasistas y sexistas. Las mujeres indígenas ocupan los últimos peldaños dentro de esta estructura”. (p. 54)

Aunque la idea de la “banalización del sufrimiento” de Fassin es interesante porque explica mucho del comportamiento del personal de salud, en nuestro caso de estudio no puede servir como un envoltorio que explique todas las formas de relación entre el personal de salud y los pacientes. Como he demostrado más arriba, el personal de salud crea redes de solidaridad y, aunque subsista este gamonalismo hospitalario, hay quienes encuentran espacio para la compasión y la empatía.

Un hallazgo con el que concuerdo de los trabajos de Aizenberg y Baeza (2019) y Cantore y Bertoni (2021), es que el personal de salud de los nosocomios argentinos asocia a la mujer boliviana con la sumisión, la docilidad, la falta de higiene, la pasividad y la falta de comunicación y expresividad. Quiero acentuar la idea citando parte del testimonio de una ginecóloga-obstetra recopilado por las autoras: “Ellas son más tranquilas, más pausadas; no hacen muchas preguntas o se quedan esperando; no se animan a preguntar si necesitan algo. A uno le genera mucha impotencia el hablar y no saber qué pasa del otro lado” (Aizenberg y Baeza, 2019, p. 267). Pues así sucede en este caso de estudio. Recuerdo una anécdota: Una enfermera salía contenta luego de haber atendido a una paciente monolingüe y me dijo: “qué linda es tu pacientita, tranquila, no se queja, no pregunta, recibe tranquila el medicamento ¡Si todas las pacientes fueran como ella la cosa sería diferente!”.

5. CONCLUSIONES

En el periodo febrero 2020–agosto 2021 se ha incrementado la afluencia de personas de origen indígena amazónico a los hospitales de la ciudad del Cusco. Se trata, principalmente, de indígenas matsigenka monolingües que provienen del distrito de Megantoni (provincia de La Convención), quienes mantienen una relación de contacto reciente con la sociedad nacional.

La respuesta del sistema de salud público frente a la presencia de indígenas amazónicos fue de la siguiente manera: el personal de salud valora el idioma nativo como medio de comunicación, pero no lo considera indispensable, ya que privilegia el criterio médico en vez de las explicaciones que puedan ofrecer los pacientes sobre el estado y el tratamiento de su salud. Así también, el sistema de salud público, conformado por el personal de salud y el personal administrativo, opera como una entidad solidificada que pone en marcha criterios formales y condicionados para gestionar la salud de los pacientes indígenas. Por otra parte, los pacientes monolingües se dejan llevar por el trato y los procedimientos médicos establecidos por el hospital, al contrario de los bilingües, quienes ponen mayor atención al trato que reciben y tienen la capacidad de discutir o contravenir las indicaciones médicas. Sin embargo, ambos, tarde o temprano, terminan delegando el poder de controlar sus cuerpos al sistema de salud. Finalmente, el personal de salud y agentes externos tejen redes de solidaridad y apoyo alrededor de los pacientes y sus acompañantes, con la finalidad de realizar los trámites administrativos y sostener los gastos que los pacientes no pueden cubrir.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre Baztán, Á. (Ed.). (1995). *Etnografía. Metodología cualitativa en la investigación sociocultural*. Lima: Alfaomega.

Aizenberg, L., & Baeza, B. (2019). Migración, salud y cultura: miradas comparativas entre profesionales sanitarios y mujeres migrantes bolivianas en dos ciudades argentinas. En J. E. Horbath & M. A. Gracia (Coords.), *Indígenas en las ciudades de las Américas. Condiciones de vida, procesos de discriminación e identificación y lucha por la ciudadanía étnica* (pp. 257-484). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales; ECOSUR; Miño y Dávila editores.

Araujo Salas, B. L. (2017). Costumbres en torno al parto en la comunidad nativa Camisea del pueblo Matsigenka, Cusco, Perú. *Investigaciones Sociales*, 21(39), 27-40.

Belaunde, L. E. (2020). “Yo solita haciendo fuerza”: historias de parto entre los yine (piro) de la amazonía peruana. En L. E. Belaunde, *Sexualidades amazónicas. Género, deseos y alteridades* (pp. 206-234). Lima: La Siniestra Ensayos. Cantore, A., & Bertoni, M. B. (2021). Mujeres indígenas mbyá-guaraní y migrantes bolivianas en Argentina. Comparaciones etnográficas sobre sus partos y atenciones sanitarias. *Antropología Experimental*, (21), 469-484.

Fassin, D. (2003). Gobernar por los cuerpos, políticas de reconocimiento hacia los pobres y los inmigrantes en Francia.

Cuadernos de Antropología Social, (17), 49-78.

Fassin, D. (2004). Entre las políticas de lo viviente y las políticas de la vida. Hacia una antropología de la salud. *Revista Colombiana de Antropología*, 40, 283-318.

Google Earth. (4 de octubre de 2021). *Google Earth*. Obtenido de earth.google.com: <https://earth.google.com> Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017. Cusco*

(Tomo I). Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI.

Izquierdo, C., & Shepard Jr., G. H. (2004). The Matsigenka. En C. R. Ember & M. Ember (Eds.), *Encyclopedia of Medical Anthropology. Health and Illness in the World's Cultures* (Vol. 2, pp. 812-827). New York: Springer US.

Juárez-Ramírez, C., Villalobos, A., Saucedo-Valenzuela, A. L., & Nigenda, G. (2020). Barreras en mujeres indígenas para acceder a servicios obstétricos en el marco de redes integradas de servicios de salud. *Gaceta Sanitaria*, 34(6), 546-552.

Lyon, P. J. (2003). Dislocación tribal y clasificaciones lingüísticas en la zona del río Madre de Dios. En B. Huertas & A. García (Eds.), *Los pueblos indígenas de Madre de Dios* (pp. 36-56). Grupo Internacional de Trabajo sobre Asuntos Indígenas - IWGIA.

Mendoza, V. C. (2021). Sumisas, agradecidas y obedientes. Representaciones sociales del personal de salud sobre las usuarias de ginecobstetricia de un hospital público en México. *Maguaré*, 35(1), 179-208.

Meneses-Navarro, S., Pelcastre-Villafuerte, B. E., Bautista-Ruíz, Ó. A., Toledo-Cruz, R. J., de la Rosa-Cruz, S. A., Alcalde- Rabanal, J., & Mejía-Marengo, J. A. (2021). Innovación pedagógica para mejorar la calidad del trato en la atención de la salud de mujeres indígenas. *Salud Pública de México*, 63(1), 51-59.

Ministerio de Cultura. (s.f.). *Lista de pueblos indígenas u originarios*. Recuperado en octubre de 2021, de Base de Datos de Pueblos Indígenas y Originarios: https://bdpi.cultura.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas_internas/descargas/Lista%20de%20pueblos%20ind%C3%ADgenas%20u%20originarios_3.pdf

Molina-Berrío, D. P., Ramos-Jaraba, S. M., & Garcés-Palacio, I. C. (2021). Experiencias en la atención en salud de mujeres con anomalías citológicas o cáncer de cuello uterino en dos departamentos fronterizos: una lucha entre la vida y el sistema de salud colombiano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 39(2), 1-11.

Moore, T. (2020). El pueblo Harakbut, su territorio y sus vecinos. En M. C. Chavarría, K. Rummenhüller & T. Moore (Eds.), *Madre de Dios. Refugio de pueblos originarios* (pp. 123-177). Lima: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional - USAID.

Pinedo Macedo, D. H. (20 de octubre de 2015). *No hay aislados*. Recuperado en agosto de 2021, de Amazonía y Pueblos Indígenas: <https://amazonia-indigenas.blogspot.com/2015/10/indigenas-aislados-contactados-piavci.html> Restrepo, E. (2018). *Etnografía. Alcances, técnicas y éticas*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Reconocimientos

Agradezco a los Misioneros y Padres Dominicos del Vicariato Apostólico de Puerto Maldonado y de la Provincia Dominica del Perú, especialmente a la organización Selvas Amazónicas Perú de la Provincia Dominica de Hispania y al Centro Cultural José Pío Aza de los Padres Dominicos. También al personal encargado del seguimiento de pacientes indígenas amazónicos de la

Dirección Desconcentrada de Cultura del Cusco, de la Gerencia Regional de Salud del Cusco, del Hospital Regional del Cusco y del Hospital Lorena del Cusco; también a la dirigencia del COMARU (Consejo Matsigenka del Río Urubamba), a los jefes de las comunidades nativas de Kirigueti, Camisea, Shivankoreni y Nuevo Mundo, al personal de los centros de salud de las comunidades nativas de Camisea, Kirigueti, Nueva Luz, Kosñipata y Salvación, y a todas aquellas personas (médicos/as, enfermeros/as, personal de seguridad, personal administrativo, personal de limpieza) que pudieron ver la ternura de la selva en los confiados rostros que llegan a sus manos.



Fig. 1: Paciente ashaninka monolingüe en el hospital



Fig. 2: Acompañante matsigenka monolingüe en el hospital.



Fig. 3: Acompañante matsigenka monolingüe y paciente en el hospital

Percepciones del proceso de reasentamiento de una comunidad indígena en un contexto de explotación minera

Elier Vicente ESPINOZA FLORES

eliere96@gmail.com

Donaldo Humberto PINEDO MACEDO

201426@unsaac.edu.pe

RESUMEN

El objetivo principal del estudio es conocer, en base a testimonios, las percepciones que los pobladores de la comunidad campesina de Alto Huarca han construido sobre el proceso de reasentamiento de su comunidad, en el marco de la ejecución del proyecto minero Xstrata Tintaya – Antapaccay (Perú). Respecto a la metodología, se utilizó el diseño cualitativo y se aplicó el método etnográfico. El tipo de estudio es interpretativo. La población muestral consta de tres personas, quienes fueron elegidas por el método no probabilístico. Se aplicó la observación participante, entrevistas no estructuradas y la revisión bibliográfica para obtener los datos. Los resultados fueron los siguientes: Por una parte, los testimonios evidenciaron que la empresa minera mantiene una posición benefactora y comprometida mientras persigue sus objetivos, pero cuando logra alcanzarlos, opta por una posición distante e indiferente. Por otra parte, las percepciones de la población se construyen de acuerdo a los siguientes criterios: el contexto y el tiempo presente, la experiencia de las personas involucradas, las influencias externas y, de acuerdo a los intereses de los/as hablantes.

PALABRAS-CLAVE: reasentamiento, comunidad campesina, empresa minera, testimonios, percepciones.

1. INTRODUCCIÓN

Los megaproyectos extractivos que se ejecutan en territorios de comunidades indígenas generan una serie de impactos sociales, económicos y ambientales (Aréchaga Rodríguez, 2014; González Serrano, 2013). Uno de estos impactos es el proceso de reasentamiento de la comunidad para que el proyecto minero sea ejecutado (Bartolomé, 2008; Cajo y Díaz, 2018; Ibáñez Carbajal, 2008; León, 2017; López Aguilar, 2017).

Varios estudios describen los impactos del proceso de reasentamiento debido a la ejecución de proyectos mineros a gran escala (Bonilla Pacheco, 2019; Cárdenas y de la Torre, 2016; Orós Torres, 2017). Algunas investigaciones abordan el tema desde una perspectiva crítica (Cernea, 2008; Leblanc, 2007), y otras toman en cuenta el punto de vista de las personas involucradas en el proceso de reasentamiento (Bonilla Pacheco, 2019; Camargo Poma, 2019). Justamente, nuestro interés radicó en conocer las percepciones de la gente de la comunidad campesina de Alto Huarca sobre el proceso de reasentamiento de su comunidad, en el marco del proyecto de la empresa minera Xstrata Tintaya – Antapaccay.

A mediados de la década de 1990, la comunidad de Alto Huarca y la empresa Xstrata Tintaya iniciaron las negociaciones para el proceso de reasentamiento. Antes del proceso, la comunidad poseía tierras de uso colectivo, pero a sugerencia de la empresa minera se procedió a parcelar la comunidad, es decir, a distribuir las tierras comunales a cada familia. Luego de ello, la empresa minera empezó a negociar el reasentamiento con cada propietario/a. Han pasado 25 años y, aunque el proceso aún no culmina, los/as comuneros/as, mediante sus testimonios, realizaron una retrospectiva del proceso de reasentamiento (“antes” y “durante”) e hicieron un balance de la situación actual (“ahora”).

Alto Huarca es una comunidad campesina conformada por indígenas quechuas altoandinos. Está ubicada en el distrito de Yauri, provincia de Espinar, departamento del Cusco, Perú. En términos geográficos, su territorio está en el piso ecológico de puna de la Cordillera de los Andes, a 4,000 m.s.n.m.

La comunidad tiene una población de 1,150 personas (206 familias). La actividad económica tradicional es la crianza de ganado ovino, vacuno y de camélidos sudamericanos (llamas y alpacas). Sin embargo, con la presencia de la empresa minera, los servicios asociados a la minería se han convertido en las principales actividades económicas.

El objetivo del estudio fue comprender la forma en que las personas de la comunidad campesina de Alto Huarca percibieron el proceso de reasentamiento de su comunidad, el que se realizó hace 25 años, en el marco de las operaciones de la empresa minera Xstrata Tintaya–Proyecto Antapaccay.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Población y muestra de estudio: Trabajamos con una muestra no probabilística, compuesta por 03 personas de la comunidad campesina de Alto Huarca (Cusco, Perú), durante los meses de mayo a agosto de 2021.

Técnicas e instrumentos: Respecto a las técnicas, utilizamos la observación participante, las entrevistas no estructuradas y la revisión de documentos. Los instrumentos fueron la guía de observación, de entrevista y las fichas bibliográficas.

Tipo y Diseño de la Investigación: Hemos utilizado el tipo de investigación no experimental. El paradigma metodológico utilizado es el cualitativo-etnográfico (Vieytes; 2009; Hernández y Mendoza, 2018).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, presentamos los resultados en base a tres testimonios que fueron brindados por personas que vivenciaron el proceso de reasentamiento de la comunidad campesina Alto Huarca en la década de 1990.

El primer testimonio es de la “señora Álvarez”. Ella nació en la comunidad campesina de Alto Huarca hace 70 años. Hoy vive en la ciudad del Cusco (Perú). Hace 25 años que salió de Alto Huarca y ya no está ligada a la comunidad.

En la década de 1990, la señora Álvarez vivía junto con sus padres y hermanos en la comunidad campesina de Alto Huarca. Su familia manejaba de 5 a 6 hectáreas de terrenos comunales. Por influencia de la empresa, los miembros de la comunidad se repartieron el territorio en parcelas. Eventualmente, la señora Álvarez vendió su parcela a la empresa minera. Con una parte de ese dinero compró un terreno en otro lugar para continuar con la crianza de su ganado. La otra parte del dinero lo usó para comprar un camión que utilizó para su negocio de compra y venta de fibra de alpaca.

El segundo testimonio es de la persona que llamaremos el “hermano empresario”. Esta fue dirigente de la comunidad campesina de Alto Huarca durante el proceso de compra y venta de parcelas por parte de la empresa Xstrata Tintaya. Su historia se puede resumir de la siguiente forma: sus padres, naturales de Alto Huarca, repartieron sus terrenos a seis hermanos. Todos vendieron sus parcelas a la minera. Él aprovechó su experiencia como presidente de la comunidad y formó una empresa de servicios múltiples que actualmente provee de servicios a Xstrata Tintaya. Llegó a manejar un capital de medio millón de soles (125 mil dólares americanos), sin embargo, su empresa fracasó por intervención de la SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria). Ahora brinda servicios a otras empresas, aunque también trabaja para Xstrata Tintaya.

El tercer testimonio es de quien llamaremos la “señora dirigente”. Esta persona vive en su casa de la Villa Alto Huarca, es decir, en el lugar donde tuvo lugar el reasentamiento. Su historia se puede resumir de la siguiente forma: al igual que muchos comuneros/as de Alto Huarca, ella recibió su parcela de la comunidad y la vendió a la empresa minera. También recibió dinero adicional por trasladarse al nuevo lugar. Pensó que con ese dinero la vida sería fácil, pero se encontró en un

escenario diferente: la Villa a la que se mudó no tenía servicios básicos y las personas de las comunidades vecinas la juzgaban. Ahora siente que ha sido engañada porque en aquél entonces no conocía las leyes ni tenía idea del costo de sus parcelas.

TABLA 01. COMPARATIVO DE PERCEPCIONES SOBRE EL PROCESO DE REASENTAMIENTO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA ALTO HUARCA - 2021

TESTIMONIANTE	ANTES	DESPUÉS	AHORA
Señora Álvarez	Las tierras de la comunidad eran colectivas. Había apoyo de la empresa minera.	Fue parte de la parcelación de tierras comunales. Vendió sus parcelas a la empresa minera. Luego de la venta, la empresa minera la abandonó. La empresa minera empezó a no cumplir con sus promesas.	Se siente engañada, porque cree que le pagaron muy poco por su parcela. No sabía de sus derechos o no había quién le avise. Ahora considera que los/as comuneros/as de Alto Huarca están más preparados/as, debido a la experiencia que obtuvieron del proceso de reasentamiento.
El hermano empresario	Su familia criaba ganado vacuno, lanar y camélidos sudamericanos. Con la presencia de la minera se parcelaron las tierras comunales para venderlas a la minera. Él recibe capacitaciones por parte de la minera para ser empresario. La empresa minera le ofrece ventajas y preferencias por ser dirigente comunal.	Forma una empresa de servicios múltiples que hace negocios con la empresa minera. Su empresa casi quiebra por intervención del sistema de impuestos del Estado Peruano.	La empresa no cumple con los cupos de trabajo que ofreció para los pobladores de Alto Huarca. Se siente engañado. Nota que la comunidad tiene muchos problemas sociales y ambientales.
La señora dirigente	Sus tierras las dedicaba a la crianza de ganado. Fue parte del proceso de parcelación de sus tierras. Vendió sus parcelas a la empresa minera.	El reasentamiento se hizo con el apoyo de la empresa. Recibió dinero adicional por ser parte del reasentamiento. El nuevo lugar de reasentamiento era "triste", vacío, sin servicios básicos. Después de 25 años, aún no termina de arreglar la casa que le ha dado la empresa en el nuevo lugar de reasentamiento	Siente que fue engañada al vender barato sus parcelas. Ahora ya no se deja engañar. Se siente empoderada y con experiencia. Como presidenta de un sector de la comunidad campesina, reclama el cumplimiento de los compromisos de la empresa minera.

Fuente: Elaboración propia en base a conversaciones en campo

En la tabla N° 1, presentamos el resumen de los testimonios, los que fueron organizados en tres categorías: "antes", "después" y "ahora". El "antes" se refiere a los hechos previos al reasentamiento, el "después" a las circunstancias ocurridas en el proceso de reasentamiento, y el "ahora" refleja la evaluación que las personas realizan de su situación actual.

Para comprender los testimonios, debemos considerar las siguientes condiciones: el contexto y el tiempo en que fueron elaborados, la vivencia que experimentaron los/as hablantes en el pasado, las influencias que éstos/as recibieron para construir su percepción y, los intereses que persiguen dichas personas en el presente.

En primer lugar, es importante ubicar los testimonios en el contexto y en el tiempo. El contexto es el post- reasentamiento de la comunidad campesina de Alto Huarca y el tiempo es el presente (25 años después). Quiere decir que los testimonios recuerdan, analizan, interpretan y evalúan los hechos del pasado, pero desde el presente. Por ejemplo, al decir que vendieron sus parcelas a un precio barato, es porque ahora saben que esas parcelas valen más dinero. Bajo esta lógica, estas personas se sienten engañadas, no sólo por la empresa, que consideran se aprovechó de su ignorancia, sino también porque desconocían la dimensión de las cosas que estaban en juego. Así también, los/as testimoniante confiesan dos situaciones: en ese momento vendieron sus parcelas porque se dejaron llevar por la ilusión de obtener “gran cantidad de dinero” y, en aquel entonces, no tuvieron el apoyo de otras personas o instituciones que les puedan aconsejar.

En segundo lugar, se debe tomar en cuenta la experiencia de las personas. Éstas brindaron su testimonio a partir de su vivencia particular. Desde luego, la memoria discrimina qué recuerda y qué olvida de acuerdo a las circunstancias (Jelin, 2012). Así también, la memoria, al manifestarse en la oralidad, tiene la facultad de agregar o quitar elementos. Por ejemplo, un balance sintomático de los tres testimonios es la percepción de que la empresa minera apoya y es benefactora cuando quiere conseguir algo, pero cuando lo consigue, entonces se aleja o deja sus compromisos sin cumplir.

En tercer lugar, se deben considerar las influencias que recibe el discurso que elaboran los/as testimoniante. Estas influencias o *insumos orales* provienen de distintas fuentes. En este caso vienen de personas que no necesariamente han conocido el proceso de reasentamiento de Alto Huarca. En otras palabras, el balance de los testimonios está construido, en gran parte, sobre la base de las opiniones que los/as testimoniante escuchan de otras personas externas al proyecto minero. Estas fuentes ingresan al bagaje de la memoria y a partir de allí se construye el balance final del proceso de reasentamiento.

En cuarto lugar, se debe tomar en cuenta que los testimonios están condicionados por los intereses que persiguen los/las testimoniante. Por ejemplo, todos los casos presentan, en diferente grado, una opinión desfavorable de la empresa minera. Desde luego, este balance, convenientemente elaborado, no evalúa el accionar de los/las propios/as testimoniante y la influencia que sus decisiones y acciones tuvieron en la construcción de su situación actual.

4. CONCLUSIONES

Los testimonios presentados concuerdan en que la empresa minera Xstrata Tintaya, antes de la parcelación de tierras, apoyó a la comunidad de Alto Huarca en varios aspectos y niveles. Sin embargo, luego de comprar las parcelas e iniciar el proceso de reasentamiento, poco a poco la empresa dejó de prestar apoyo y de cumplir sus compromisos. De esta manera, cuando los/las testimoniante hacen un balance de su relación con la empresa minera, consideran que fueron engañados, pero también confiesan que se dejaron llevar por la ilusión de tener dinero de forma inmediata. Aunque su balance del presente es negativo, consideran que ahora tienen experiencia para exigir a la empresa minera el cumplimiento de sus compromisos. Por otra parte, cada testimonio debe entenderse en su contexto (el postreasentamiento), en el tiempo en que fue enunciado (el presente), de acuerdo a la vivencia de cada persona (fenomenológico), a partir de la influencia que recibe (la opinión de otras personas) y según los intereses que persiguen (es un discurso condicionado).

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aréchaga Rodríguez, F. (2014, octubre 30). Minería Sostenible. La aceptación social de proyectos con gran impacto ambiental. Interempresas.net. Recuperado el 07 de octubre de 2020, desde

<https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/128977- Mineria-sostenible.html>.

Bartolomé, L. J. (2008). GPDs y desplazamientos poblacionales: algunas claves para su comprensión como procesos sociales complejos. *ILHA. Revista de Antropología*, 10(1), 10–25. <https://doi.org/10.5007/2175-8034.2008v10n1p8>

Bonilla Pacheco, C. F. (2019). Reasentamiento e implicancias en las condiciones de vida de pobladores de Morococha [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Registro Nacional de Trabajos de Investigación. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2181594>

Cajo Pizarro, F. I., y Díaz Contreras, L. A. (2018). Reasentamiento planificado del Proyecto Especial Olmos Tinajones y su impacto socioeconómico en el centro poblado La Algodonera – Lambayeque [Tesis de Grado de Ingeniero Economista, Universidad Señor de Sipán]. Universidad Señor de Sipán. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5266>

Camargo Poma, S. L. (2019). Sentido comunitario de la población del Distrito de Morococha en el proceso de reasentamiento, 2018 [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Universidad Nacional del Centro del Perú. http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5564/T010_43101228_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cárdenas, G., y de la Torre, K. (2016, julio 25). Nueva Morococha: las consecuencias del reasentamiento. *Mongabay*. Recuperado el 07 de octubre de 2020, desde <https://es.mongabay.com/2016/07/nueva-morococha-las-consecuencias-del-reasentamiento/>

Cernea, M. M. (2008). Compensation and benefit sharing: Why resettlement policies and practices must be reformed [Compensación y distribución de beneficios: por qué se deben reformar las políticas y prácticas de reasentamiento]. *Water Science and Engineering*, 1(1), 89–120. [https://doi.org/10.1016/S1674-2370\(15\)30021-1](https://doi.org/10.1016/S1674-2370(15)30021-1)

González Serrano, M. X. (2013). Las transformaciones culturales y territoriales ocasionadas por la minería a gran escala: El caso de la comunidad de Boquerón (Cesar-Colombia) [Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana]. Javeriana.edu. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/15290>

Hernández, R., y Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGrawHill.

Ibáñez Carbajal, D. (2008). Cierre del campamento de Chiquicamata y el traslado de su población a la ciudad de Calama: una nueva forma de vida para los mineros [Tesis de Licenciatura. Universidad Academia de Humanismo Cristiano]. Red de Repositorios Latinoamericanos. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3118896>

Jelin, E. (2012). Los trabajos de la memoria. Instituto de Estudios Peruanos.

Leblanc, J. (2007). Les Déplacements de population dus ades projets miniers en Afrique de l'ouest: mal nécessaire pour le développement? [Los desplazamientos de población por proyectos mineros en África occidental: ¿Un mal necesario para el desarrollo?] [Memoria de Maestría en Ciencia Política. Universidad de Quebec]. Groupe Interuniversitaire D'études et de Recherches sur les Sociétés Africaines. <https://www.giersa.ulaval.ca/sites/giersa.ulaval.ca/files/memoires/m10076.pdf>

León, C. (2017). Reasentamiento de poblaciones en el Perú por proyectos mineros y de infraestructura: diálogo entre prácticas y teoría social. *Debates en Sociología*, (44), 5–30. <https://doi.org/10.18800/debatesensociologia.201701.001>

Orós Torres, W. (2017). Impacto de desplazamiento por acción minera y su relación con el cuidado del medio ambiente, de la comunidad campesina de Fuerabamba, distrito de Challhuahuacho - Cotabambas - Apurímac, 2015 [Tesis de Maestría. Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/6792>

Vieytes, R. (2009). Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa. En A. Merlino (Coord.), *Investigación Cualitativa en Ciencias Sociales. Temas, problemas y aplicaciones* (pp. 41-61). Cengage Learning; Grupo AmericaLee.

Las tecnologías de la información y comunicación en la formación profesional de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Turismo de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Information and communication technologies in the professional training of students of the faculty of administrative, accounting, economic and tourism sciences of the National University of San Antonio Abad del Cusco

Renné Wilfredo Pérez Villafuerte, Jorge Washington Guillermo Espinoza, Máximo Villalba Pacheco, Clever Abelardo Montalvo Loaiza, Gabriel Mozo Ayma. Escuela Profesional de Contabilidad, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

Resumen:

Describir y explicar a las tecnologías de la información y comunicación (tic) y sus implicaciones en la formación profesional de estudiantes de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Turismo (FACACET) de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) fue el objetivo planteado para la realización de la investigación. La metodología utilizada incluyó la sistematización de ítems relacionados con el tema de investigación, de las encuestas de desempeño docente realizadas por la UNSAAC en el periodo de investigado, complementada con la observación periférica y plena; los instrumentos de almacenamiento de la información fueron virtuales y el análisis de la data a través de tablas dinámicas vía hoja electrónica de cálculo (Excel). Los resultados obtenidos permiten señalar que el uso de las tecnologías de la información y comunicación en la formación profesional de los estudiantes de la facultad de ciencias administrativas, contables, económicas y turismo de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco a nivel de estudios de especialidad por escuela profesional, en opinión de los estudiantes son los siguientes en una escala de 1 a 10 puntos: turismo 7.44, economía 7.07, administración 6.86 y contabilidad 6.77; a nivel de estudios generales en las escuelas analizadas los resultados demuestran que estos resultados disminuyen a: turismo 6.86, administración 6.54, economía 6.52 y contabilidad 4.70. Como conclusión tenemos que los resultados evidencian la falta de alineamiento entre el uso de tic en la formación profesional de los estudiantes de esta facultad con las competencias en esta materia de las nuevas generaciones; y que la brecha se amplía en los estudios generales. Apoya tal afirmación los resultados de los otros aspectos analizados: sílabo, sesión de clase y evaluación; en promedio las puntuaciones son: turismo 7.45, economía 7.08, administración 6.87 y contabilidad 6.77.

Palabras clave: Facacet, formación profesional, estudios generales, tecnologías de la información y comunicación, Unsaac.

Abstract:

Describe and explain information and communication technologies (ICT) and their implications in the professional training of students of the Faculty of Administrative, Accounting, Economic and Tourism Sciences (FACACET) of the National University of San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) was the objective set for conducting the research. The methodology used included the systematization of items related to the research topic, of the teacher performance surveys carried out by the UNSAAC in the research period, complemented with peripheral and full observation; the information storage instruments were virtual and the analysis of the data through dynamic tables via electronic spreadsheet (Excel). The results obtained allow us to point out that the use of information and communication technologies in the professional training of students of the faculty of administrative, accounting, economic and tourism sciences of the National University

of San Antonio Abad del Cusco at the level of studies of specialty by professional school, in the opinion of the students are the following on a scale of 1 to 10 points: tourism 7.44, economics 7.07, administration 6.86 and accounting 6.77; At the level of general studies in the schools analyzed, the results show that these results decrease to: tourism 6.86, administration 6.54, economics 6.52 and accounting 4.70. As a conclusion we have that the results show the lack of alignment between the use of ICT in the professional training of the students of this faculty with the competences in this matter of the new generations; and that the gap widens in general studies. This affirmation is supported by the results of the other aspects analyzed: syllabus, class session and evaluation; On average the scores are: tourism 7.45, economy 7.08, administration 6.87 and accounting 6.77.

Keywords: Facacet, professional training, general studies, information and communication technologies, Unsaac.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de las tecnologías de la información y comunicación (tic) en el cotidiano del que hacer del hombre es innegable; sin embargo, en la formación de estudiantes universitarios a nivel teórico, práctico y metodológico, se percibe la existencia de brechas entre los dos actores fundamentales del proceso educativo. Son los estudiantes que muestran y demuestran competencias en el uso de tic, principalmente a través del uso de redes sociales; en tanto que, los docentes tienen dificultades al hacer uso de tic; este hecho, tiene efectos en los resultados de la formación profesional universitaria. Las nuevas generaciones de profesionales desembocan en una sociedad caracterizada por el uso masivo de tic; uno de los requisitos de mayor relevancia para acceder a puestos de trabajo es precisamente el dominio de tic. De ahí la importancia que tiene el estudio de tic y su relación con la formación profesional.

La comprensión con empatía de tic en los procesos formativos de universitarios es trascendental concordando con lo expuesto por (Bisquerra y Alzina, 2004). A partir de la pregunta central: ¿Las tecnologías de la Información y comunicación (tic) que implicaciones y relaciones tienen con la formación profesional de estudiantes de la facultad de ciencias administrativas, contables, económicas y turismo de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco? Es de interés preguntar entonces sobre el uso de tic en la formación profesional; comprender lo que los estudiantes y docentes hacen, cómo se comportan, como interactúan; descubrir sus creencias, valores, perspectivas, motivaciones y el modo de uso de tic son interrogantes sustanciales (Bisquerra y Alzina, 2004).

La importancia de describir y explicar las implicaciones y relaciones de tic con la formación profesional, vino a constituirse en el objetivo central de investigación. Describir y analizar las respuestas a cada interrogante formulada sobre el uso de tic en la formación profesional de los estudiantes de la facultad en estudio, se constituyen en objetivos secundarios de la investigación. El supuesto inicial fue: las tecnologías de la información y comunicación (tic), de hecho, tuvo escasas implicaciones y relaciones con la formación profesional de estudiantes de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Turismo (FACACET) de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). Cabe precisar que el periodo estudiado fue 2018-2019.

La formación profesional; según Valdés, Armas & Beatriz (2005) puede ser definida como: “práctica profesional productiva durante la formación comunicativa universitaria” (p.1). Hecho que requiere la elaboración de portales didácticos, entornos virtuales de aprendizaje, recursos didácticos, aplicaciones informáticas entre otros medios; los cuales, requieren del desarrollo de actividades individuales y en equipo que consideren el uso de tic (Valdés, Armas & Beatriz, 2005, p.1). Dichos portales didácticos en entornos virtuales de aprendizaje, tienen que ser medidos a fin de contar con información útil para tomar decisiones que permitan a la academia un mejor el proceso de formación profesional. La enseñanza aprendizaje entonces en el siglo XXI ha cambiado radicalmente, el tema está en que los docentes cambien sus estilos de enseñanza, hagan adecuado uso de tic para fortalecer el proceso de formación profesional.

Valdés, Armas & Beatriz (2005) ya tenían claro hace más de 16 años atrás que: las tecnologías de la información y comunicación introducidas en la labor educativa hacen necesario el replanteamiento de las prácticas de enseñanza por parte de los profesores. Si bien la reflexión pedagógica asociada a la educación virtual hace especial hincapié en el alumno como centro del proceso, no se puede desestimar la importancia que en la enseñanza adquiere el docente en la enseñanza que conduce al aprendizaje más amplio e indicadores que se tienen en cuenta para buscar la excelencia en la labor docente: como la enseñanza flexible, el aprendizaje abierto, las competencias, los roles y tareas del docente. El trabajo didáctico con la herramienta producida para alcanzar tales fines contempla los nuevos escenarios y sus demandas para la Educación Superior, la situación de la docencia tradicional, el nuevo rol del docente universitario para satisfacer las necesidades actuales de formación y la comparación entre el rol tradicional del profesor y las nuevas características en la sociedad del aprendizaje (p.2).

Un referente importante referido a nuestro tema de investigación encontramos en la propuesta de Marín, Roldán y Tamayo (2009) en la memoria del V coloquio de experiencias educativas en el contexto universitario, consideran que: en la actualidad nos adentramos cada vez con mayor profundidad en la sociedad de la Información. Hecho que ha traído nuevos paradigmas a la educación superior que se manifiestan en nuestro país en los conceptos de masificación y universalización de los estudios universitarios, el logro de una sociedad con una cultura cada vez mayor y la educación para todos durante toda la vida. Aspecto que conduce, como una arista del problema, a la necesidad del empleo amplio y polifacético de las tic, para todas las modalidades de estudio y principalmente la de los estudios de pregrado en la educación superior en la búsqueda de la elevación permanente de la calidad del proceso de formación de los profesionales en las carreras universitarias, donde la variable de calidad infraestructura asume entre sus indicadores el aseguramiento material para el empleo de la computación y las tic en cada carrera (p.1).

Resaltamos que la calidad del proceso de formación profesional hoy en día está condiciona a la calidad de infraestructura en materia de tecnología y comunicación; por lo que tomar conciencia de lo que viene ocurriendo al respecto es trascendental. Gallegos (2004) piensa que: las tecnologías de la información y la comunicación pueden facilitar el diseño y la realización de buenas intervenciones educativas en el aprendizaje de las tareas de enseñanza del profesorado en su formación inicial, así como a lo largo de su vida profesional. El E-Learning, la CMC (comunicación mediada por computador), los entornos virtuales de comunicación en general, y los foros de discusión asíncrona en particular, ofrecen respuestas basadas en WWW a las necesidades de comunicación de los distintos agentes que intervienen en las prácticas de enseñanza pertenecientes a escenarios y a estamentos diferentes (p.1).

El desarrollo metodológico aunado a la observancia estricta de los aspectos éticos en la formación profesional, así como también en el desarrollo de la investigación consideró en línea de Rozas (2014) que la ética en investigación es teoría y la moral es la práctica que se demuestra en los hechos, en todo el proceso de investigación. Rozas (2014) refiere que: “La moral se define como el conjunto de normas que regulan las relaciones los seres humanos entre sí, con sus instituciones y con la naturaleza, teniendo como eje de estudio los valores, lo que se debe hacer” (pp.13-14). La metodología utilizada consideró el uso de dos tipos de observación: la periférica y la plena. Por un lado, la observación periférica permitió actuar pasivamente sin interferir en el desarrollo de tic en la formación profesional de los estudiantes de la facultad estudiada; por otro lado, la observación plena fue utilizada en determinados momentos de la investigación, hecho este que tiene el propósito de observar sus reacciones en cuanto al uso de diversas tecnologías de la información y comunicación.

Los resultados evidencian la existencia de brechas en el uso de tic por parte de los docentes de las cuatro escuelas profesionales integrantes de la facultad estudiada a lo largo de la formación profesional de sus estudiantes que tienen una duración promedio de 5 años. Cabe resaltar que la valoración de los estudiantes en términos globales en referencia a la utilización de tic es inferior en relación con la percepción que tienen de las otras actividades de formación profesional. Este hecho

se profundiza en el primer año de estudios en las escuelas profesionales; además, los promedios de valoración evidencian que la percepción de los estudiantes en relación con el desempeño docente en la asignatura tecnologías de la información y comunicación está por debajo de los promedios de todas las asignaturas cursadas a lo largo de su formación profesional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Estudiar tic en la formación profesional de los estudiantes de la facultad de ciencias administrativas, contables, económicas y turismo de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (periodo 2018- 2019) por cada escuela integrante se consideró como base la encuesta que los estudiantes responden al finalizar cada semestre. Dicha encuesta consta de veinte preguntas las mismas que fueron categorizadas en dos bloques: El primer bloque aborda el uso de tic y consta de tres preguntas; el segundo bloque se refiere a la formación profesional en 17 interrogantes. Este último bloque contempla tres categorías de segundo orden: sílabo, sesión de clase y evaluación. Se calcularon los promedios de valoración de los estudiantes seleccionados en la muestra de 340 estudiantes. La muestra consideró la participación probabilística determinada a través del muestreo aleatorio simple de estudiantes de las cuatro escuelas profesionales: 79 de administración, 100 de contabilidad, 85 de economía y 76 de turismo; en proporción al tamaño de su población estudiantil.

El almacenamiento, sistematización y procesamiento de la información fue en entornos digitales; hecho que permitió la conversión de datos en información; la misma que a través del grupo focal como técnica verbal seleccionada permitió el intercambio de opiniones principalmente del equipo de investigación, dicha técnica fue tomada de la propuesta de Valles (1997) debido a que el grupo focal en línea es económica, ahorra tiempo y fondos; asimismo, se aplicó dicha técnica por ser amigable con los principales actores de la investigación realizada; es decir: los estudiantes y docentes; además de que promovió la interacción grupal. Apoya el uso de esta técnica la postura de Pazmiño (2008), cuando se refiere a los procesos (pasos) clave a ser considerados al formar y dirigir grupos focales.

El instrumento para el uso de la técnica conversacional a través del grupo focal en línea o foro virtual; fue utilizado en atención a la propuesta de Thierbach (2006), debido a la naturaleza de la investigación, versatilidad, bajo costo, optimización del tiempo y ahorro de inversión. Además, se tomó en consideración la propuesta de Sánchez (2009), para la formulación del diseño del instrumento del foro virtual. Estas técnicas en realidad ya incorporan en su seno a técnicas tradicionales de la investigación cuantitativa, es el caso de encuesta, siendo su instrumento el cuestionario; sin embargo, debemos precisar que los instrumentos para este caso han sido virtuales. Los formularios virtuales utilizados permitieron el recojo de información, el procesamiento y sistematización de datos fue posible gracias a la hoja electrónica Excel y la descripción y análisis de información se realizó mediante foros virtuales.

3. RESULTADOS

Durante el periodo 2018-2019 la percepción de los estudiantes de la facultad de ciencias administrativas, contables, económicas y turismo de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, evidencia que el desempeño docente en cuanto al uso de tic no alcanza tres cuartos (7.50) en una escala de valoración de diez (10). Los promedios obtenidos en las cuatro escuelas estudiadas son: administración 6.86 (79 informantes), contabilidad 6.77 (100 informantes), economía 7.07 (85 informantes) y turismo 7.44 (76 informantes). Estos resultados analizados con base a la nota aprobatoria de 14 establecidas en la universidad en una escala de valoración de 0 a 20; indican que, en percepción de los estudiantes, los usos de tic en su formación profesional obtuvieron nota aprobatoria en las escuelas profesionales de turismo y economía; en contabilidad y administración no alcanzaron la nota aprobatoria.

Asimismo, estos resultados representan la opinión de los 2970 estudiantes de la facultad estudiada; población estudiantil a inicios del 2018. Dicha población estuvo integrada por 688 estudiantes de administración, 872 de contabilidad, 744 de economía y 666 de turismo. La muestra determinada en 340 refleja la estratificación realizada por escuelas, conforme se puede apreciar en la columna denominada conteo de la tabla 1.

Tabla 1

Uso de tecnologías de la información y comunicaciones en la formación profesional, a nivel general

Detalle de preguntas realizadas a los estudiantes	Administración		Contabilidad		Economía		Turismo	
	Promedio	Conteo	Promedio	Conteo	Promedio	Conteo	Promedio	Conteo
Tic	6.819	237	6.750	300	7.053	255	7.379	228
11. El profesor propone actividades para favorecer la investigación (Búsqueda de información complementaria, trabajos, artículos, etc.)	6.860	79	6.779	100	7.152	85	7.454	76
12. El profesor utiliza recursos didácticos (Medios audiovisuales, maquetas y en general TICS) que ayuden a comprender los contenidos	6.797	79	6.736	100	6.964	85	7.315	76
13. El profesor utiliza la metodología de enseñanza adecuada a las características del grupo y de la asignatura	6.802	79	6.734	100	7.043	85	7.367	76
Total general	6.859	1580	6.767	2000	7.071	1700	7.435	1520

Nota: Esta tabla muestra el promedio de calificación que otorgaron los estudiantes sobre el desempeño de los docentes y el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones (tic), por cada una de las carreras profesionales integrantes de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Turismo (FACACET).

Fuente: Elaboración propia tomando como base las preguntas que responden los estudiantes al culminar cada semestre sobre el desempeño docente en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (2020).

En los estudios generales que cursaron los estudiantes de todas las escuelas profesionales integrantes de la facultad de ciencias administrativas, contables, económicas y turismo de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; en el periodo 2018-2019, ha quedado evidenciado que el desempeño docente en cuanto al uso de tic, en las escuelas profesionales de administración y contabilidad el promedio indica que no alcanzan la nota aprobatoria. Las escuelas profesionales de economía y turismo apenas alcanzan la nota aprobatoria. Sin embargo, en la asignatura denominada tecnología de la información y comunicación, las cuatro escuelas no alcanzan nota aprobatoria bajo la lógica antes expuesta. Este hecho llama mucho la atención, puesto que en dicha asignatura que debió impulsarse el uso de tic en la formación profesional; es importante además resaltar este hecho que, a diferencia de otras asignaturas, los equipos de estudiantes para el desarrollo de clases prácticas fueron en números manejables.

Tabla 2

Uso de las tecnologías de la información y comunicaciones en la formación profesional, a nivel de estudios generales

Escuela profesional	11. El profesor propone actividades para favorecer la investigación (Búsqueda de información complementaria, trabajos, artículos, etc.)		12. El profesor utiliza recursos didácticos (Medios audiovisuales, maquetas y en general TICS) que ayuden a comprender los contenidos		13. El profesor utiliza la metodología de enseñanza adecuada a las características del grupo y de la asignatura	
	Promedio	Conteo	Promedio	Conteo	Promedio	Conteo
Ciencias Administrativas	6.94	790	6.86	790	6.89	790
Constitución Política y Derechos Humanos	7.55	79	7.32	79	7.43	79
Contabilidad General	6.23	79	6.14	79	6.22	79
Estrategias de Aprendizaje Autónomo	7.56	79	7.60	79	7.40	79
Filosofía y Ética	7.12	79	7.01	79	7.29	79
Introducción a la Economía	6.70	79	6.71	79	6.68	79
Liderazgo y Habilidades Sociales	7.28	79	7.34	79	7.38	79
Matemática I	6.07	79	6.02	79	6.19	79
Redacción de Textos	7.15	79	7.25	79	7.03	79
Sociedad y Cultura	8.07	79	7.62	79	7.71	79
Tecnologías de la Información y la Comunicación	6.54	79	6.43	79	6.44	79
Contabilidad	6.68	1000	6.56	1000	6.57	1000
Constitución Política y Derechos Humanos	4.57	100	4.30	100	4.25	100
Contabilidad General	7.20	100	7.27	100	7.20	100
Estrategias de Aprendizaje Autónomo	7.76	100	7.73	100	7.63	100
Filosofía y Ética	7.46	100	7.41	100	7.45	100
Introducción a la Economía	6.31	100	6.30	100	6.32	100
Liderazgo y Habilidades Sociales	7.72	100	7.75	100	7.71	100
Matemática I	6.82	100	6.42	100	6.57	100
Redacción de Textos	8.41	100	8.47	100	8.50	100
Sociedad y Cultura	7.78	100	7.09	100	7.61	100
Tecnologías de la Información y la Comunicación	4.70	100	4.78	100	4.53	100
Economía	7.49	850	7.24	865	7.43	850

Constitución Política y Derechos Humanos	6.42	85	6.46	85	6.51	85
Contabilidad General	7.54	85	7.73	85	7.52	85
Estrategias de Aprendizaje Autónomo	7.35	85	7.06	85	7.33	85
Filosofía y Ética	8.03	85	7.87	85	7.90	85
Introducción a la Economía	7.00	85	6.52	85	6.74	85
Liderazgo y Habilidades Sociales	7.27	85	7.06	85	7.25	85
Matemática I	7.98	85	7.46	85	7.87	85
Redacción De Textos	7.85	85	7.64	85	8.01	85
Sociedad y Cultura	8.64	85	8.04	85	8.23	85
Tecnologías de la Información y la Comunicación	6.52	85	6.41	100	6.54	85
Turismo	7.44	760	7.07	760	7.30	760
Constitución Política y Derechos Humanos	7.75	76	6.43	76	7.66	76
Contabilidad General	7.20	76	7.00	76	6.90	76
Estrategias de Aprendizaje Autónomo	8.30	76	7.99	76	7.90	76
Filosofía y Ética	7.21	76	7.36	76	7.41	76
Introducción a la Economía	7.44	76	7.76	76	7.58	76
Liderazgo y Habilidades Sociales	7.20	76	7.32	76	7.35	76
Matemática I	6.83	76	6.22	76	6.34	76
Redacción de Textos	8.04	76	7.80	76	7.89	76
Sociedad y Cultura	8.10	76	7.55	76	8.08	76
Tecnologías de la Información y la Comunicación	6.89	76	6.36	76	6.69	76
Total general	7.07	3400	6.89	3415	6.98	3400

Nota: Esta tabla muestra el promedio de calificación que otorgaron los estudiantes de estudios generales sobre el desempeño de los docentes y el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones (tic), por cada una de las carreras profesionales integrantes de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Turismo (FACACET).

Fuente: Elaboración propia tomando como base las preguntas que responden los estudiantes al culminar cada semestre sobre el desempeño docente en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (2020).

En las escuelas profesionales de administración y contabilidad opinan los estudiantes que el desempeño docente en promedio alcanza 6.87 y 6.77 respectivamente; mientras que en la escuela profesional de economía es de 7.08 y en turismo 7.45.

Tabla 3
Formación profesional

Detalle de preguntas realizadas a los estudiantes	Administración		Contabilidad		Economía		Turismo	
	Promedio	Conteo	Promedio	Conteo	Promedio	Conteo	Promedio	Conteo
Formación Profesional	6.866	1343	6.770	1700	7.075	1445	7.445	1292
Sílabo	6.839	158	6.738	200	7.076	170	7.471	152
1. El sílabo es sustentado por el profesor y contiene la información pertinente (Objetivos, dosificación de temas, programación de actividades, bibliografías, etc.) para el desarrollo de la asignatura	6.848	79	6.729	100	7.139	85	7.506	76
17. El profesor toma en consideración la propuesta de los alumnos sobre el desarrollo de la asignatura	6.830	79	6.746	100	7.013	85	7.436	76
Sesión de clase	6.862	869	6.776	1100	7.075	935	7.423	836
10. El profesor cumple con los horarios de tutoría establecidos	6.860	79	6.750	100	7.008	85	7.316	76
14. El profesor utiliza un lenguaje claro durante el proceso de enseñanza y aprendizaje	6.862	79	6.792	100	7.148	85	7.415	76
19. El profesor responde con respeto e interés las intervenciones de los alumnos	6.916	79	6.774	100	7.126	85	7.492	76
2. El profesor comienza y termina las clases a la hora fijada en el horario y lugar	6.917	79	6.795	100	7.082	85	7.451	76
3. El profesor explica los motivos de su inasistencia	6.914	79	6.783	100	7.039	85	7.453	76
4. El profesor muestra dominio de la asignatura	6.911	79	6.845	100	7.127	85	7.487	76
5. El profesor inicia cada tema exponiendo los objetivos del Mismo	6.789	79	6.751	100	7.078	85	7.425	76
6. Existe una comunicación fluida entre el profesor y los estudiantes	6.823	79	6.753	100	7.064	85	7.446	76
7. El profesor destaca los aspectos fundamentales de cada tema	6.869	79	6.774	100	7.090	85	7.406	76
8. El profesor realiza retroalimentación cuando los alumnos tienen dificultad en el aprendizaje	6.806	79	6.759	100	7.028	85	7.415	76
9. El profesor motiva a los alumnos para que se interesen por el tema	6.815	79	6.757	100	7.030	85	7.345	76
Evaluación	6.891	316	6.770	400	7.074	340	7.493	304
15. El profesor informa sobre el sistema de evaluación al inicio del curso	6.887	79	6.759	100	7.105	85	7.507	76

16. El profesor utiliza diferentes procedimientos (exámenes, trabajos, prácticas, intervenciones, etc.) para evaluar el aprendizaje de los alumnos	6.908	79	6.819	100	7.078	85	7.561	76
18. El profesor tiene un trato igualitario con todos los alumnos en sesiones de clase, calificación de evaluación y/o trabajos	6.859	79	6.721	100	7.052	85	7.409	76
20. En forma integral, valore globalmente al profesor de la asignatura	6.912	79	6.781	100	7.061	85	7.497	76

Nota: Esta tabla muestra el promedio de calificación que otorgaron los estudiantes sobre el desempeño de los docentes, en lo referente a la formación profesional, por cada una de las carreras profesionales integrantes de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Turismo (FACACET).

Fuente: Elaboración propia tomando como base las preguntas que responden los estudiantes al culminar cada semestre sobre el desempeño docente en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (2020).

4. DISCUSIÓN

La teoría sobre el uso de las tecnologías de la información y comunicación en la formación profesional no deja lugar a titubeos; las posturas de Bisquerra y Alzina (2004), sobre la comprensión con empatía de tic, el uso de portales didácticos, entornos virtuales de aprendizaje, entornos didácticos, aplicaciones informáticas entre otros desde la óptica de Valdés, Armas y Beatriz (2005); además de su postura sobre la práctica profesional productiva a través del uso de tic en la labor educativa. Marín, Roldán y Tamayo (2009) dan a entender que nos sumergimos en la sociedad de la Información, cada vez a mayor velocidad; hecho este que implica el giro a nuevos paradigmas en la formación profesional, en el proceso de enseñanza aprendizaje, en todos los actos u hechos realizados por el hombre. Es innegable entonces que el proceso de formación profesional en el siglo XXI requiere de la concurrencia ineludible de tic.

Los resultados plasmados en los promedios obtenidos sobre el desempeño docente, evidencian la existencia de brechas en el uso de tic por parte de los docentes de las cuatro escuelas profesionales estudiadas; destacándose en dichos resultados la valoración de los estudiantes en términos globales sobre el uso de tic. El promedio de este aspecto trascendental en la formación profesional es inferior en comparación con la percepción que tienen de las otras actividades de formación profesional. Este hecho se profundiza en el primer año de estudios; que corresponde a los estudios generales y que por norma es de cumplimiento obligatorio. Cabe resaltar la percepción de los estudiantes sobre el desempeño docente en la asignatura tecnologías de la información y comunicación está por debajo de los promedios de todas las asignaturas cursadas a lo largo de su formación profesional.

Los resultados evidencian la necesidad de efectuar mejoras en el proceso de formación profesional a través del uso intensivo de tic en las cuatro escuelas profesionales integrantes de la facultad estudiada. Entender que el uso de tic es transversal en el desarrollo de todas las asignaturas, es sustancial para el éxito del proceso formativo de las nuevas generaciones de profesionales. Es el docente que en su rol mediador debe canalizar las competencias tic que tienen los estudiantes en la formación profesional; sin embargo, para tal hecho requiere de capacitación intensiva en el entorno de las asignaturas que regenta; no solo se trata de capacitación genérica en uso de tic; si no también de capacitación especializada en tic aplicables en el desarrollo de las asignaturas. Este hecho permitirá mediar adecuadamente el proceso de formación profesional de los estudiantes en un contexto tic.

5. CONCLUSIONES

El uso de las tecnologías de la información y comunicación por parte de los docentes de las escuelas profesionales integrantes de la Facultad de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y Turismo tuvo escasa relación e implicación con la formación profesional de los estudiantes de esta facultad en el periodo 2018-2019.

Las tecnologías de la información y comunicaciones, en lo que se refiere a que uso le dan los docentes de la facultad donde se realizó el estudio, ha obtenido un promedio de valoración que apenas alcanza una nota aprobatoria para el periodo 2018-2019 comparada con la nota aprobatoria establecida en la universidad para los estudiantes.

En el primer año de estudios generales realizados en el periodo 2018-2019, el uso de tic en la formación profesional por parte de los docentes de las escuelas profesionales de administración, contabilidad, economía y turismo, ha obtenido un menor promedio al obtenido a nivel de todos los años de formación profesional.

La asignatura que menos promedio ha obtenido en el periodo 2018-2019, en el desarrollo de los estudios generales en la facultad estudiada es: tecnologías de la información y comunicación. En las cuatro escuelas profesionales no alcanzaron no aprobatoria, pese a la conformación de grupos de estudiantes manejables en las clases prácticas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bisquerra, R., & Alzina, R. B. (2004). Metodología de la investigación educativa (Vol. 1). Editorial La Muralla.

Pazmiño, C. I. (2008). Tiempo de investigar, investigación científica 2: cómo hacer una tesis de grado. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Rozas, S. R. (2014). Bioética y derecho en biotecnología. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Sánchez, U. A. A. (2009). Nuevos modos de interacción educativa: análisis lingüístico de un foro virtual. Educación y educadores, 2009, volumen 12, número 2, pp. 29-46. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Thierbach, L. (2006). El foro virtual ¿hacia una comunicación sin sujetos? Educación, lenguaje y sociedad. vol. iv, nº 4, 2006, pp. 131-153. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Valles, M. S. (1997). Los grupos de discusión y otras técnicas afines, en Técnicas cualitativas de investigación social. Reflexión metodológica y práctica profesional. Madrid: Síntesis. (279-335)

Gallegos (2004). Intervenciones formativas basadas en www para guiar el inicio de la práctica profesional de los docentes. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Marín, A. J. M., Roldán, I. R., & Tamayo, P. T. D. J. (2009). La calidad de la formación del profesional: una visión desde el uso de las tic en la universidad de la habana. Memorias del v coloquio de experiencias educativas en el contexto universitario. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Valdés, M. C., Armas, N. D., & Beatriz, D. S. (2005). Una herramienta tic estratégica para el crecimiento profesional en la sociedad del conocimiento: la formación transversal curricular de competencias comunicativas. Edutec Nº. 26, 07/08. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Agradecimientos

A todos los colegas y estudiantes de las escuelas profesionales de administración, contabilidad, economía y turismo que prestaron valiosa colaboración para la realización del estudio.

Los juegos tradicionales y las matemáticas escolares

Traditional games and school mathematics

Zenayda Nicol Condori Huayhua, Alfredo Taparaco Huaylla, Herbert Jhon Apaza Luque
Escuela Profesional de Educación-Canas, UNSAAC
Cusco, Perú

194011@unsaac.edu.pe

Código ORCID: 0000-0001-8759-6553

191803@unsaac.edu.pe

Código ORCID: 0000-0002-0914-2422

herbert.apaza@unsaac.edu.pe

Código ORCID: 0000-0001-6465-8643

Resumen

Los juegos en general y los tradicionales en particular son inherentes a una cultura, creados por la necesidad de socializar entre personas, sin embargo, en estos tiempos los niños, jóvenes y personas adultas son cegados por la tecnología. Con este estudio se pretende conocer, clasificar y diagnosticar la importancia pedagógica de los juegos tradicionales que se practican en las comunidades de Huarcachapi (Canas), San Pablo (Canchis), Yanaoca (Canas) y Paccopata (Paruro). Se opta por un estudio de casos de corte etnográfico, en el que se analiza cuatro comunidades de la región de Cusco. Para recoger información se realizan entrevistas semi estructuradas a docentes, padres de familia y estudiantes. Se recolectó una variedad de juegos tradicionales practicados, y a partir de esta información se presenta una propuesta de clasificación de los juegos tradicionales, analizando la relevancia de su práctica pedagógica en el aprendizaje de la matemática y su papel en el desarrollo socioemocional de los estudiantes de educación primaria en un contexto de la pandemia del Covid-19 y la fuerte influencia de la tecnología que restringe su práctica.

Palabras clave: Juegos tradicionales, didáctica de la matemática, tecnología

Abstract

Games in general and traditional games in particular are inherent to a culture, created by the need to socialize between people, however, in these times children, youth and adults are blinded by technology. This study aims to know, classify and diagnose the pedagogical importance of traditional games that are practiced in the communities of Huarcachapi (Canas), San Pablo (Canchis), Yanaoca (Canas) and Paccopata (Paruro). An ethnographic case study is chosen, in which four communities in the Cusco region are analyzed. To collect information, semi-structured interviews are conducted with teachers, parents and students. A variety of traditional games practiced was collected, and from this information a proposal for the classification of traditional games is presented, analyzing the relevance of their pedagogical practice in the learning of mathematics and their role in the socio-emotional development of education students. primary school in a context of the COVID-19 pandemic and the strong influence of technology that restricts its practice.

Keywords: Traditional games, pedagogical importance, technology.

1. INTRODUCCIÓN

La práctica de los juegos tradicionales cumple un papel importante en un contexto de restricciones de movilidad, en los espacios públicos de los niños y las personas adultas a raíz de la pandemia causada por el Covid-19; por ello es necesario y urgente incorporar los juegos como parte de las actividades de aprendizaje de las matemáticas desde las escuelas y las familias, de igual

forma, es beneficiosa para nuestra salud, reduciendo el estrés, la ansiedad, y la depresión. Desde el planteamiento de (Piaget, 1956) afirma que: “El juego forma parte de la inteligencia del niño, porque representa la asimilación funcional o reproductiva de la realidad según cada etapa evolutiva del individuo”. Según este autor el niño tiene que jugar porque la realidad le desborda, no puede interactuar, les falta información a los niños para poder procesarla, por tanto, crean la suya en función de los conocimientos que van adquiriendo.

Según la teoría de Piaget, el juego se clasifica en cuatro tipos: motor, simbólico, de reglas y de construcción. Las tres primeras corresponden a cada etapa evolutiva del niño; es decir, los juegos motores corresponden a la edad de 0 a 2 años; el juego simbólico se presenta en la edad de 2 a 6 años; el juego de regla aparece desde los 6 a 12 años. El último tipo de juego que es de construcción está presente desde el nacimiento del individuo y aproximadamente hasta los 18 años (Damián Núñez, 2011).

Como señala (Díaz, 2011), actualmente los juegos practicados por los niños o adolescentes podemos organizarlos por los tipos de juego según Jean Piaget, para facilitar la comprensión y explicación de los juegos, en referencia a cada contexto y etapa del niño; la estructura secuencial es la siguiente:

- a. Juego funcional o sensoriomotor: Corresponde a los primeros años de vida del individuo, este juego tiene el objetivo de satisfacer sus necesidades y el placer funcional. Empieza con la coordinación de movimientos de objetos simples, asimismo necesita el desplazamiento, en este periodo los padres ofrecen a los niños distintos objetos como la sonaja, juegos musicales o multicolores, que a su vez los padres acompañan en juegos cantando con palmadas.
- b. Juego simbólico: En esta etapa los niños son más creativos e imaginativos; ya que fingen algunas actividades presentes en su contexto; por ejemplo, darle de comer a las muñecas; jugar con la escoba como si fuera un muñeco; etc. Estos juegos implican actos complejos de simulación, representación y movimiento.
- c. Juego de reglas: Constituyen juegos en el aire libre o juegos de mesa; el niño entiende las reglas no como una imposición, sino fundamentalmente como una actividad lúdica; por ejemplo, ajedrez, damas, las escondidas, el lobo, etc. Los juegos de regla son de aparición más tardía, ya que se necesita la socialización con las demás personas.
- d. Juego de construcción: Aparece desde el primer año de vida del individuo y se realiza paralelamente con los demás tipos de juego; estando al servicio del juego predominante a cada etapa.

Para comprender la evolución de los juegos tradicionales practicados por los niños y las familias es importante conocer los cambios socioculturales ocurridos en el tiempo y los distintos espacios regionales, desde la visión de nuestros antepasados que son los ancianos o padres de familia; asimismo de los profesores y estudiantes. El presente estudio parte de una interrogante general ¿Qué juegos tradicionales se practican en las comunidades de Huarcachapi, San Pablo, Yanaoca y Paccopata? a partir de esta interrogante queremos explorar y valorar distintos juegos que en la actualidad van desapareciendo su práctica, a su vez incorporar estos juegos al proceso de aprendizaje y enseñanza de las matemáticas en las sesiones de aprendizaje del aula.

Para responder a estas interrogantes, se lleva a cabo la realización de entrevistas grabadas a padres, profesores y estudiantes de dichas comunidades; esto para que se tenga respuestas propias de cada experiencia; ya que los resultados obtenidos fueron analizados, mostrando autenticidad y en algunos casos la coincidencia de distintos juegos practicados con las demás comunidades.

En consecuencia, el objetivo de nuestro estudio es conocer los juegos tradicionales que se practican en las comunidades de Huarcachapi, San Pablo, Yanaoca y Paccopata; a partir de ello organizar en tipos de juegos tradicionales en base a la información de las comunidades y diagnosticar la importancia pedagógica de los juegos tradicionales en el aprendizaje de la matemática.

2. METODOLOGÍA

El estudio corresponde al enfoque cualitativo, por un estudio de casos de corte etnográfico, porque describimos los juegos tradicionales identificados en las cuatro comunidades en la Región Cusco. Para recoger la información se realizan entrevistas semi estructuradas a docentes, padres de familia y estudiantes. Prioritariamente respondemos a la pregunta de investigación, ¿Qué juegos tradicionales se practican en las comunidades de Huarcachapi, San Pablo, Yanaoca y Paccopata?, además, buscamos cómo los sujetos describen las experiencias vividas, a través de un diálogo ameno convertido en entrevista. Posteriormente, analizamos e interpretamos los datos obtenidos.

2.1. Técnica de recogida de datos y participantes

Considerando el enfoque cualitativo de la investigación, utilizamos la entrevista como una herramienta para conocer las respuestas de los participantes, para lo cual, se consideró la participación de profesores, padres de familia y estudiantes de las comunidades de Huarcachapi, San Pablo, Yanaoca y Paccopata.

Cuadro 1. Características de los participantes.

N°	Participantes	Rol	Lugar de la institución educativa
1	Florencio Quispe	Docente	Quellabamba-Huarcachapi
2	Walter Alata	Docente	Yanaoca- Canas
3	Luz Apaza	Docente	Chara- San Pablo
4	Audaz Chinchero	Docente	Yanaoca- Canas
5	Gabino Champi	Docente	Yanaoca- Canas
6	Eliseo Mamani	Estudiante	Quellabamba-Huarcachapi
7	Fernando Camargo	Estudiante	Paccopata-Paruro
8	Dany E. Bellido	Estudiante	Yanaoca- Canas
9	Mitca Pochuancc	Estudiante	Chara- San Pablo
10	Clarita Chilo	Estudiante	Huarcachapi -Descanso
11	Belinda Ovalle	Estudiante	Paccopata-Paruro
12	Cristian Olivares	Estudiante	Yanaoca- Canas
13	Jon Olivares	Estudiante	Yanaoca- Canas
14	Fernando Aparicio	Estudiante	San Pablo-Canchis
15	Ernesto Chilo	Padre de Familia	Huarcachapi-Descanso
16	Julia Mendoza	Padre de Familia	Paccopata-Paruro
17	Oliverio Mamani	Padre de Familia	Chara- San Pablo
18	Rocilia Huayta	Padre de Familia	Huarcachapi-Descanso
19	Saida Ancasi	Padre de Familia	Paccopata-Paruro
20	Ignacio Roque	Padre de Familia	Huarcachapi- Descanso
21	Alainn Ancas	Padre de Familia	Paccopata-Paruro

Fuente. Elaboración propia de los autores

2.2. Instrumentos para recoger y analizar la información

Los instrumentos aplicados en la investigación, son las entrevistas dirigidas a profesores, padres de familia y estudiantes de las comunidades de Huarcachapi, San Pablo, Yanaoca y Paccopata. A través de las entrevistas podemos conocer la práctica de los juegos tradicionales que se dan en la comunidad o dentro de la institución educativa, y saber si los juegos mencionados tienen alguna relación con las matemáticas. Cabe mencionar que los datos son obtenidos individualmente, puesto que, cada entrevista es grabada con el consentimiento de los participantes.

Para iniciar con la entrevista, primero se entabla una conversación amena sobre temas rutinarios de la vida o temas de fácil acceso para generar confianza, sin embargo, durante la entrevista se tiene en claro los objetivos de nuestra investigación.

Algunas de nuestras preguntas a docentes fueron:

- ¿Qué juegos tradicionales ha jugado usted en su infancia?
- ¿Dónde aprendió esos juegos?
- ¿Usted incorpora alguno de estos juegos en sus sesiones de clase?
- Según los juegos mencionados por usted, ¿cómo podemos trabajar los juegos para desarrollar las competencias matemáticas?
- Desde su experiencia ¿qué importancia tienen los juegos tradicionales en la formación de los niños? Preguntas a padres de familia:
- ¿Qué juegos tradicionales usted conoce?
- ¿Qué juegos tradicionales les enseñó a sus hijos?
- Respecto a los juegos mencionados ¿cree que tienen alguna relación con las matemáticas?
- ¿Qué juegos tradicionales se dejaron de jugar?

Preguntas a los estudiantes:

- ¿Qué juegos tradicionales conoces?
- ¿Dónde has aprendido más juegos, en la escuela, con tu familia o con tus amigos?
- ¿Los juegos que me has dicho dónde lo has aprendido?
- ¿Dónde juegas mayormente los juegos que mencionas?
- Respecto a los juegos mencionados ¿cree que tienen alguna relación con las matemáticas? Explícanos.

3. RESULTADOS

Se han entrevistado a 4 docentes, 7 padres de familia y 9 estudiantes de las cuatro comunidades. Nuestros informantes dan a conocer los juegos tradicionales que se practican en las comunidades de Huarcachapi, San Pablo, Yanaoca y Paccopata; en el diáñogo predendemos relacionar estos juegos con las matemáticas. De esa manera, identificamos los juegos que se practican en dichas comunidades. Por otro lado, buscamos organizar los juegos tradicionalmente en base a las características que nos facilita nuestros informantes de las comunidades. Por último, presentamos reflexiones sobre la importancia pedagógica de los juegos tradicionales en el aprendizaje de la matemática.

Cuadro 2. Entrevistas realizadas a docentes de las comunidades de Huarcachapi (Canas), San Pablo (Canchis) y Yanaoca (Canas)

Comunidades	Número de entrevistas realizadas
Huarcachapi	1
San Pablo	1
Yanaoca	3

Fuente. Elaboración propia de los autores

Cuadro 3. Entrevistas realizadas a padres de familia de las comunidades de Huarcachapi (Canas), San Pablo (Canchis) y Paccopata (Paruro)

Comunidades	Número de entrevistas realizadas
Huarcachapi	3
San Pablo	1
Paccopata	3

Fuente. Elaboración propia de los autores

Cuadro 3. Entrevistas realizadas a estudiantes de las comunidades de Huarcachapi (Canas), San Pablo (Canchis), Yanaoca (Canas) y Paccopata (Paruro)

Comunidades	Número de entrevistas realizadas
Huarcachapi	2
San Pablo	2
Yanaoca	3
Paccopata	2

Fuente. Elaboración propia de los autores

Los juegos tradicionales que se practican en las cuatro comunidades, son juegos similares con algunas variaciones en el procedimiento, al nombrarlos y también en la ejecución al momento de jugar. Algunos de estos juegos con mayor frecuencia son: los aros, los trompos, las canicas, plic plac, chapitas, al ampay y mata chola. Otros juegos con menor frecuencia en su práctica son: paso reque, matatiru tirula y pharpanchu. Asimismo, un docente de Yanaoca nos informa, sobre cómo relaciona el juego de aros, para formar conceptos de forma y movimiento en matemática, en este caso aprovechando los elementos que compone el juego:

“.....como docente, lo que hago es que traigan sus aros para recordar su niñez, ahí es donde el docente debe plantear de cómo se juega o se desarrolla el equilibrio del aro con la manilla, ya que es el punto de contacto y el punto de tangencia, porque hay un punto de contacto, el único A, ese es el punto de tangencia, ahí está la matemática. Otros van a traer aros grandes, pequeños y medianos, entonces ¿qué diferencia hay?, mira sin necesidad de realizar o trabajar conocimientos, ¿qué diferencia hay entre un aro pequeño o chico? ‘al toque’ vamos a encontrar diferentes respuestas,

pero siempre hay uno que dice: allí hay profesor el diámetro, ahí refuerzas claro el diámetro, el otro tiene diámetro más grande y el otro pequeño. Mira sin necesidad de estar haciendo esfuerzo sobrehumano así ¿qué será el diámetro?, ah entonces, se podrá trazar un segmento: si profesor, si pero no van hacer iguales ¿el diámetro que será?, pues es un segmento más, es una cuerda máximo, así se incorpora por ejemplo ese juego en la matemática y no solo eso, también se puede trabajar áreas, se puede trabajar perímetros, se puede trabajar volúmenes, se puede trabajar esferas, y muchas más competencias con solamente utilizando los aros” (docente, Yanaoca).

Un padre de familia de Paccopata nos cuenta de los cambios que ha ocurrido en el tiempo, de cuando él era niño, con los niños de hoy.

“.....por ejemplo en el columbio a cambiado; ahora en cualquier cosa se ponen a jugar, por ejemplo los hijitos en acá, en los tirantes de la casa se ponen a jugar. En cambio nosotros como a modo de ir a pastear las ovejas teníamos que llevar la sogá y conseguir un árbol, lo más grande posible que sea para columpiar, eso es lo que a cambiado, porque hoy en día los niños ya no quieren pastear pues los animales, están en otra cosa, así esta pues, es lo que ha cambiado ahora” (padre de familia, Paccopata)

Uno de los niños de Yanaoca, indica la relación de los juegos tradicionales con los números.

“.....por ejemplo, ahí dice la pregunta; ¿manzanita del Perú, cuántos años tienes?

Entonces responden 12 y ahí encontramos los numero saltando” (Estudiante, Yanaoca)

Según (Berga, 2013 citado en Flores, 2020), las matemáticas de hoy en día no se aprenden rellenado fichas para llenar nuestro conocimiento, más al contrario consta de manipular materiales reales. No es necesario inundar de teorías para el conocimiento del niño, sino, que él sea el protagonista de su propio espacio, donde pueda resolver sus problemas o desarrollar actividades con la finalidad de obtener resultados en beneficio de su aprendizaje.

Según las entrevistas realizadas tanto a docentes, padres de familia y estudiantes, identificamos los diferentes juegos tradicionales que se practican en las cuatro comunidades.

Cuadro 4. Juegos identificados en las comunidades de las comunidades de Huarcachapi (Canas), San Pablo (Canchis), Yanaoca (Canas) y Paccopata (Paruro).

COMUNIDADES	JUEGOS TRADICIONALES POR CADA COMUNIDAD
Huarcachapi	Trompos, ch`uchus, canicas, plic plac, números de cuatro esquinas a cuatro esquinas, alampay, pelota, yaxes y arroz con leche, a las chapas, salta pititas, Taps (chapis). (13)
San Pablo	Paso reque,tumba latas, matatiru tirula, la gallinita ciega, el lobo, la pesca pesca, trompo, aros, chuchos, tiros, taps, San Miguel Taytachay, batisoga, la papa se quema, bingo. (15)
Yanaoca	Aros, plic plac, mata chola, trompos, canicas (tiros), chapitas, fútbol, la gallinita ciega, la batisoga. (9)
Paccopata	Oveja oveja, cocinitas, waka wakay, escondidas, yaxes, canicas, vóley, fútbol, salta-sogas, Pharpanchu.(10)

Fuente. Elaboración propia de los autores

Después de recoger información a través de las entrevistas, ensayamos otra forma de clasificar los juegos tradicionales considerando las habilidades predominantes requeridas en cada juego,

esta clasificación permitirá a docentes y padres de familias, organizar mejor para su práctica. Esta forma de organización de los juegos se presenta a continuación.

Cuadro 5. Tipos de juegos por criterio de habilidades que mayor involucramiento

COMUNIDADES	HABILIDAD CON LOS PIES	HABILIDAD CON LAS MANOS	HABILIDADES SOCIALES	HABILIDADES COGNITIVAS
Huarcachapi	Plic plac; alavata; pelota; salta pititas.	Trompos; canicas; yaxes; chapas; Taps (chapis); Números de cuatro esquinas a cuatro esquinas.	ch`uchus; a las (chapis);	Al ampay; arroz con leche
San Pablo	Batisoga	tumba latas; trompo; aros; chuchos; tiros; taps;	Paso reque; matatiru Bingo tirula; la gallinita ciega; el lobo; la pesca pesca; San Miguel Taytachay; papa se quema.	
Yanaoca	Plic plac; fútbol; la batisoga.	Aros; mata chola; trompos; canicas (tiros); chapitas	La gallinita ciega	
Paccopata	Fútbol; salta-sogas; kiwicha.	Yaxes; canicas; vóley; pharpanchu.	Oveja oveja; cocinitas; waka wakay; escondidas (saphi saphi).	

Fuente. Elaboración propia de los autores

3.1. Clasificación de los juegos tradicionales según la teoría de Piaget

Los juegos tradicionales identificadas en las comunidades Huarcachapi, San Pablo, Yanaoca, Paccopata, se organizó en tipos de juegos tradicionales, según las características definidas por Piaget (1956) que corresponde a juego motor, simbólico, de reglas y construcción.

Tabla 6. Tipos de juegos tradicionales según Piaget

JUEGOS MOTORES	JUEGOS SIMBÓLICOS	JUEGOS DE REGLA
	Cocinitas El lobo	Alampay Aros
	Matatiru tirula Oveja oveja	Arroz con leche Batisoga
	San Miguel Taytachay	Bingo
	Waka wakay	Canicas (tiros) Ch`Uchus
		Chapitas Escondidas
		Fútbol
		La gallinita ciega La
		papa se quema
		La pesca pesca Mata
		chola
		Números de cuatro esquinas a cuatro esquinas
		Paso reque Pelota
		Pharpanchu Plic plac
		Salta pititas Taps
		Trompo Tumba latas
		Vóley Yaxes

3.2. Juegos de construcción

Los juegos tradicionales tienen una importancia pedagógica única y nutritiva en el aprendizaje de las matemáticas, porque el juego despierta la imaginación, la creatividad, incentiva la autonomía en el aprendizaje y es una manifestación propia del mundo interior de un niño, también ayuda en el pensar y razonar, asimismo en el desarrollo físico y cognitivo.

4. DISCUSIÓN

De los resultados expuestos, obtuvimos evidencias en la que los juegos tradicionales tienen gran valor en nuestra vida cotidiana, no solamente para los niños, sino también para los adultos; se convierte un medio para socializar, relacionarse entre niños y adultos. En las afirmaciones de Peraldo (2019) los niños viven un avance tecnológico rápido, en paralelo los estudiantes deberían desarrollar habilidades matemáticas básicas, de forma que se relacionen con el entorno y las actividades laborales.

En nuestro estudio de campo los participantes concuerdan al manifestar que los juegos tradicionales son parte esencial de la vida cotidiana; por ejemplo, el juego de empujar el aro, pertenece a prácticas ancestrales, empujar el aro es de diversión para los niños y les facilitaba movilizarse de un lugar a otro de forma rápida. En tiempos antiguos los niños tenían que caminar largas distancias para llegar a su institución educativa y no contaban con transportes tecnológicos, es así que utilizaban el aro para llegar temprano a su centro educativo.

Por ejemplo, en el juego de reglas “plic plac o rayuela” consiste en dibujar 10 casillas en el suelo y posteriormente enumerar; los participantes saltan en cada número consecutivo sin pisar las líneas. Este juego tiene como beneficio ayudar a los niños a contar y escribir los números, reforzando la habilidad de contar, razonar y mejorar su equilibrio; asimismo, presenta la secuencia numérica en diseño o marcas del juego, estas actividades desarrollan el pensamiento lógico matemático en el niño.

El juego tradicional “San Miguel Taytachay” pertenece al tipo de juego simbólico; la cantidad de participantes no excede a 15 participantes; el procedimiento consiste en que un participante tome el rol de un lobo y otro participante el de pastor. Los demás participantes son las ovejas, que se sientan en una columna agarrándose fuertemente de la cintura. Posteriormente, el lobo engaña al pastor diciendo algunas mentiras, por ejemplo: “tu casa se está quemado” y lanza una pelota hasta el lugar, mientras el pastor va a recuperar la pelota, el lobo va jalando a las ovejas para comérselo. En ese enfrentamiento las ovejas empiezan a gritar en reiteradas ocasiones “San Miguel Taytachay” y el pastor viene a rescatar a sus ovejas y finalmente cuenta el número de ovejas que le resta. Este juego tiene como beneficio ayudar a los niños en su desarrollo motor; asimismo, el pastor refuerza el conteo numérico, ya que es una herramienta base para iniciar el aprendizaje de las operaciones básicas, la relación entre número y cantidad y posterior a ello las operaciones de adición y sustracción.

Cabe aclarar que el juego simbólico “San Miguel Taytachay” y el juego de reglas “plic plac o rayuela”, según la clasificación en tipos de juegos por Jean Piaget, también corresponden a los juegos de construcción, ya que esta se realiza simultáneamente a los demás tipos de juegos y va evolucionando a lo largo de los años.

Según a las cuatro competencias matemáticas y los juegos tradicionales practicados en las comunidades, se organizan de la siguiente manera:

- a. Resuelve problemas de cantidad: en esta competencia los estudiantes resuelven problemas y comprenden nociones de cantidad, número y operaciones, referentes a las cuentas o la aritmética. Con relación a los juegos tradicionales encontrados, el juego de “tumba latas” corresponde a esta capacidad, ya que consiste en poner en cada lata un número, puede ser una cifra (dependiendo al grado, si el niño está en 4to grado se puede colocar números de dos cifras), luego se arma una torre, para que posteriormente, por turnos lancen una pelota para hacer caer las latas, estas latas derribadas se suman por cada participante que logre derrumbarlo.
- b. Resuelve problemas de regularidad equivalencia y cambio: El estudiante busca encontrar valores escondidos, para ello plantea ecuaciones, usa estrategias, procedimientos, grafica o manipula expresiones simbólicas. Por ejemplo, el juego de los “tiros o canicas”, consiste en

hacer un círculo y se traza una línea (cuty) desde la cual se lanzarán los tiros; empieza el juego cuando t'inkan el tiro. Este juego ayuda al niño obtener la noción de distancia y medida.

- c. Resuelve problemas de forma, movimiento y localización: El estudiante describe el movimiento de un objeto relacionándola con características o formas geométricas. Por ejemplo, el juego “mata chola” consiste en colocar en un trapo arena, convirtiéndola en una pelota, esta se cuelga en un poste o palo haciéndola girar en sentido opuesto en parejas. El objetivo matemático es que presenta una noción de círculo, fuerza, habilidad, trayectoria, estimación de longitud (palo) y peso (pelota).
- d. Resuelve problemas de gestión de datos e incertidumbre: El estudiante analiza datos o estudios de situaciones aleatorias, elaborando predicciones razonables en gráficos, medidas probabilísticas o estadísticas. En esta competencia podemos encontrar la mayoría de los juegos, por ejemplo, el juego de yaxes, este juego es grupal, cada participante para empezar se “chuza” o “rige” con la mano y lo restante va recogiendo al momento de lanzar una pelotita. El objetivo matemático es la adición, calculo mental, asimismo se puede realizar una estadística de cada jugador al nivel que van llegando.

Actualmente los juegos tradicionales cumplen el papel importante en la vida del niño, por ende, los nuevos enfoques de la educación plantean que el juego es el medio primordial para alcanzar los objetivos de un aprendizaje significativo; pero están en peligro de desaparecer porque no se practican mucho en las últimas generaciones. Es así que, rescatar estos juegos para utilizarlo como estrategia del desarrollo de las competencias matemáticas, es una tarea educativa (Flores Carpio, 2018).

5. CONCLUSIÓN

Los espacios donde se ubican las comunidades Huarcachapi, San Pablo, Yanaoca y Paccopata conforman cuatro regiones del sur de Cusco, en estas comunidades se practican una diversidad de juegos tradicionales potentes para ser incorporados en las escuelas y relacionarlas con las habilidades matemáticas. Además, de cubrir la necesidad de la socialización entre niños y niñas, contrarresta el abuso de juegos generado por el internet.

En las cuatro comunidades se han identificado 31 juegos tradicionales distintos, en Huarcachapi 13, en San Pablo 15, en Yanaoca 9 y en Paccopata 10. Consideramos que en estas regiones se practican una variedad de juegos tradicionales potentes para el desarrollo de los niños y niñas de estas regiones y comunidades aledañas, que debieran ser incorporados en la educación escolar.

Siguiendo la propuesta de Piaget (1956) se han identificado 6 juegos de tipo simbólico y 25 juegos de regla, ninguno de tipo motora. Es preciso indicar además que los dos tipos identificados son también de tipo construcción. Considerando las habilidades que se requieren desempeñarse en mayor proporción presentamos cuatro tipos: habilidades con los pies, habilidades con las manos, habilidades sociales y habilidades cognitivas.

Desde el tipo de juego simbólico, donde se promueve asumir roles distintos para comprender la realidad, de forma similar las matemáticas escolares también presentan diversas situaciones de aprendizaje que enfrenta el niño. En cambio, desde el tipo de juego de reglas, los juegos presentan un orden lógico, como las secuencias de numeración, grupos de personas, también la combinación de cuentas (operaciones matemáticas), la ubicación en el espacio, la descripción de formas y la gestión de datos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

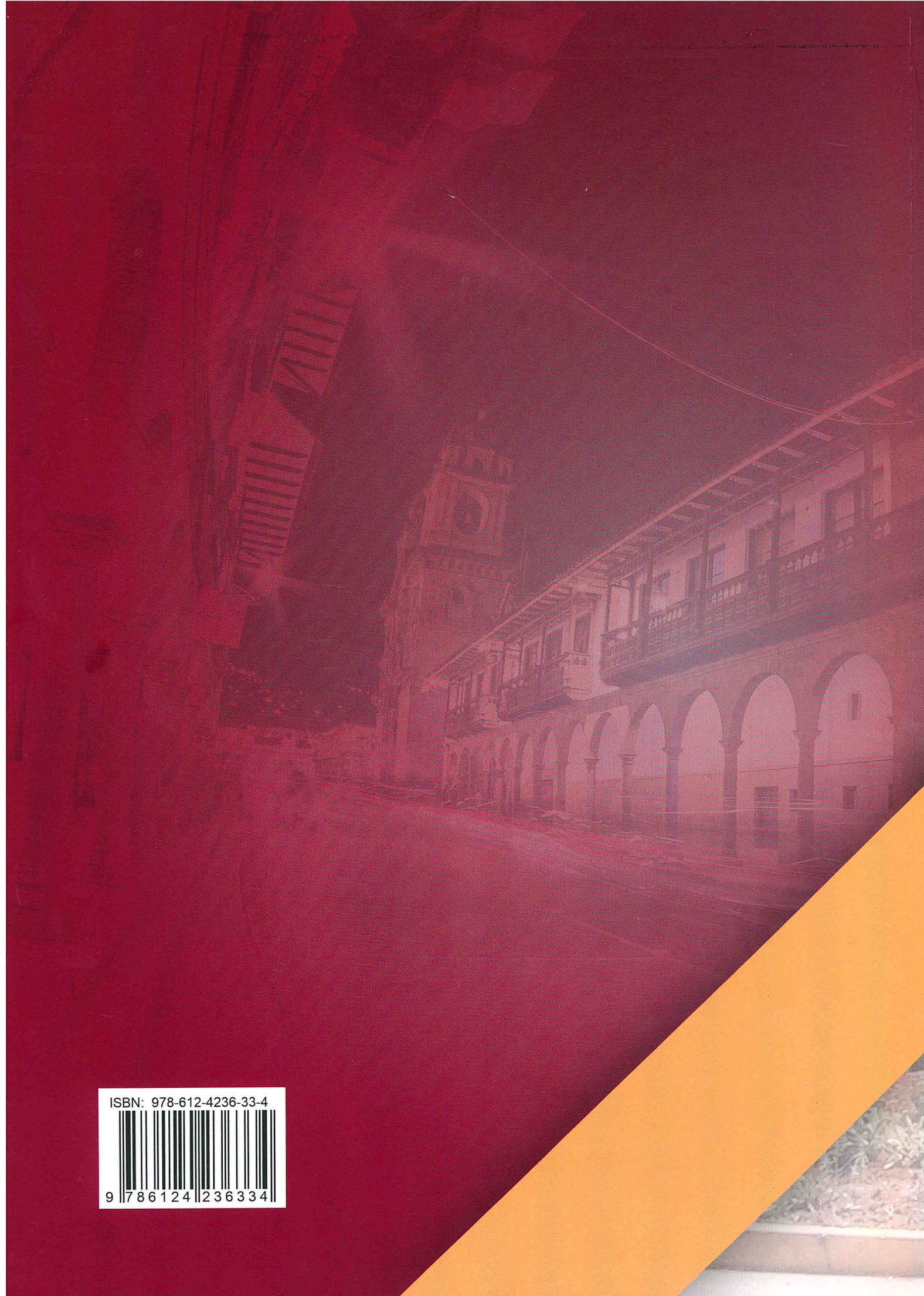
Damián Núñez, E. F. (2011). Aplicación de los juegos tradicionales y su relación con el rendimiento académico en los alumnos del 1er grado del nivel de secundaria del colegio de aplicación de la UNMSM- 2011. Perú. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7982/Damian_ne.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díaz, M. D. (2011). Los tipos de juegos que eligen los niños de primaria superior. *Revista electrónica de psicología Iztacala*. Flores Carpio, H. G. (2018). Los juegos tradicionales un recurso para desarrollar competencias matemáticas.

Flores, F. C. (2020). Juegos tradicionales para desarrollar el aprendizaje de la matemática en los niños de 5 años, de la Institución Educativa Inicial N° 951 “Niño Dios” de la provincia de Cutervo.

Peraldo, T. M. (2019). *Los juegos tradicionales como estrategia en el aprendizaje de la matemática en los estudiantes del segundo grado de primaria de la institución Educativa N° 20326 Puquio Cano-Hualmay, 2016.*

Piaget, J. (1956). “El juego didáctico”. Obtenido de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd7581.pdf>



ISBN: 978-612-4236-33-4



9 786124 236334