



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TESIS DOCTORAL

**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL
Y AROMÁTICA DE FLORES
COMESTIBLES DE LILIÁCEAS**

Presentada por: Telmo Marcelo Zambrano Núñez

Dirigida por: M^a Dolores Raigón Jiménez

Programa de Doctorado en Química

Valencia, septiembre de 2022

AGRADECIMIENTOS

Caminante no hay camino, se hace camino al andar y mejor aún si en ese recorrido te acompañan seres que han marcado tu vida de una u otra forma. Quiero empezar agradeciendo a mi querida Loly la Doctora M^a Dolores Raigón, gracias por la dedicación y paciencia, quien desde el primer día que me acerque a solicitarle sea mi tutora de TFM, con una sonrisa me dijo claro que sí, y desde aquel día hasta hoy admiro y respeto la gran persona y profesional que es, gracias por su guía y consejos, porque siempre estuviste cuando te necesite, por todo el apoyo y dedicación brindada para culminar este trabajo, también quiero agradecerte por la confianza ofrecida todo este tiempo, eres la mejor.

Gracias a Loles y todo el departamento de Química por toda la ayuda brindada en la parte experimental, siempre con la mejor voluntad de trabajar en bien de la investigación

Gracias a la vida que me ha dado tanto como dice la canción de Mercedes Soza, me dio una familia que son el motor principal en mi vida y la motivación de todos los días para seguir adelante y seguir creciendo como padre, esposo y amigo, gracias Verito, Pedrito David y María Valentina por ser mi fuerza e inspiración, todo para y por ustedes.

Como no agradecer a mis Padres, Telmo y Olguita, Suegros, Hermanos, Eleny, Adry y demás familiares que han sido parte de mi motivación para seguir creciendo cada día, gracias por bríndame ese apoyo incondicional para cumplir todos mis objetivos académicos y personales.

A mi Ubita y Piedadcita por ser el pilar fundamental de mi vida, por también ser el motivo e inspiración para cumplir con todas mis metas, con su cariño me impulsan a seguir adelante y a nunca abandonar mis sueños.

Gracias a mis amigos Maury, Paul, Sonyta y muchos más, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo.

Esta meta cumplida es por ustedes y para ustedes.

Las flores, además de su significado cultural, han sido consumidas desde la antigüedad en muchas culturas alrededor del mundo. Se utilizaban en diferentes preparaciones culinarias o en diversos platos como guarnición. En los últimos años se ha renovado el interés por el consumo de flores frescas debido a su valor nutricional y propiedades medicinales. Las flores aportan nuevos colores, sabores y texturas a los alimentos y sirven como fuente potencial de varios compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides y pigmentos, que ejercen una actividad antioxidante muy alta. Los recientes estudios han revelado que, al ser una rica fuente de antioxidantes, el consumo de estas flores es efectivo como agentes antiinflamatorios, antimicrobianos, hepatoprotectores, anticancerígenos y antidiabéticos. Por lo tanto, las flores se pueden utilizar como fuente de alimentos nuevos y prometedores para una amplia aplicación en la nutrición humana, representando un segmento importante para expandir el mercado de alimentos.

Los factores socioculturales involucrados en el consumo de flores comestibles han permitido popularizar, expandir y fomentar el uso local de flores tradicionales para preservar las tradiciones en peligro de extinción. Por otro lado, las formas de preparación de las flores comestibles han sido cada vez más estudiadas con la creciente búsqueda de alimentos naturales y saludables.

Muchas de las flores de plantas ornamentales son comestibles. En concreto el 95% de flores que crecen en Ecuador, y a ello se le suman las flores de plantas empleadas por su aprovechamiento agronómico, como son las flores de la familia de las Liliaceae. Se trata de plantas herbáceas, monocotiledóneas, con frecuencia perennes, con órganos subterráneos de reserva como bulbos, rizomas o raíces tuberosas. A esta familia pertenece el género *Allium*, que se caracteriza por la presencia de bulbos encerrados en membranas túnicas, tépalos libres o casi libres. Presentan inflorescencias en umbela globosa, esférica o hemisférica, densa, con muchas flores, por lo que el aprovechamiento de la flor puede ser complementario al uso tradicional de la planta. La mayoría los taxones producen cantidades notables de sulfóxidos de cisteína, lo que provoca el olor y el sabor pungente característicos. Con más de 800 especies, *Allium* se encuentran generalmente en las regiones templadas, cálidas y subtropicales de todo el mundo.

El principal objetivo de este trabajo es valorar la composición nutricional, el contenido mineral, incluyendo metales pesados, la actividad antioxidante total, el contenido polifenólico total y la fracción volátil de flores comestibles, en concreto de flores de la familia de las Liliáceas, del género *Allium*. Además, se han desarrollado aplicaciones gastronómicas que incluyen de forma innovadora las flores estudiadas. Las flores proceden de cuatro especies cultivadas; dos variedades de cebolla (blanca y roja) (*Allium cepa* L.), cebollino (*Allium schoenoprasum*),

puerro (*Allium porrum*), ajo ornamental (*Tulbaghia Violacea*) y ajo puerro silvestre (*Allium ampeloprasum*).

Los resultados indican que las flores de las plantas comunes del género *Allium* (cebollino, cebolla blanca, cebolla roja y puerro) y las flores del ajo ornamental y del puerro silvestre poseen importantes cualidades como diversidad de colores, formas, texturas, tamaños, aromas y valor nutricional y las relaciones entre las variables permiten explicar una alta variabilidad de los resultados. El agua es el componente principal de estas flores comestibles y los hidratos de carbono son los macronutrientes primarios. Estas flores son fuente de fibra e incluso de proteínas, con muy bajo contenido de lípidos, así como bajo aporte energético, por lo que satisfacen diversas demandas dietéticas, incluidas las vegetarianas y veganas.

Las altas concentraciones de los componentes órgano sulfurados de las flores comestibles de las especies de *Allium* estudiadas suministran propiedades bioactivas, caracterizando a estas flores con un alto potencial nutracéutico. La mayor actividad antioxidante de las flores de ajo ornamental y cebollino posiblemente está relacionada con la mayor presencia de sustancias orgánicas derivadas del azufre.

Las concentraciones en metales pesados han sido imperceptibles, por lo que la ingesta de estas flores es segura, respecto a la posibilidad de acumulación de este tipo de elementos. La mayor densidad mineral se presenta en las flores de cebollino, principalmente por la acumulación de fósforo, potasio y oligoelementos como el zinc, siendo la característica más influyente en la clasificación y diferenciación de estas flores frente al resto de las estudiadas.

El uso de las flores de *Allium*, como materia prima en elaboraciones gastronómicas, ha sido una herramienta útil como sustitución de los bulbos y hojas de estas especies. Las innovaciones organolépticas, en los diferentes productos cárnicos transformados, que las flores aportan en estas elaboraciones han sido toques aromáticos sutiles, pero no molestos, como los característicos al género *Allium*. La fracción volátil de las flores en las elaboraciones gastronómicas presentadas combinan los aromas frescos y dulces de las flores, con los pungentes característicos del género botánico, aportando sabores innovadores en platos tradiciones culturales o preparaciones gourmet, con una amplia gama de posibilidades en el desarrollo de alimentos funcionales.

ABSTRACT

Flowers, in addition to their cultural significance, have been consumed since ancient times in many cultures around the world. They were used in different culinary preparations or in various dishes as a garnish. In recent years there has been renewed interest in the consumption of fresh flowers due to their nutritional value and medicinal properties. The flowers bring new colors, flavors and textures to foods and serve as a potential source of several bioactive compounds such as polyphenols, flavonoids and pigments, which exert a very high antioxidant activity. Recent studies have revealed that, being a rich source of antioxidants, the consumption of these flowers is effective as anti-inflammatory, antimicrobial, hepatoprotective, anticancer and antidiabetic agents. Therefore, the flowers can be used as a promising new food source for wide application in human nutrition, representing an important segment to expand the food market.

The sociocultural factors involved in the consumption of edible flowers have made it possible to popularize, expand and encourage the local use of traditional flowers to preserve traditions in danger of extinction. On the other hand, the ways of preparing edible flowers have been increasingly studied with the growing search for natural and healthy foods.

Many of the flowers of ornamental plants are edible. Specifically, 95% of the flowers that grow in Ecuador, and to this are added the flowers of plants used for their agronomic use, such as the flowers of the Liliaceae family. They are herbaceous, monocotyledonous plants, often perennial, with underground reserve organs such as bulbs, rhizomes or tuberous roots. The genus *Allium* belongs to this family, which is characterized by the presence of bulbs enclosed in tunic membranes, free or almost free tepals. They present inflorescences in a globose, spherical or hemispherical umbel, dense, with many flowers, so that the use of the flower can be complementary to the traditional use of the plant. Most taxon produce significant amounts of cysteine sulfoxides, which cause the characteristic odor and pungent taste. With more than 800 species, *Allium* are generally found in warm temperate and subtropical regions around the world.

The main objective of this work is to assess the nutritional composition, mineral content, including heavy metals, total antioxidant activity, total polyphenolic content and the volatile fraction of edible flowers, specifically flowers of the Liliaceae family, of the genus *Allium*. In addition, gastronomic applications have been developed that include the studied flowers in an innovative way. The flowers come from four cultivated species; two varieties of onion (white and red) (*Allium cepa* L.), chives (*Allium schoenoprasum*), leek (*Allium porrum*), ornamental garlic (*Tulbaghia violacea*) and wild leek garlic (*Allium ampeloprasum*).

The results indicate that the flowers of common plants of the *Allium* genus (chives, white onion, red onion and leek) and the flowers of ornamental garlic and wild leek have important qualities

ABSTRACT

such as diversity of colors, shapes, textures, sizes, aromas and nutritional value, and the relationships between the variables allow to explain a high variability of the results. Water is the main component of these edible flowers and carbohydrates are the primary macronutrients. These flowers are a source of fiber and even protein, with a very low lipid content, as well as low energy intake, which is why they meet various dietary demands, including vegetarian and vegan ones.

The high concentrations of the organosulfur components of the edible flowers of the *Allium* species studied provide bioactive properties, characterizing these flowers with a high nutraceutical potential. The higher antioxidant activity of ornamental garlic and chive flowers is possibly related to the higher presence of organic substances derived from sulfur.

The concentrations of heavy metals have been imperceptible, so the intake of these flowers is safe, regarding the possibility of accumulation of this type of element. The highest mineral density occurs in chive flowers, mainly due to the accumulation of phosphorus, potassium and trace elements such as zinc, being the most influential characteristic in the classification and differentiation of these flowers compared to the rest of those studied.

The use of *Allium* flowers, as a raw material in gastronomic preparations, has been a useful tool as a substitute for the bulbs and leaves of these species. The organoleptic innovations, in the different processed meat products, that the flowers provide in these elaborations have been subtle aromatic touches, but not annoying, such as those characteristic of the *Allium* genus. The volatile fraction of the flowers in the gastronomic preparations presented combine the fresh and sweet aromas of the flowers, with the pungent aromas characteristic of the botanical genre, providing innovative flavors in traditional cultural dishes or gourmet preparations, with a wide range of possibilities in the development of functional foods.

Les flors, a més del significat cultural, han estat consumides des de l'antiguitat en moltes cultures arreu del món. S'utilitzaven en diferents preparacions culinàries o en diversos plats com a guarnició. En els darrers anys s'ha renovat l'interès pel consum de flors fresques degut al seu valor nutricional i propietats medicinals. Les flors aporten nous colors, sabors i textures als aliments i serveixen com a font potencial de diversos compostos bioactius com ara polifenols, flavonoides i pigments, que exerceixen una activitat antioxidant molt alta. Els estudis recents han revelat que, com que és una rica font d'antioxidants, el consum d'aquestes flors és efectiu com a agents antiinflamatoris, antimicrobians, hepatoprotectors, anticancerígens i antidiabètics. Per tant, les flors es poden utilitzar com a font d'aliments nous i prometedors per a una àmplia aplicació a la nutrició humana, representant un segment important per expandir el mercat d'aliments.

Els factors socioculturals involucrats en el consum de flors comestibles han permès popularitzar, expandir i fomentar l'ús local de flors tradicionals per preservar les tradicions en perill d'extinció. D'altra banda, les formes de preparació de les flors comestibles han estat cada cop més estudiades amb la recerca creixent d'aliments naturals i saludables.

Moltes de les flors de plantes ornamentals són comestibles. En concret el 95% de flors que creixen a l'Equador, ja això se li sumen les flors de plantes emprades pel seu aprofitament agronòmic, com són les flors de la família de les Liliaceae. Es tracta de plantes herbàcies, monocotiledònies, sovint perennes, amb òrgans subterranis de reserva com bulbs, rizomes o arrels tuberoses. A aquesta família pertany el gènere *Allium*, que es caracteritza per la presència de bulbs tancats en membranes túniques, tèpals lliures o gairebé lliures. Presenten inflorescències en umbel·la globosa, esfèrica o hemisfèrica, densa, amb moltes flors, per la qual cosa l'aprofitament de la flor pot ser complementari a l'ús tradicional de la planta. La majoria dels tàxons produeixen quantitats notables de sulfòxids de cisteïna, cosa que provoca l'olor i el sabor pungent característics. Amb més de 800 espècies, *Allium* es troben generalment a les regions temperades, càlides i subtropicals de tot el món.

El principal objectiu d'aquest treball és valorar la composició nutricional, el contingut mineral, incloent-hi metalls pesants, l'activitat antioxidant total, el contingut polifenòlic total i la fracció volàtil de flors comestibles, en concret de flors de la família de les Liliàcies, del gènere *Allium*. A més, s'han desenvolupat aplicacions gastronòmiques que inclouen de manera innovadora les flors estudiades. Les flors procedeixen de quatre espècies cultivades; dues varietats de ceba (blanca i vermella) (*Allium cepa* L.), cibulet (*Allium schoenoprasum*), porro (*Allium porrum*), all ornamental (*Tulbaghia violacea*) i all porro silvestre (*Allium ampeloprasum*).

Els resultats indiquen que les flors de les plantes comunes del gènere *Allium* (cibulet, ceba blanca, ceba vermella i porro) i les flors de l'all ornamental i del porro silvestre tenen importants

qualitats com a diversitat de colors, formes, textures, mides, aromes i valor nutricional i les relacions entre les variables permeten explicar una alta variabilitat dels resultats. L'aigua és el component principal d'aquestes flors comestibles i els hidrats de carboni són els macronutrients primaris. Aquestes flors són font de fibra i fins i tot de proteïnes, amb molt baix contingut de lípids, així com sota aportació energètica, per la qual cosa satisfan diverses demandes dietètiques, incloses les vegetarianes i veganes.

Les altes concentracions dels components òrgan sulfurats de les flors comestibles de les espècies d'*Allium* estudiades subministren propietats bioactives, caracteritzant aquestes flors amb un alt potencial nutracèutic. La major activitat antioxidant de les flors d'all ornamental i cibulet possiblement està relacionada amb la presència més gran de substàncies orgàniques derivades del sofre.

Les concentracions en metalls pesants han estat imperceptibles, per tant, la ingesta d'aquestes flors és segura respecte a la possibilitat d'acumulació d'aquest tipus d'elements. La major densitat mineral es presenta a les flors de cibulet, principalment per l'acumulació de fòsfor, potassi i oligoelements com el zinc, sent la característica més influent en la classificació i diferenciació d'aquestes flors davant de la resta de les estudiades.

L'ús de les flors d'*Allium*, com a primera matèria en elaboracions gastronòmiques, ha estat una eina útil com a substitució dels bulbs i fulles d'aquestes espècies. Les innovacions organolèptiques, als diferents productes carnis transformats, que les flors aporten en aquestes elaboracions han estat tocs aromàtics subtils, però no molestos, com els característics al gènere *Allium*. La fracció volàtil de les flors en les elaboracions gastronòmiques presentades combinen les aromes fresques i dolces de les flors, amb els pungents característics del gènere botànic, aportant sabors innovadors en plats tradicions culturals o preparacions gourmet, amb una àmplia gamma de possibilitats en el desenvolupament de aliments funcionals.

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|---|--------|
| 1. INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. Alimentos funcionales | 1 |
| 1.2. Frutas y verduras: propiedades nutraceuticas | 3 |
| 1.3. Flores y propiedades nutraceuticas | 5 |
| 1.3.1. ¿Qué son las flores? | 6 |
| 1.3.2. Partes y funciones de la flor | 8 |
| 1.3.3. Clasificación de las flores | 10 |
| 1.4. Florifagia y flores comestibles | 11 |
| 1.4.1. El consumo de flores a lo largo de la Historia | 13 |
| 1.4.2. El consumo de flores en el momento actual, usos y elaboraciones | 14 |
| 1.4.3. El cultivo de las flores comestibles | 17 |
| 1.5. Composición de las flores comestibles | 19 |
| 1.6. Características organolépticas de las flores comestibles | 21 |
| 1.6.1. El color en las flores comestibles | 21 |
| 1.6.2. El aroma y sabor en las flores comestibles | 27 |
| 1.6.3. Consumo de las flores comestibles y beneficios sobre la salud | 28 |
| 1.7. Conservación poscosecha de las flores comestibles | 29 |
| 1.7.1. Conservación de flores comestibles a baja temperatura | 32 |
| 1.7.2. Conservación de flores comestibles por secado | 33 |
| 1.7.3. Conservación de flores comestibles por alta presión hidrostática | 33 |
| 1.7.4. Conservación de flores comestibles por recubrimientos comestibles | 34 |
| 1.8. La complejidad en la familia de las <i>Liliaceae</i> | 34 |
| 2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO | |
| 2.1. Objetivos | 38 |
| 2.2. Plan de trabajo | 39 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS | |
| 3.1. Material vegetal | 42 |
| 3.1.1. La cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) | 42 |
| 3.1.2. El puerro (<i>Allium porrum</i> L.) | 44 |
| 3.1.3. El cebollino (<i>Allium schoenoprasum</i> L.) | 46 |
| 3.1.4. El ajo ornamental (<i>Tulbaghia violacea</i> Harv.) | 48 |
| 3.1.5. El puerro silvestre (<i>Allium ampeloprasum</i>) | 50 |
| 3.2. Localización de los cultivos | 51 |
| 3.3. Métodos analíticos | 54 |
| 3.3.1. Tratamiento de la muestra | 54 |
| 3.3.2. Determinación de la materia seca en las flores | 54 |
| 3.3.3. Determinación del contenido en proteínas en las flores | 55 |
| 3.3.4. Determinación del contenido en fibra en las flores | 56 |
| 3.3.5. Determinación del contenido en grasa en las flores | 57 |
| 3.3.6. Determinación del contenido en minerales totales en las flores | 58 |
| 3.3.7. Determinación del contenido en hidratos de carbono en las flores | 59 |
| 3.3.8. Determinación del contenido en polifenoles en las flores | 59 |
| 3.3.9. Determinación de la actividad antioxidante en las flores | 59 |
| 3.3.10. Determinación del contenido individual de minerales en las flores | 60 |

| | Página |
|---|--------|
| 3.3.11. Determinación de la fracción volátil en las flores | 60 |
| 3.3.12. Tratamiento estadístico | 61 |
| 3.4. Elaboraciones gastronómicas | 62 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| 4.1. Resultados descriptivos | 64 |
| 4.1.1. Resultados del análisis proximal de las flores de <i>Allium</i> | 65 |
| 4.1.2. Resultados del contenido mineral de las flores de <i>Allium</i> | 72 |
| 4.1.3. Resultados del potencial en sustancias antioxidantes de las flores de <i>Allium</i> | 84 |
| 4.2. Relaciones entre variables de los macronutrientes y minerales | 89 |
| 4.2.1. Relaciones afines a la humedad de las flores de <i>Allium</i> | 90 |
| 4.2.2. Relaciones afines a la proteína de las flores de <i>Allium</i> | 92 |
| 4.2.3. Relaciones afines a la grasa de las flores de <i>Allium</i> | 94 |
| 4.2.4. Relaciones afines a la fibra e hidratos de carbono de las flores de <i>Allium</i> | 95 |
| 4.2.5. Relaciones afines entre los elementos minerales de las flores de <i>Allium</i> | 97 |
| 4.3. Resultados de la fracción volátil de las flores de <i>Allium</i> | 100 |
| 4.3.1. Resultados descriptivos de la fracción volátil de las flores de <i>Allium</i> | 100 |
| 4.3.2. Diferencias significativas en la fracción volátil de las flores de <i>Allium</i> | 109 |
| 4.4. Análisis de componentes principales | 113 |
| 4.5. Elaboraciones gastronómicas usando flores de <i>Allium</i> | 116 |
| 4.5.1. Suprema de pollo en falso praliné de quinua y crocante de banana y flores de cebolla | 116 |
| 4.5.2. Champiñón al grill rellenos de risotto de cebada, con flor de ajo, aire de limón con malvarrosa y esferas de extracto de granada | 117 |
| 4.5.3. Picaña en chimichurri de flor de puerro y de ajo ornamental con patatas <i>sous vide</i> | 119 |
| 4.5.4. Timbal de pescado con puré de zanahoria amarilla con mashua y flor de cebollino | 120 |
| 4.5.5. Ceviche de mejillones y gambas, acidulado en lima con flor de cebolla roja | 121 |
| 4.5.6. Gambas <i>sous vide</i> con flor de ajo y crocante de verde, gel de espárragos, salsa de agridulce de ají rocoto y encurtidos de rábanos | 123 |
| 4.5.7. Quenelles de almidón de achira con pak choi, tentáculos de calamar, flores de cebolla y crocantes de quinua con amaranto | 124 |
| 4.5.8. Filete de lenguado y vegetales al vapor con flor de cebollino, envuelto de achira | 125 |
| 4.5.9. Caldo de pollo saborizado y perfumado con flores de cebolla | 126 |
| 4.5.10. Tortillas de maíz con flor de ajo rellenas de queso fresco, ají y café de chuspa | 127 |
| 4.5.11. Salchicha artesanal con flor de cebolla roja pulverizada | 129 |
| 4.5.12. Chorizo artesanal con flor de ajo pulverizada | 130 |

| | Página |
|--|---------------|
| 4.5.13. Lomo artesanal curado en seco aromatizado con pimientas y flores de cebollino y puerro | 132 |
| 4.5.14. Jamón cocido artesanal con flor de cebolla blanca pulverizada | 133 |
| 5. CONCLUSIONES | |
| Conclusiones | 135 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | |
| Bibliografía | 137 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|--|--------|
| Tabla 1. Aplicaciones gastronómicas de las flores comestibles | 16 |
| Tabla 2. Relación de plantas con flores comestibles con pigmentación variable | 23 |
| Tabla 3. Relación de plantas con flores comestibles con color de pétalo amarillo-rojo | 24 |
| Tabla 4. Relación de plantas con flores comestibles con color de pétalo blanco-amarillo | 25 |
| Tabla 5. Relación de plantas con flores comestibles con color de pétalo rosa-morado-azul | 26 |
| Tabla 6. Tecnologías poscosecha aplicadas en conservación de flores comestibles | 31 |
| Tabla 7. Composición nutricional de las partes comestibles de especies comúnmente usadas del género <i>Allium</i> (USDA, 2018) | 64 |
| Tabla 8. Composición proximal y valor calórico total de las flores de <i>Allium</i> , en base fresca, valor promedio \pm desviación estándar | 65 |
| Tabla 9. Coeficiente de variación (%) de la composición nutricional en las flores de <i>Allium</i> | 66 |
| Tabla 10. Composición mineral de las flores de <i>Allium</i> , en base fresca, valor promedio \pm desviación estándar | 73 |
| Tabla 11. Coeficiente de variación (%) de la composición mineral en las flores de <i>Allium</i> | 75 |
| Tabla 12. Relaciones significativas entre los contenidos individuales de macroelementos minerales en las flores de <i>Allium</i> | 79 |
| Tabla 13. Contenido en polifenoles totales y actividad antioxidante de las flores de <i>Allium</i> , en base fresca, valor promedio \pm desviación estándar | 85 |
| Tabla 14. Coeficiente de variación (%) del contenido en polifenoles totales y actividad antioxidante en las flores de <i>Allium</i> | 85 |
| Tabla 15. Relaciones significativas entre la actividad antioxidante (AOT) y polifenoles totales (EAG) y los elementos minerales en las flores de <i>Allium</i> | 89 |
| Tabla 16. Relaciones significativas entre el contenido en hidratos de carbono (HC) y los elementos minerales en las flores de <i>Allium</i> | 97 |
| Tabla 17. Relaciones significativas entre el contenido entre los elementos minerales en las flores de <i>Allium</i> | 98 |
| Tabla 18. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los compuestos del benceno y compuestos heterocíclicos detectados en las flores de <i>Allium</i> | 100 |
| Tabla 19. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los monoterpenos y ácidos carboxílicos y ésteres detectados en las flores de <i>Allium</i> | 102 |
| Tabla 20. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los aldehídos de cadena corta y los alcoholes detectados en las flores de <i>Allium</i> | 104 |
| Tabla 21. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los alcanos y cetonas detectados en las flores de <i>Allium</i> | 105 |
| Tabla 22. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los compuestos órgano sulfurados detectados en las flores de <i>Allium</i> | 107 |
| Tabla 23. Composición global de la fracción volátil, en función de la familia química, en las flores de <i>Allium</i> | 108 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Partes principales de la flor | 9 |
| Figura 2. Detalle de las hojas de plantas de liliáceas | 35 |
| Figura 3. Inflorescencias de las plantas de liliáceas | 36 |
| Figura 4. Detalle de la flor de las plantas de liliáceas | 36 |
| Figura 5. Esquema del Plan de Trabajo | 40 |
| Figura 6. Muestras florales conservadas al vacío | 41 |
| Figura 7. Eje floral de las plantas de cebolla blanca (<i>Allium cepa</i> L.) | 43 |
| Figura 8. Ejes florales de las plantas de cebolla roja (<i>Allium cepa</i> L.). | 44 |
| Figura 9. Eje floral de las plantas de puerro (<i>Allium porrum</i> L.) | 46 |
| Figura 10. Eje floral de las plantas de cebollino (<i>Allium schoenoprasum</i> L.) | 48 |
| Figura 11. Detalle del eje floral de las plantas de ajo ornamental (<i>Tulbaghia violacea</i> Harv.) | 49 |
| Figura 12. Detalle del eje floral de las plantas de puerro silvestre (<i>Allium ampeloprasum</i>) | 51 |
| Figura 13. Ubicación de la parcela de cultivo en el municipio de Alboraya, L'Horta Nord (Valencia) | 52 |
| Figura 14. Ubicación de la parcela de cultivo en la ciudad de Chambo (Chimborazo) | 53 |
| Figura 15. Desecado de flores por aire a baja temperatura | 62 |
| Figura 16. Molinillo y trituración de las flores secas para uso en cocina | 63 |
| Figura 17. Modelo de regresión lineal entre la humedad y el valor energético de las flores de <i>Allium</i> | 67 |
| Figura 18. Valores promedio de los contenidos en humedad (%) y valor energético (kcal/100 g) de las flores de <i>Allium</i> | 68 |
| Figura 19. Valores promedio de los contenidos en cenizas, grasa, proteína, fibra y carbohidratos (%) de las flores de <i>Allium</i> | 71 |
| Figura 20. Modelo de regresión lineal entre la materia seca y la fibra (izquierda) y entre la materia seca y la grasa (derecha) de las flores de <i>Allium</i> | 72 |
| Figura 21. Valores promedio de los contenidos en fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio (mg 100 g ⁻¹) de las flores de <i>Allium</i> | 77 |
| Figura 22. Modelo de regresión lineal entre el contenido en cenizas y la concentración en sodio de las flores de <i>Allium</i> | 78 |
| Figura 23. Valores promedio de los contenidos en hierro, zinc, manganeso, boro y cobre (mg 100 g ⁻¹) de las flores de <i>Allium</i> | 81 |
| Figura 24. Valores promedio de los contenidos en plomo, molibdeno, cromo, selenio, cadmio y mercurio (mg 100 g ⁻¹) de las flores de <i>Allium</i> | 83 |
| Figura 25. Contenido en polifenoles totales y actividad antioxidante de las flores de <i>Allium</i> | 86 |
| Figura 26. Modelo de regresión lineal entre la actividad antioxidante total y la concentración en molibdeno de las flores de <i>Allium</i> | 88 |
| Figura 27. Matriz de correlaciones de <i>Pearson</i> | 90 |
| Figura 28. Modelo de regresión lineal entre la humedad y el contenido en hidratos de carbono (izquierda), la concentración en calcio (derecha) y la concentración en hierro (bajo) en las flores de <i>Allium</i> | 92 |

| | Página |
|---|--------|
| Figura 29. Modelo de regresión lineal entre la proteína y el contenido en grasa (arriba izquierda), la concentración en polifenoles (arriba derecha), la concentración en hierro (bajo izquierda) y la concentración en cobre (bajo derecha) en las flores de <i>Allium</i> | 94 |
| Figura 30. Modelo de regresión lineal entre el contenido en grasa y el contenido en polifenoles (izquierda) y la concentración en hierro (derecha) en las flores de <i>Allium</i> | 95 |
| Figura 31. Modelo de regresión lineal entre el contenido en fibra y el contenido en calcio (izquierda) y la concentración en manganeso (derecha) en las flores de <i>Allium</i> | 96 |
| Figura 32. Contenido total de la fracción volátil, agrupada por familias químicas, de las flores de <i>Allium</i> | 109 |
| Figura 33. Concentración en benzaldehído en las flores de <i>Allium</i> | 110 |
| Figura 34. Concentración de componentes de la familia de los monoterpenos en las flores de <i>Allium</i> | 110 |
| Figura 35. Concentración en nonanal y decanal en las flores de <i>Allium</i> | 111 |
| Figura 36. Concentración de componentes de la familia de los órgano sulfurados en las flores de <i>Allium</i> | 112 |
| Figura 37. Diagrama de dispersión de los pesos de tres componentes principales en las flores comestibles de <i>Allium</i> | 114 |
| Figura 38. Diagrama de dispersión de los pesos de las componentes principales y variables en las flores comestibles de <i>Allium</i> | 114 |
| Figura 39. Diagrama de conglomerados resultante de las flores comestibles de <i>Allium</i> | 115 |
| Figura 40. Suprema de pollo en falso praliné de quinua y crocante de banana y flores de cebolla | 117 |
| Figura 41. Champiñón al grill rellenos de risotto de cebada, con flor de ajo, aire de limón con malvarrosa y esferas de extracto de granada | 118 |
| Figura 42. Picaña en chimichurri de flor de puerro y de ajo ornamental con patatas <i>sous vide</i> | 120 |
| Figura 43. Timbal de pescado con puré de zanahoria amarilla con mashua y flor de cebollino | 121 |
| Figura 44. Ceviche de mejillones y gambas, acidulado en lima con flor de cebolla roja | 122 |
| Figura 45. Gambas <i>sous vide</i> con flor de ajo y crocante de verde, gel de espárragos, salsa de agridulce de ají rocoto y encurtidos de rábanos | 124 |
| Figura 46. Quenelles de almidón de achira con pak choi, tentáculos de calamar, flores de cebolla y crocantes de quinua con amaranto | 125 |
| Figura 47. Filete de lenguado y vegetales al vapor con flor de cebollino, envuelto de achira | 126 |
| Figura 48. Caldo de pollo saborizado y perfumado con flores de cebolla | 127 |
| Figura 49. Tortillas de maíz con flor de ajo rellenas de queso fresco, ají y café de chuspa | 129 |

| | Página |
|--|---------------|
| Figura 50. Proceso de elaboración de salchicha artesanal con flor pulverizada de cebolla roja | 129 |
| Figura 51. Proceso de elaboración de salchicha artesanal con flor pulverizada de cebolla roja | 130 |
| Figura 52. Proceso de elaboración de chorizo artesanal curado empleando flor de ajo pulverizada | 131 |
| Figura 53. Lomo artesanal curado con pimientas y flores de cebollino y puerro pulverizadas | 132 |
| Figura 54. Proceso de elaboración de lomo artesanal curado a las pimientas con flores de cebollino y puerro pulverizadas | 133 |
| Figura 55. Jamón cocido artesanal con flor de cebolla blanca pulverizada | 134 |
| Figura 56. Proceso de elaboración de jamón cocido artesanal con flor de cebolla blanca pulverizada | 134 |

1. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

El término alimento básicamente se relaciona con el componente necesario para varias funciones del mantenimiento del organismo, como la producción de energía, el suministro de nutrientes, el apoyo de diversas actividades metabólicas además del crecimiento y mantenimiento de las funciones vitales. A principios del siglo XX, la ciencia de la nutrición estaba centrada en la prevención de deficiencias y en el apoyo al crecimiento corporal (Doyon y Labrecque, 2008). En el momento actual, conocer la influencia de la dieta en la salud y el bienestar ha aumentado considerablemente, lo que ha llevado al desarrollo de nuevos alimentos, más saludables que reducen el riesgo a enfermedades crónicas. Los alimentos que cumplan esta función se denominan alimentos funcionales.

Una serie de razones como la transición de la salud, la urbanización y sus efectos, el cambio demográfico con el envejecimiento de la población, la seguridad alimentaria, la pérdida de la cultura alimentaria tradicional y la conciencia del deterioro de la salud personal, provocado por malos hábitos de vida, como la falta de ejercicio físico, la elección de alimentos ultraprocesados y el competitivo mercado de alimentos han convergido e impulsado el desarrollo de alimentos funcionales. Además, el vínculo entre la dieta y la salud y los avances científicos en la investigación nutricional son básicos para introducir, desarrollar e innovar en aspectos de alimentación saludable.

1.1. Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales, conceptualmente es un término que se introduce en los años 80 del siglo XX, desde Japón. Hace referencia a los alimentos que mejoran la salud y reducen el riesgo de contraer enfermedades. Se han descrito diferentes definiciones de alimento funcional, pero en general, se considera como tal a cualquier alimento que, además de su valor nutritivo, contiene componentes biológicamente activos que aportan algún efecto añadido y beneficioso para la salud, tanto en la prevención como en la reducción del riesgo de contraer ciertas enfermedades.

Como alimento funcional no se puede considerar una única entidad o caracterización de un alimento. De hecho, una amplia variedad de alimentos se caracteriza o se caracterizará en el futuro, como alimentos funcionales, por la amplitud de componentes, algunos de ellos clasificados como nutrientes, que afectan a las funciones corporales relevantes para el estado de bienestar y salud, y/o para la reducción del riesgo de sufrir una enfermedad. Por lo tanto, no existe una definición simple y universalmente aceptada de alimento funcional, sino que los alimentos funcionales deben entenderse como un concepto. Además, si está impulsado por la función en lugar del producto, es probable que el concepto sea más universal y no esté demasiado influenciado por las

1. INTRODUCCIÓN

características locales o las tradiciones culturales (McGuire, 2016). Las diferentes definiciones de alimentos funcionales van desde muy simples hasta muy complejas según lo propuesto por varias autoridades, organismos académicos e industrias (Kaur y Das, 2011).

No existe una definición oficial de alimentos funcionales, porque los alimentos consumidos, de una forma u otra, realizan algunas funciones. La opinión general se inclina por indicar que el alimento funcional es cualquier alimento saludable similar, que se consume como parte de una dieta habitual y se afirma que tienen beneficios fisiológicos como propiedades de promoción de la salud o prevención de enfermedades más allá de la función básica de suministro de nutrientes.

Otros términos que se relacionan, vinculan o intercambian con los alimentos funcionales son (Hardy, 2000):

- **Compuestos bioactivos:** compuestos químicos naturales presentes en, o derivados de una fuente vegetal, animal o marina, que ejercen el beneficio de salud/bienestar deseado.
- **Suplementos dietéticos:** complemento de la dieta en el que el principio activo se añade al alimento o se puede consumir en forma de pastillas, polvos o en forma líquida y no sustituyen al alimento completo o comida.
- **Ingredientes funcionales:** preparaciones, fracciones o extractos estandarizados y caracterizados que contienen compuestos bioactivos de pureza variable.
- **Alimentos medicinales:** formulados para ser consumidos o administrados bajo la supervisión de un médico, y que están destinados al tratamiento dietético específico de una enfermedad o afección para cuyos requisitos nutricionales distintivos, sobre la base de principios científicos reconocidos, se establecen mediante evaluación médica.
- **Productos naturales para la salud:** incluyen preparaciones homeopáticas, sustancias utilizadas en medicinas tradicionales, minerales o elementos traza, vitaminas, aminoácidos, ácidos grasos esenciales u otras sustancias derivadas de plantas, animales o microorganismos.
- **Nutracéutico:** cualquier sustancia, ya sea un alimento o parte de un alimento, que brinda beneficios médicos o de salud, incluida la prevención y el tratamiento de enfermedades. Estos se derivan de los alimentos y se pueden usar en forma de píldoras, cápsulas, pociones y líquidos.

Según diversos autores (Holm, 2003; Siró *et al.*, 2008) es posible clasificar los alimentos funcionales en diferentes clases según su origen o modificación:

1. INTRODUCCIÓN

1. Productos alimenticios enriquecidos, que tienen una influencia positiva sobre las enfermedades y la salud, por ejemplo, harinas enriquecidas ω -3.
2. Alimentos liberados para contrarrestar los compuestos antinutricionales producidos por el procesamiento, por ejemplo, un compuesto tóxico o un alérgeno alimentario.
3. Materias primas alimenticias que se mejoran para aumentar los componentes específicos.
4. Nuevos alimentos con un mayor beneficio para la salud.
5. Los probióticos y los prebióticos.

Por lo tanto, los productos tradicionales naturales que contienen componentes que influyen positivamente en la salud no son estrictamente alimentos funcionales, por ejemplo, el jugo de arándano que influye positivamente en las infecciones del tracto urinario no es un alimento funcional cuando se consume como tal. Sin embargo, si el jugo o su ingrediente que contribuye a la salud en forma aislada se agrega a otro alimento para mejorar la salud, el resultado es un alimento funcional.

1.2. Frutas y verduras: propiedades nutraceuticas

Muchos alimentos, desde la antigüedad, han sido utilizados con una doble aptitud; alimentos y medicina, como por ejemplo el jengibre, la menta, el ajo, el azafrán. Los primeros alcances en el binomio alimento/medicina son milenarios y se obtuvieron de la cultura oriental, donde los alimentos eran considerados, a la par, frente a la prevención de enfermedades. La relación alimento-medicina es conocida por la cultura china hacia el año 1000 a.C. El "*Yellow Emperor's Internal Classic*" es probablemente el primer libro clásico de medicina china (745-221 a.C.) donde se encuentran diversas prescripciones de dietas médicas (Xu, 2001).

En los alimentos, las frutas y verduras tienen una amplia gama de beneficios debido, entre otros factores, a la presencia en su composición de varios tipos de fitoquímicos en gran cantidad (Shahidi, 2009), de los que se está evaluando los beneficios para la salud (Hunter *et al.*, 2008).

De las frutas, las que tienen mayores tasas de antioxidantes son los llamados frutos rojos, que contienen una variedad de polifenoles, siendo los más importantes los flavonoides como las antocianinas, los flavonoles y las catequinas, los ácidos fenólicos como los ácidos hidroxicinámicos y los taninos como las proantocianidinas y los elagitaninos. Estas frutas pueden ayudar en la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, envejecimiento prematuro y tiene un efecto positivo en la vista y la función cerebral (Yildiz y Eydurán, 2009).

1. INTRODUCCIÓN

Destacan también las uvas tintas y las bebidas que se obtiene de ellas son ricas en polifenoles, en concreto en resveratrol (Jang *et al.*, 1997). Este polifenol tiene propiedades como cardioprotector, anticancerígeno, antiinflamatorio, antioxidante y modulador del metabolismo de los lípidos (Dell'Agli *et al.*, 2004) y para controlar la obesidad y la diabetes (Szkudelska y Szkudelski, 2010).

De los componentes con acción fitoquímica, el licopeno es un antioxidante carotenoide natural presente en frutas y verduras de color rojo, principalmente en tomates y productos derivados del tomate. Se sabe que el licopeno tiene efectos protectores sobre el estrés oxidativo, la hipertensión, la aterosclerosis y la diabetes (Kohlmeier *et al.*, 1997), el riesgo de cáncer de próstata, pulmón y estómago, y la aparición de enfermedad coronaria (Rao *et al.*, 2003). Liu *et al.* (2008) sugirieron que la propiedad antioxidante de la combinación de mezclas de licopeno, vitamina E, vitamina C y β -caroteno era sustancialmente superior a la suma de los efectos antioxidantes individuales.

En la búsqueda de componentes bioactivos, Gruenwald (2009) encontró la presencia de estas sustancias en las frutas de especies menos corrientes como el espino amarillo (*Hippophae rhamnoides*), el baobab (*Adansonia digitata*), el árbol de la salchicha (*Kigelia pinnata*), el noni (*Morinda citrifolia*), el mangostán (*Garcinia mangostana*) y la mabola (*Parinari curatellifolia*), que ofrecen posibilidades como ingredientes funcionales en bebidas y alimentos para proporcionar diversos nutrientes, energía, efectos antienvjecimiento o relajantes.

En alimentos más comunes y tradicionales se han encontrado propiedades nutraceuticas por la presencia de componentes como el β -caroteno y los glucosinolatos. Así, el consumo de vegetales que tienen una alta concentración de estos componentes, por ejemplo zanahorias y coles, se ha relacionado con la disminución en el riesgo de cáncer (Jan *et al.*, 2018; Peraita-Costa *et al.*, 2022). Los alimentos del género *Allium* también han mostrado eficiencia como alimentos funcionales (Khandagale *et al.*, 2020; Tinello *et al.*, 2020). Los suplementos de ajo como el ajo en polvo, el aceite de ajo y el extracto de ajo (contiene un compuesto de azufre para mejorar las funciones cardiovasculares). Roldán *et al.* (2008) caracterizó el subproducto de la cebolla, por ejemplo, el bagazo, como ingrediente alimentario con propiedades antioxidantes y antipardeamiento.

El reino de los alimentos de origen vegetal es una fuente inmensa de tipos de alimentos funcionales, algunos más estudiados que otros, no sólo desde sus propiedades nutraceuticas, sino también desde el valor nutricional. En este sentido, la seguridad alimentaria y algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda

2030 de Naciones Unidas (Granato *et al.*, 2022), como el ODS2 (*Hambre cero*) podrían ser alcanzados por la incorporación a la alimentación de una amplia variedad de plantas que pueden contribuir a mejorar los problemas de salud de la ciudadanía, y con ello al bienestar humano, al cambio en el modelo de dietas más sostenibles, al incremento de la biodiversidad de los territorios y a proporcionar alimentos con más valor añadido que contribuyan a la mayor renta de los productores. Entre las muchas especies vegetales que pueden alcanzar estos objetivos, algunas serán aprovechables por sus raíces y tubérculos, otras por sus frutos, semillas, hojas y tallos, e incluso por sus flores e inflorescencias (Centurión *et al.*, 2003a; 2003b).

1.3. Flores y propiedades nutraceuticas

Las flores comestibles han contribuido principalmente a formar parte de la mejora de la apariencia estética de los alimentos. Con este fin han sido utilizadas durante la preparación de algunas recetas, pero recientemente, el uso de flores comestibles responde a los beneficios de su consumo por el conjunto de sustancias biológicamente activas, como compuestos fenólicos, carotenoides, vitaminas, minerales, etc. (Lara-Cortés *et al.*, 2013). Por esto son consideradas alimentos funcionales, adicionalmente contribuyen a una resaltante estética, y fresca; claramente por sus colores llamativos, que atraen el sentido de la vista, mientras que los distintos sabores, estimulan el sentido del gusto.

El consumo de flores como alimento se reconoce en diversas culturas alrededor del mundo como parte de la cocina tradicional o medicina alternativa, además de su amplio uso como ornamental (Mlcek y Rop, 2011). Sin embargo, muchas especies de flores comestibles pueden considerarse más que un manjar o una guarnición debido a su valor nutricional como fuente de proteínas y aminoácidos esenciales. En este escenario, las flores representan un segmento importante para expandir el mercado de alimentos, debido a sus adecuadas características sensoriales y nutricionales, así como a la presencia de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud humana (Vinokur *et al.*, 2006). Los factores socioculturales involucrados en el consumo de flores comestibles han sido objeto de varios estudios con el objetivo de popularizar y expandir este sector productivo en crecimiento y fomentar el uso local de flores tradicionales es importante para preservar las tradiciones en peligro de extinción. Por otro lado, las propiedades nutricionales, los beneficios farmacológicos, la composición química y las formas de preparación de las especies comestibles han sido cada vez más estudiadas con la creciente búsqueda de alimentos naturales y saludables. El desarrollo de métodos modernos y efectivos para la extracción de compuestos bioactivos de las flores también están contribuyendo a explorar sus componentes, permitiendo el desarrollo de

ingredientes funcionales para la industria alimentaria. Todavía se necesita información clave como la taxonomía y el perfil toxicológico adecuados para estimular el consumo de flores comestibles, así como la creación de un manual de buenas prácticas para el manejo adecuado (cultivo, manejo y preparación) de las flores para su comercialización.

Además de la contribución estética, el aroma exótico y el sabor delicado de las flores en la gastronomía, hay que destacar, su potencial fitoquímico y con ello los numerosos beneficios para la salud (Chen *et al.*, 2015; Pires *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2019). Los estudios recientes han revelado que las flores también poseen varias propiedades medicinales como actividades antimicrobianas, antiinflamatorias, antivirales, antimutagénicas, antitumorales e hipoglucemiantes (Saurabh y Barman, 2020).

1.3.1. ¿Qué son las flores?

Las flores son las estructuras encargadas de la reproducción en algunos vegetales. En estas formaciones vegetales se producen, a través de una reproducción sexual, los frutos que contienen las semillas. Hay una gran variedad de flores teniendo en cuenta tamaños, formas y colores, pero son en general portadoras de la misma finalidad reproductiva y se valen para ello de los mismos elementos (Duarte, 2009).

La flor es una parte especializada de las plantas que, a través del proceso de fecundación, da lugar a los frutos y las semillas. Las plantas con flores son por tanto las estructuras vegetales más avanzadas de la Tierra y además, las más predominantes. Las plantas que tienen semillas se les llama espermatofitas y se clasifican en dos grupos, 1) angiospermas: son el tipo de plantas más evolucionadas, con flores periantadas y conforman la mayoría de las plantas con flores del reino vegetal. Tienen una estructura genética compleja y generan frutos con semillas. 2) gimnospermas: son plantas cuyas flores poseen una estructura en forma de cono o piña, con las semillas expuestas y no dan frutos.

Las plantas con flores (angiospermas o Magnoliophyta) están presentes en el planeta desde principios del periodo Cretácico, hace unos 140 millones de años, aunque algunos estudios sugieren que ya existían desde mucho antes, al menos desde el Jurásico, unos 20 o 30 millones de años atrás (Wikström *et al.*, 2001).

La diversidad de formas, tamaños, aromas y colores de las flores son atributos que contribuyen a su buen posicionamiento como elementos de alto valor ornamental, siendo admiradas por los seres humanos por sus vistosas características. Existen flores que, sin tener tanto valor para la ornamentación, presentan una alta potencialidad para ser usadas por sus principios activos en medicina, en industria y en alimentación (Pinakin *et al.*, 2020).

1. INTRODUCCIÓN

La iniciación de la flor marca la transición del crecimiento vegetativo al reproductivo en las plantas con semillas. Por lo tanto, es un evento crucial en la vida de estas plantas, particularmente debido a la peculiar relación del desarrollo vegetativo y reproductivo en las plantas con semillas, que a su vez es un resultado de la naturaleza morfológica de la flor. Las flores son brotes modificados que son producidos por meristemas de brotes modificados, los primordios florales. Sin embargo, una vez que se ha determinado que un meristema es un primordio floral, generalmente no puede, excepto quizás en las etapas más tempranas, volver al crecimiento vegetativo. El crecimiento vegetativo y el desarrollo reproductivo de las plantas con semillas son, por tanto, mutuamente excluyentes. En lo que respecta a un meristema en particular, la iniciación floral significa el final de su vida.

Las flores juegan un papel fundamental en la supervivencia de las diferentes especies de plantas espermatofitas. No todas las flores acaban teniendo un éxito reproductivo, por lo que depende de cada especie en tener un mayor o menor número de flores. La principal función biológica de las flores en la planta es la reproductiva. La fecundación de las flores tiene lugar al depositarse sobre el estigma un grano de polen, tratándose de una germinación del propio polen, el cual transita por el tubo polínico hasta llegar al ovario.

La polinización de las plantas se produce cuando el polen llega al pistilo. El polen procede de los estambres del interior de la misma planta (autofecundación) o es transportado por diferentes vectores, tanto bióticos, como abióticos. Entre los vectores bióticos destacan los himenópteros (abejorros, abejas, avispa y hormigas), lepidópteros (mariposas y polillas), coleópteros (aunque poco eficientes, comen mucho polen y vuelan poco entre flores) y dípteros (moscas) todos ellos dan lugar a la polinización entomófila, y además otros vectores bióticos son los colibríes y algunos mamíferos como murciélagos y en casos raros, ratones, lagartos o monos (Von Helversen y Winter, 2005).

Entre los vectores abióticos destacan el viento (polinización anemófila) y el agua (polinización hidrófila). Un desafío para las plantas es reproducirse con éxito en un entorno impredecible, por lo que determinan cuándo las condiciones son favorables y generan sus gametos en los órganos de cada flor. La transmisión de gametos a través de interacciones con polinizadores ha llevado a la diversificación evolutiva de formas florales para maximizar el éxito reproductivo, es decir, ha llevado a la coevolución.

1.3.2. Partes y funciones de la flor

A pesar de la alta diversidad de las flores, la mayoría contienen solo cuatro tipos de órganos distintos (figura 1), junto al pedúnculo.

El desarrollo de la flor implica mecanismos moleculares altamente conservadores. La flor es un tallo de crecimiento limitado que se desarrolla normalmente en los extremos de las hojas. Las hojas son modificadas para tener una función reproductora. A todas estas estructuras se le denomina antófilos. Los antófilos engloban a los pétalos y los sépalos. Cada una de ellas tiene partes distintas y están especializadas en una o varias funciones. Algunas de estas funciones son la formación de los gametos, dispersión de frutos y semillas, polinización y otras estructuras que sirven para proteger a la flor.

Las partes de una flor se pueden dividir en las que participan en la función principal reproductora y en las que no. A las partes de una flor estériles que no tienen función reproductora se denomina periantio y están formadas por el cáliz y la corola. El cáliz está formado por los sépalos, que son un conjunto de hojas verdes en la base de la flor y sirven de soporte protector, que sujetan a los pétalos. La corola está formada por los pétalos que son las hojas con colores atractivos para los agentes capaces de llevar a cabo la polinización. Los pétalos están posicionados en el interior de los sépalos.

Las partes de una flor con función reproductora son el androceo y el gineceo. El androceo está formado por los estambres que a su vez están formados por un filamento con una antera, que a su vez está formada por tecas, que contiene pequeños granos de polen, en el interior de los cuales está la célula reproductora masculina. El polen es el gameto masculino de la planta. El gineceo está formado por uno o por un conjunto de pistilos (con forma de botella), cada uno de los cuales está formado por una o varias hojas modificadas llamadas carpelos (McCormick, 2004). Los carpelos son los órganos reproductores femeninos en una planta espermatofita, y se divide a su vez en ovario, estilo y estigma (Willemse y Van Went, 1984). El ovario que es la parte ensanchada donde se encuentra el óvulo, y el estilo que es la zona alargada entre el ovario y el estigma. El estigma, es la parte final del estilo y cuenta con una estructura pegajosa cuya función principal es la de captar y retener los granos de polen para la fecundación.

El pedúnculo o raballo es la parte que sostiene a la flor. No se trata de una parte implícita de las piezas de la flor como tal, pero tiene una función de sostén. Al receptáculo se le conoce con el nombre de talado floral y se trata de un ensanchamiento del pedúnculo que sirve para insertar los antófilos protectores (sépalos y pétalos) y los estambres.

El cáliz es la parte de la flor constituida por unas estructuras que tienen forma de hojas (sépalos) y tienen un color generalmente verde. La función que tiene el cáliz es la de

1. INTRODUCCIÓN

proteger a la yema floral. La corola es la parte que está formada por ciertas estructuras que tienen forma de hoja (pétalos) que presentan colores diversos dependiendo de la especie y variedad. Los pétalos se van formando después de los sépalos durante el crecimiento y desarrollo de las flores. La función de los pétalos es ayudar en la polinización. Para ello, usa sus formas y llamativos colores para reclamar la atención de los insectos polinizadores.

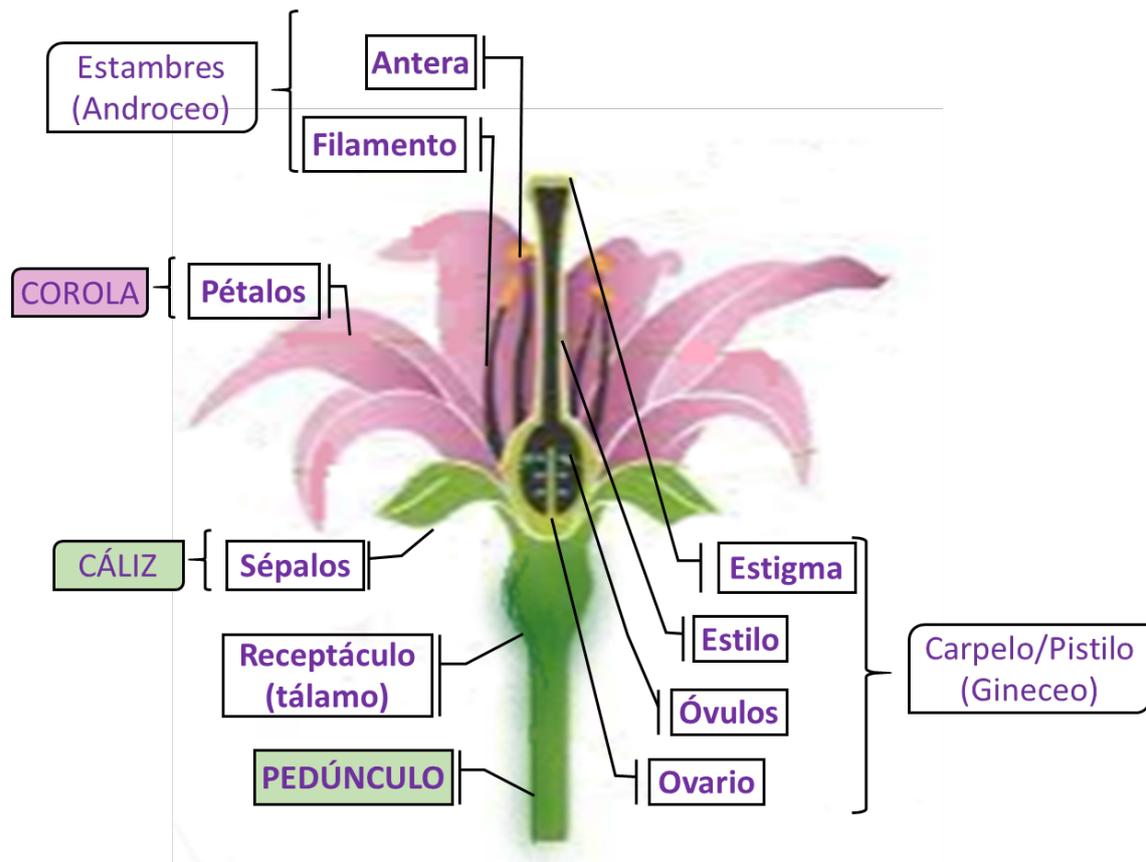


Figura 1. Partes principales de la flor.

El androceo es la parte de la flor que contiene los órganos reproductores masculinos (estambres). Cada estambre está constituido por un filamento en cuyo extremo se sitúa la antera. En ella se forman los gametos masculinos que son los granos de polen.

Entre las funciones vitales de las flores están la polinización, la producción de semillas y la producción de frutos. La polinización se produce con el desplazamiento del grano de polen desde las anteras hacia el estigma. Cuando la polinización se lleva a cabo sin la intervención de factores polinizadores, se trata de una polinización directa y cuando se lleva a cabo con polinizadores, se trata de polinización indirecta. Además, las flores tienen otras características funcionales y estéticas que las hacen reconocibles a simple vista, por sus colores y aromas llamativos para atraer a los agentes polinizadores,

1. INTRODUCCIÓN

porque generan el néctar, que funciona como atrayente para los polinizadores y al posarse sobre la flor para buscar el néctar, el polen se adhiere a ellos y es transportado a otras plantas.

Las flores y sus estructuras están diseñadas para garantizar una función eficiente en la atracción de insectos polinizadores y la colocación de polen y su recepción, y también deben proteger el polen y el néctar de la lluvia. Algunas plantas tienen flores que funcionan como defensa contra animales herbívoros. Las dedaleras (*Digitalis purpurea*) son plantas cuyas flores generan sustancias químicas que no solo alejan a los animales, sino que también resultan tóxicas para el ser humano (Jograna *et al.*, 2020).

En algunos casos, la corola y el cáliz de la flor no están claramente diferenciados, dando lugar a un segmento o unidad de los periantos llamado tépalo.

1.3.3. Clasificación de las flores

La anatomía de las flores es un carácter taxonómico muy relevante, es decir, que de hecho se utiliza para clasificar las angiospermas en familias.

Lo que distingue a una flor de otra a veces puede ser su forma, a veces su color y a veces distintivos patrones de textura. En realidad, una posible clasificación de las flores, hace referencia a una combinación de estos aspectos. El desafío radica en encontrar una buena representación de estos tres atributos y una forma de combinarlos que preserve el carácter distintivo de cada aspecto, en lugar de promediarlos. Sin embargo, las especies de flores a menudo tienen múltiples valores para un aspecto. Por ejemplo, a pesar de sus nombres, las violetas pueden ser tanto de color blanco como violeta, y evidencia que cualquier clasificación deberá ser multi metódica. Por ello, la clasificación de las flores, es una labor compleja, debido a la gran similitud entre clases. Además, las flores son objetos no rígidos que pueden deformarse por diversos motivos y tomar formas diferentes y, en consecuencia, también existe una gran variación dentro de las clases (Nilsback y Zisserman, 2008).

Es casi imposible enumerar la infinidad de variedades de flores existentes. El grupo de las angiospermas, se puede clasificar por su parte reproductora, diferenciando aquellas especies que tienen flores masculinas que sólo tienen estambres y otras que tienen flores femeninas con sólo pistilos. Hay algunas flores completas o hermafroditas (con masculinas y femeninas en la misma flor) y especies monoicas (con flores masculinas y femeninas en la misma planta) que no necesitan otros ejemplares externos para su reproducción, y otras dioicas (con flores masculinas y femeninas en plantas distintas).

1. INTRODUCCIÓN

Según las estructuras florales que tiene, las flores se clasifican en 1) flores completas, que constan de los cuatro elementos básicos de la flor típica. 2) Flores incompletas, las que no tienen los cuatro elementos, son flores que poseen un único sexo. 3) Monocotiledóneas, plantas donde la flor se desarrolla sobre un solo cotiledón, que es el que proporciona la semilla y sus flores suelen tener pétalos en un número múltiplo de tres. 4) Dicotiledóneas, donde la flor se desarrolla sobre dos cotiledones proporcionados por la semilla y las flores tienen pétalos en un número múltiplo de cuatro o cinco.

El desarrollo de las plantas depende de la actividad de sus meristemas, grupos de células en división ubicadas en los puntos de crecimiento. Estos meristemas pueden continuar agregando nuevas estructuras a la planta a lo largo de su ciclo de vida, dándole el potencial de crecimiento indeterminado. Lo logran generando dos tipos de estructura en su periferia: primordios que crecerán para formar órganos como hojas, pétalos y estambres; y meristemas secundarios, que formarán ramas laterales o flores. En la mayoría de los casos, cada primordio tiene un meristemo secundario ubicado en su axila (el ángulo entre la base del primordio y el tallo principal). Al cambiar algunas de las características clave del meristemo, es posible explicar gran parte de la variación evolutiva en la forma de la planta y la flor.

1.4. Florifagia y flores comestibles

La florifagia es el término al que se hace referencia cuando se consumen flores como alimento. Esta práctica, a nivel global no es muy conocida, excepto para alimentos como la alcachofa, la coliflor o el brócoli, que morfológicamente responden a ser flores, aunque su comercialización y consumo se relaciona con los productos hortícolas. A nivel específico, la florifagia es una práctica que se relaciona con diferentes artes culinarios y que en la gran mayoría de los casos se trata de cocina gourmet.

La lista de flores comestibles es extensa con alrededor de 55 géneros conocidos. El mercado de las flores comestibles se está volviendo más importante debido a su utilización en recetas, así como al crecimiento de la investigación sobre su potencial nutricional y bioactivo. Sin embargo, el mercado de las flores comestibles tiene muy bajo impacto, frente al de otros alimentarios de origen vegetal, como frutas y hortalizas, porque la producción de flores comestibles es de baja repercusión económica, aunque con un alto potencial de futuro.

Según la legislación, un alimento es «toda sustancia o producto que las personas ingieren», por lo que las flores deberían cumplir las normas que garantizan su inocuidad, salud y producción, almacenaje y envasado en condiciones sanitarias adecuadas.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que la alimentación ancestral del ser humano estaba basada en la recolección de frutos, raíces, hojas y flores, y que el consumo popular de flores es muy antiguo, pasando por toda la tradición culinaria de la humanidad y de que existe una amplia bibliografía científica que ampara el uso de flores comestibles (Newman y O'Connor, 2009; Pires *et al.*, 2019; Guiné *et al.*, 2021), la legislación alimentaria en cuanto a las flores comestibles es un tanto ambigua y no dispone de un marco específico, por lo que las flores todavía no han sido declaradas como alimento, en el registro que contempla la normativa europea como aptos para el consumo humano.

Por tanto, en la actualidad no hay un listado específico de flores comestibles y no comestibles, por lo que las flores se encuadran en el reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de noviembre de 2015 sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios, que modifica al Reglamento (UE) 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y que deroga el Reglamento (CE) 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) 1852/2001 de la Comisión.

Hasta que no se disponga de informes científicos que demuestren que las flores se han utilizado de manera generalizada en la Unión Europea como alimento o ingrediente sin ningún riesgo para la salud humana, la legislación comunitaria no las cataloga como nuevos alimentos, aunque si está en la legislación de algún estado miembro. Es el productor, importador o cualquier otra persona responsable de la comercialización en la UE, al que le corresponde, aportar a las autoridades competentes la información necesaria para justificar que la flor no entra dentro del ámbito de aplicación del Reglamento (CE) 258/97, ya que es el operador económico el principal responsable del cumplimiento de la legislación vigente en materia de seguridad alimentaria. Así, para las flores sin historial de consumo antes de 1997, los operadores deben solicitar autorización de acuerdo con los procedimientos establecidos en el reglamento (UE) 2015/2283.

Del mismo modo, la normativa alimentaria española no incluye las flores como productos que puedan destinarse al consumo humano, a pesar de tener una importante demanda, resulta complicado acreditar la seguridad de un alimento que se ha cultivado desde hace muchos años y cuyo uso ha servido, desde tiempos históricos, para aromatizar, aderezar o condimentar numerosos platos. Por otro lado, en determinadas legislaciones europeas sobre alimentos, como, por ejemplo, las que marcan los límites máximos de residuos, aparecen las flores, principalmente las que se emplean en infusiones.

Por otro lado, no todas las flores pueden consumirse como alimento, ya que existen un amplio grupo de flores que pueden resultar tóxicas, por causar alergias cutáneas,

dermatitis o lesiones cutáneas, e incluso su ingesta puede ser mortal, por la presencia de componentes venenosos (Flores *et al.*, 2001; Sotelo *et al.*, 2007; Lara-Cortés *et al.*, 2013; Navarro González *et al.*, 2015). Además, cuando se introducen por primera vez en la gastronomía, hay que realizarlo en pequeñas cantidades, para evitar indigestiones o para prevenir en caso de posibles reacciones alérgicas.

La composición química que puede limitar el consumo de flores está marcada genéticamente y se relaciona con la presencia de sustancias tóxicas o antinutricionales, como por ejemplo, inhibidores de tripsina, hemaglutininas, alcaloides, glucósidos, resinas, taninos, alcoholes, fitotoxinas, nitritos, sustancias fotosensibilizantes y oxalatos de calcio, sustancias que marcan la diferencia entre flores comestibles y no comestibles y, por lo tanto, no pueden incluirse en la dieta humana y que juegan un papel importante en el sistema de defensa de la planta (Flores *et al.*, 2001; Nicolau y Gostin, 2016). Las flores que contienen inhibidores de tripsina afectan a su calidad nutricional, mientras que en otros casos pueden contener algunos compuestos como hemaglutininas o glucósidos cianogénicos que no deben consumirse ya que estos son perjudiciales para las personas (Sotelo *et al.*, 2007).

Aunque algunas de las flores comestibles contienen compuestos tóxicos, el manejo tradicional en el consumo de flores ha conseguido eliminar estos compuestos o disminuirlos, por ejemplo, con la cocción y eliminación del agua de cocción se disminuye la concentración de alcaloides (García-Mateos *et al.*, 1996). Así, la flor comestible del crisantemo puede inducir algunas reacciones alérgicas en las personas sensibles (Osimitz *et al.*, 2006).

1.4.1. El consumo de flores a lo largo de la Historia

Desde tiempos muy antiguos se sabe que el ser humano ha sabido adaptarse a la naturaleza y ha aprendido a comer lo que estaba a su alcance, las flores no han sido la excepción a lo largo de la Historia y se han ido incorporando a las dietas, por lo que es importante tener una idea de lo que se puede preparar con ellas, que sabores y texturas nuevas se pueden lograr al incluirlas en las elaboraciones gastronómicas (Bermúdez Camacho, 2016).

Según la literatura antigua, las flores se consumían como alimento y han sido parte integral de la nutrición humana (Tanji y Nassif, 1995). Se utilizaban en diferentes preparaciones culinarias como salsas, licores, bebidas, etc. o en distintos platos como guarnición (Pires *et al.*, 2017). Por ejemplo, las flores de dalia se consumían en México en sopas secas. Las flores de caléndula se usaban como ensalada, queso o tortilla en Francia (Lara-Cortés *et al.*, 2014). Las flores de diente de león (*Taraxacum officinale*)

1. INTRODUCCIÓN

se utilizaron en Europa para preparar bebidas y ensaladas (Mlcek y Rop, 2011). En la antigua Roma también se ha informado del uso de rosas para la preparación de purés y tortillas (Cunningham, 2015). Algunas flores se utilizaban en productos alimenticios para mejorar el sabor o el aroma de la comida y hacerla más apetecible. Existe información sobre el uso de flores comestibles como potenciadores del sabor en platos dulces y salados en la antigua Grecia y Roma (Melillo, 1994). Los pueblos étnicos del norte de Tailandia consumían flores de Cosmos, en ensaladas o las usan para preparar tés de flores (Kaisoon *et al.*, 2012).

Las rosas (*Rosa* spp. L.) se utilizaban en la antigua Roma para dar sabor y dulzura a los platos, en bebidas, ensaladas, purés, tortillas y postres (Mlcek y Rop, 2011; Vinokur *et al.*, 2006). En el siglo XVII se describe el uso de violetas (*Viola odorata* L.) como fuente de azúcar y como colorante de jarabes (Mlcek y Rop, 2011). En Portugal y España, el queso tradicional se produce utilizando leche de oveja y cuajo a base de flor de cardo (*Cynara cardunculus*) como agente coagulante (Gomes *et al.*, 2019). Abbet *et al.* (2014), a través de la recopilación de datos publicados y entrevistas, identificaron 98 especies de plantas silvestres consumidas tradicionalmente en la región de Valais (Suiza), donde las flores representaron el 26% de las especies más consumidas. En este trabajo, las personas mayores informaron haber comido flores silvestres comestibles como una forma de recordar su juventud.

Respecto a las flores usadas en la cultura andina, los indígenas comían principalmente: la flor de calabaza o *ayoxóchitl*, la flor de *iczone* o yuca; la flor del maguey llamada *gualungo*; la flor de la biznaga que al fructificar es llamada borrachita; flor del nopal *nopalxochitl* o pocha; la flor del tule o espadaña, flor del frijol y la de colorín o pichoco; el *cacaoxochitl* o flor del cacao usada en la bebida llamada *pozonqui* o espuma de cacao y la orejuela o *ucinacaztli*. En las bebidas se utilizaba la flor de Jamaica cuyo uso se extendió con la colonización española (Velázquez Soto, 2001).

1.4.2. El consumo de flores en el momento actual, usos y elaboraciones

Se han publicado varios artículos que revisan la información disponible sobre flores comestibles comúnmente utilizadas en cocinas de todo el mundo, también se ha revisado el uso tradicional de plantas silvestres y sus flores en la cocina europea (Luczaj *et al.*, 2012). Se han publicado varios libros de cocina dedicados a las flores comestibles. A pesar de ello, el conocimiento tradicional de los múltiples usos que pueden recibir las flores comestibles no está difundido, y aunque las flores en sí mismas ahora se cultivan en todo el mundo, sus usos culinarios específicos se limitan en muchos casos a las

1. INTRODUCCIÓN

comunidades locales, cuyos ancestros habían consumido estas flores durante siglos (Del Angel-Pérez y Mendoza, 2004; Manzanero-Medina *et al.*, 2018).

Las flores comestibles presentan usos culinarios muy diversos. Se pueden usar en guarniciones de diversas comidas y buffets fríos, revueltos, ensaladas, salsas, mermeladas, gelatinas jarabes, vinagres, infusiones, en helados, caramelos, como flores confitadas, en vino y licores, incluso algunas flores pueden secarse y usarse como hierbas secas. Y los pétalos se utilizan para decorar ensaladas, platos dulces, frutas, helados, bebidas, etc.

Debido a la amplia gama de características gastronómicas, son múltiples los usos, por ejemplo, el uso de pétalos de rosas (*Rosa spp.*) recién cortados, resultan excelentes para la presentación de postres, o también son usadas para guarnecer cualquier tipo de carne (Hidalgo, 2008). Otras flores utilizadas con estos fines son los crisantemos (*Chrysanthemum spp.*) y dalias (*Dahlia sp.*), que son usados en la cultura oriental para aderezar las sopas secas. Con la flor del mastuerzo (*Tropaeolum majus*) o capuchina (*Tropaeolum majus*) originaria de Perú, se elaboran ensaladas, acompañando carnes y en helados (Velázquez Soto, 2001).

En las últimas décadas, ha habido un aumento en el uso de flores comestibles en la cocina mundial. Muchos *chefs* emplean flores como el pensamiento o la rosa para agregar fragancia y sabor a alimentos y bebidas, o simplemente para hacer que los platos visualmente sencillos sean más atractivos (Pires *et al.*, 2019; Pinakin *et al.*, 2020). Sin embargo, las flores son mucho más que belleza. El potencial comestible de algunas especies se ha evaluado a fondo en centaurea (*Centaurea cyanus* L.) (Lockowandt *et al.*, 2019), crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) (Yang *et al.*, 2019, Zhang *et al.*, 2019), hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) (Antarkar *et al.*, 2019), lavanda (*Lavandula pedunculata* Cav.) (Nowicka y Wojdyło, 2019), pensamiento (*Viola × wittrockiana* Gams) (Fernandes *et al.*, 2019a), peonía (*Paeonia suffruticosa* Andr.) (Fernandes *et al.*, 2017a), caléndula (*Calendula officinalis* L.) (Chitrakar *et al.*, 2019) y rosa (*Rosa spp.*) (Qiu *et al.*, 2020).

Gracias a sus sabores, aromas, texturas y colores, las flores comestibles se han ganado un espacio en el mundo culinario. Su popularidad continúa creciendo como un ingrediente innovador y creativo. El aroma, sabor y apariencia de las flores hacen que las preparaciones sean más atractivas, junto con sus propiedades nutricionales y su bajo contenido en grasas y energético han promovido su consumo a nivel mundial. Las flores comestibles se utilizan para adornar y/o decorar comidas, dulces, helados o

1. INTRODUCCIÓN

bebidas mejorando no solo el efecto estético, sino también aportando un sabor y olor específico a los platos de comida.

La tabla 1 recopila algunos de los usos culinarios registrados para algunas flores comestibles (Lara-Cortés *et al.*, 2013).

Tabla 1. Aplicaciones gastronómicas de las flores comestibles.

| Nombre común y científico | Aplicación gastronómica |
|--|---|
| Alhelí (<i>Matthiola incana</i>) | Postres y dulces |
| Amapola (<i>Papaver rhoeas</i>) | Con los pétalos se aromatiza el vino. En maceración se obtiene aceite para aliños y cocinar |
| Azucena (<i>Hemerocallis fulva</i>) | Rellenas, en postres, ensaladas, sopas, compotas y como guarnición |
| Begonia (<i>Begonia x tuberhybrida</i> , <i>B. semperflorens</i>) | En macedonia con frutas o confitadas. Para guarnición de platos |
| Boca de dragón (<i>Antirrhinum majus</i>) | En ensaladas |
| Borraja (<i>Borago officinalis</i>) | En ensaladas. También se puede usar para colorear vinagres dándoles un tono azul |
| Calendula (<i>Calendula officinalis</i>) | En ensaladas, tortillas o como acompañamiento de quesos |
| Campanilla (<i>Platycodon grandiflorus</i>) | En ensaladas |
| Capuchina (<i>Tropaeolum majus</i>) | En ensaladas. Combina bien con legumbres, patatas, arroz, o en sopa |
| Chira (<i>Indigofera suffruticosa</i>) | En cremas y asadas |
| Claveles (<i>Dianthus caryophyllus</i> , <i>D. barbatus</i> , <i>D. plumarius</i>) | En ensaladas, en macedonia de frutas, revuelta con mantequilla como guarnición |
| Crisantemos (<i>Chrysanthemum</i> spp.) | En ensaladas, sopas, salsas y vinagretas (sólo los pétalos) |
| Diente de León (<i>Taraxacum officinale</i>) | En ensaladas y sopas |
| Geranio (<i>Pelargonium</i> spp.) | En postres, pasteles y bebidas, ensaladas, aguas de flores, o como guarnición |
| Girasol (<i>Helianthus annuus</i>) | Los capullos sin abrir se pueden hacer al vapor como las alcachofas |
| Gladiolo (<i>Gladiolus</i> spp.) | En ensaladas y guarnición |
| Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) | Infusiones, extractos, ensaladas, dulces, mermelada |
| Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i>) | En cremas y ensaladas, como guarnición con carnes. En infusiones. Para elaborar dulces y helados |
| Lila (<i>Syringa vulgaris</i>) | En ensaladas y macedonias de frutas y como condimento |
| Malva (<i>Malva sylvestris</i>) | En ensaladas |
| Manzanilla (<i>Matricaria recutita</i>) | En infusiones, en maceración con aceites, vinagretas. En helados, o en la cocción de verduras dulces |
| Milenrama (<i>Achillea millefolium</i>) | En infusiones y zumos |
| Pensamiento (<i>Viola tricolor</i>) | En ensaladas y postres |
| Tomillo (<i>Thymus</i> spp.) | En ensaladas y platos de pescado |
| Violeta (<i>Viola odorata</i>) | En repostería (caramelos, mermeladas, sorbetes, helados, escarchas, jaleas y compotas), infusiones, sopas y ensaladas |

Se observa que el principal uso de las flores comestibles es como ingredientes para ensaladas, pero también como guarnición de entrantes y sopas, postres y bebidas (Barash, 1998), aportando un amplio abanico de colores, gustos y formas interesantes.

1.4.3. El cultivo de las flores comestibles

Es muy complicado aplicar un correcto manejo en la producción de flor comestible, a causa de la falta de normas específicas sobre este tipo de producción, motivo por el cual se toman las normativas de horticultura comestible general y de la producción ecológica. Se conoce como flor de calidad, la que conjuga tres características importantes, tales como su turgencia, aroma y color. Estas características estarán determinadas por la técnica de cultivo seleccionada, el momento de la recolección y la correcta manipulación en la postcosecha (Traxco, 2022).

Algunas de las recomendaciones durante el ciclo del cultivo es controlar la fase de emergencia y crecimiento y realizar prácticas ecológicas en la fertilización y manejo. Los pesticidas químicos están sumamente prohibidos y cuando se realice cultivo con irrigación, es importante controlar la cantidad de agua que necesite la planta (Quinteros Fernández y Utrera Velázquez, 2019).

No están autorizado el uso de sustancias fitosanitarias en la producción de flores comestibles (Kosztolnyik, 1996), por lo que las estrategias de producción pasan por alternativas en el manejo de plagas. Una vía estratégica es el cultivo de flores comestibles bajo técnicas de agricultura ecológica, en línea con la demanda de estos productos en el mercado (Behe *et al.*, 2010; Fernandes *et al.*, 2017a).

El manejo ecológico de los cultivos garantiza la no utilización de sustancias químicas de síntesis y con ello evitar la presencia de residuos químicos en la flor y la contaminación microbiológica se puede controlar, principalmente bajo unas condiciones de poscosecha que garantice la trazabilidad de las flores desde la recolección hasta el consumo.

Para que las flores sean consideradas como comestibles, se deben cumplir ciertas características entre las que se encuentran, la respuesta a una determinada composición química, estar libres de residuos de sustancias químicas de síntesis como herbicidas, insecticidas y biocidas en general, y de residuos de fertilizantes químicos de síntesis, además de ser inocuas ante patógenos de tipo microbiológico.

Una posible opción de cultivo de flores comestibles es en huertos urbanos o en zonas periurbanas protegidas (Raigón Jiménez *et al.*, 2018). Actualmente existe un interés

1. INTRODUCCIÓN

renovado en las flores comestibles, ya que algunas de las especies utilizadas presentan una gran cantidad de antioxidantes en sus pétalos, lo cual puede ser interesante para los consumidores urbanos que constantemente demandan productos novedosos y saludables.

Según Botanical-online (2022), existen algunas normas para la recolección de flores comestibles:

- Se recomienda cultivar las flores lo más próximo al consumo. Si se recolectan flores silvestres es importante asegurarse de que las flores no estén contaminadas por restos orgánicos de animales domésticos o de pastoreo, humo de los coches y hongos.
- No se puede comer cualquier flor, sino solo las que se conozca que son comestibles.
- Se deben recolectar las plantas de forma responsable y sostenible, para no alterar el ecosistema. Y nunca recolectar más de la mitad de flores de una planta.

El 95% de flores que crecen en el Ecuador son comestibles, siempre y cuando sean cultivadas orgánicamente lejos del empleo de sustancias químicas y pesticidas ya que son para consumo humano. Para el control se pueden emplear extractos de ajo o ají y sirven como repelente para plagas. Normalmente las flores que son cosechadas son empacadas y llevadas a una atmosfera controlada de humedad, temperatura y luz ultravioleta de efecto germicida que elimina los gérmenes que están en el ambiente, para obtener un producto más inocuo, incluso si se realizara un lavado, y obtener un producto libre de químicos y contaminantes.

La floricultura en el Ecuador se remonta a principios de los años 80 en el que se empezó a realizar los primeros experimentos acerca de la producción de rosas bajo 26 invernaderos. (Gómez y Egas, 2014).

En 1982 se edificó la primera explotación florícola del país, desde ese momento se han desarrollado más de un centenar de iniciativas en el territorio ecuatoriano. Teniendo como principales provincias a Pichincha y Cotopaxi. Esta ha tenido una constante actualización para obtener un cultivo eficaz y eficiente, desde cambios en la manera de sembrar, diferentes tipos de invernadero, riego los cuales han permitido a lograr una calidad en el sector florícola (Quinteros Fernández y Utrera Velázquez, 2019.)

Las flores del Ecuador son consideradas no solo como un producto de gran calidad, sino como el mejor del mundo en su tipo y esto se ve reflejado en la opinión de profesionales como Ferran Adriá, considerado por muchos críticos como el mejor chef del mundo, que ha utilizado rosas ecuatorianas en algunos de sus platos en pro de la innovación gastronómica y se ha mostrado muy satisfecho con sus resultados (Universo, 2017).

1.5. Composición de las flores comestibles

Las investigaciones sobre la composición y el valor nutricional de diferentes flores han revelado que contienen una variedad de fitoquímicos como fenoles, flavonoides y antocianinas que exhiben propiedades antioxidantes (Loizzo *et al.*, 2015). También contiene varios macro y micronutrientes (Rop *et al.*, 2012).

La composición y los niveles de los nutrientes dependen de la parte de la flor. Los pétalos y otras partes de las flores son más ricos en vitaminas, minerales y antioxidantes (Fernandes *et al.*, 2017a; Mlcek y Rop, 2011).

Las flores comestibles suelen estar compuestas en un 70–95% por agua, por lo que su repercusión en la nutrición en forma de alimento calórico es muy baja, ya que no aporta fuentes significativas de hidratos de carbono, proteínas o grasas. El valor nutricional más importante de las flores comestibles son el contenido en minerales (Grzeszczuk *et al.*, 2018)., especialmente en P y K. El K, P, Ca y Mg son los principales minerales presentes, siendo los niveles de potasio superiores al calcio.

En el estudio realizado por Rop *et al.* (2012) se muestra que el contenido de fósforo oscila de 202.11 a 514 mg.kg⁻¹ sobre materia fresca y de 1842.61 en *Begonia boliviensis* a 3964.84 mg.kg⁻¹ de potasio en *Viola x wittrockiana*. Algunas flores acumulan altos niveles en de micronutrientes, como la flor de Jamaica cuyos cálices pueden concentrar unos 800 mg.100 g⁻¹ de hierro (Nnam y Onyeke, 2003). En *Dianthus caryophyllus* se registraron contenidos, expresados sobre base fresca, elevados de calcio (491.89 mg.kg⁻¹), hierro (9.85 mg.kg⁻¹) y cobre (2.88 mg.kg⁻¹), mientras que magnesio (205.19 mg.kg⁻¹) y sodio (131.97 mg.kg⁻¹) se encontró mayor contenido en *Tagetes patula* y *Viola x wittrockiana*, respectivamente.

La flor de calabaza aporta vitaminas A, C, B₂, B₃ y minerales como calcio, fósforo, hierro y potasio. La flor del diente de león contiene Ca, Mg, P, S, Zn, Fe y vitaminas A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, D y E y ácidos grasos esenciales. Y los pétalos de la flor de yuca destacan por su contenido en vitamina C y calcio (Lara-Cortés *et al.*, 2013). Las rosas, capuchinas y especialmente los escaramujos son muy ricos en vitamina C.

Los carbohidratos son los macronutrientes más abundantes en las flores comestibles. En flores de *Centaurea cyanus* L. y Rosa se han encontrado valores de 88.39 y 86.12 g/100 g de peso seco, respectivamente (Pires *et al.*, 2017). El contenido de fibra es bastante variable, oscilando entre 6.1 y 55.4 g/100 g de peso seco, según se determinó para flores de *Allium schoenoprasum* L., *Spilanthes oleracea* L. y *Tagetes erecta* L. (Fernandes *et al.*, 2017a).

1. INTRODUCCIÓN

Además, las flores son ricas en néctar y polen, y diferentes estudios han demostrado que el polen es rico en vitaminas y minerales (Grzeszczuk *et al.*, 2011; Feás *et al.*, 2012). El polen es fuente de proteínas, carbohidratos, lípidos, carotenoides y flavonoides, mientras que el néctar presente en las flores está formado por azúcares libres (fructosa, glucosa y sacarosa), proteínas, aminoácidos (principalmente prolina), iones inorgánicos, lípidos, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, alcaloides y terpenoides, entre otros (Nicolson *et al.*, 2007).

Las flores también son ricas en un grupo de metabolitos secundarios, fitoquímicos o compuestos bioactivos naturales (Grzeszczuk *et al.*, 2016), que poseen una elevada actividad antioxidante y protectora del organismo, así como modular las enzimas de desintoxicación y del metabolismo hormonal, la estimulación del sistema inmune y un efecto antibacteriano (Kucekova *et al.*, 2013; Fernandes *et al.*, 2017a; González-Barrio *et al.*, 2018). Así, la flor de caléndula se ha utilizado en la medicina por sus propiedades inmunoestimulante, citostática, antiespasmódica, antiséptica, sedante, analgésica entre otras. Kaisoon *et al.* (2012) analizaron cuatro flores comestibles: tagetes, cosmos (*Cosmos sulphureus*), coralillo (*Antigonon leptopus*) y buganvilia (*Bougainvillea glabra*) y encontraron que los extractos hidrofílicos de estas flores comestibles contenían un alto nivel de compuestos fenólicos y flavonoides, que mostraron elevada actividad antioxidante.

La familia química a la que pertenecen las sustancias de naturaleza antioxidante de las flores son los compuestos fenólicos. Los pétalos de rosa (*Rosa rugosa*, *Rosa davurica*) contienen ácido gálico, quercetina y kaempferol que tienen una alta actividad antioxidante (Mlcek y Rop, 2011). Las flores de crisantemo contienen luteolina (Sugawara y Igarishi, 2009) y las flores de azucena contienen compuestos fenólicos como la catequina, ácido clorogénico, rutina y quercetina y glucósidos fenólicos como el orcinol, isorhamnetina, stelladerol y floretina (Fu *et al.*, 2009). También se ha informado que las flores de caléndula contienen compuestos de isoquercetina, rutina, quercetina-3-orutinosil ramnósido, en su composición (Bilia *et al.*, 2001).

Estos componentes polifenólicos están fuertemente relacionados con el color, ya sea directamente como por ejemplo las antocianinas y otros pigmentos flavonoides o indirectamente a través de procesos de co-pigmentación (Kaisoon *et al.*, 2011; Skrajda, 2017). En la gran mayoría de los casos se trata de pigmentos solubles, reconocidos como moléculas colorantes, siendo responsables de la pigmentación de muchas frutas y verduras, así como de los pétalos en la mayoría de las flores. El consumo de flores comestibles ricas en estos compuestos bioactivos se asocia con un menor riesgo de efectos negativos causados por los radicales libres (Fu y Mao, 2008). Estos compuestos

bioactivos también juegan un papel importante en el retraso de la senescencia de estas flores.

Muchas de las flores contienen en sus pétalos componentes saludables y en paralelo son de muy bajo valor calórico (Friedman *et al.*, 2005; Evans, 1993), atributos que hace que las flores sean atractivas como ingredientes en algunos tipos de dietas específicas.

1.6. Características organolépticas de las flores comestibles

Las flores comestibles, añaden a las preparaciones una gama de características organolépticas relacionadas con el color, aroma, textura y sabor (Lara-Cortés *et al.*, 2013).

1.6.1. El color en las flores comestibles

Uno de los atributos más importantes y llamativos de las flores es el color, este puede afectar las preferencias del consumo. Por ejemplo, se ha encontrado para el caso de la flor de capuchina, los cultivares carmesí y borgoña pueden atraer y estimular el apetito de los consumidores (Kelley *et al.*, 2002).

El atractivo color de los pétalos de las flores es muy variado y está relacionado con el contenido de las sustancias que presentan la naturaleza de generar pigmentación, los carotenoides y antocianinas. Los carotenoides son pigmentos liposolubles contenidos en los plastidios, son componentes estructurales esenciales de la antena fotosintética y complejos centros de reacción, y en los vegetales juegan un papel importante ya que los protegen contra los daños ocasionados por los procesos fotooxidativos (Ohmiya, 2011). Las antocianinas son pigmentos hidrosolubles contenidos en las vacuolas de las células epidérmicas de los pétalos. Estos dos grupos son los de mayor importancia (Bohra y Visen, 2018). El color rojo, morado, violeta o azul de las flores se debe a la presencia de pigmentos de antocianina, mientras que las flores de color blanco o crema contienen una mayor cantidad de leucoantocianidinas. Asimismo, los colores amarillo o naranja de la flor se deben a la presencia de pigmentos carotenoides. En flores de color rosa se relacionan con compuestos fenólicos (Vanderjagt *et al.*, 2002; Vinokur *et al.*, 2006) y en flores de color capuchino se relacionan con isotiocianatos (Pintao *et al.*, 1995). La flor de la capuchina (*Tropaeolum majus*) contiene una gran cantidad de antocianinas (720 mg.kg⁻¹ en base fresca), concretamente de pelargonidina (Kelley *et al.*, 2001; Garzon y Wrolstad, 2009).

Del mismo modo, las flores de caléndula, en particular las variedades de color naranja, contienen una mayor cantidad de luteína que las de color amarillo o rojo (Bhattacharyya *et al.*, 2008). Además de la luteína, otros carotenoides presentes en las flores son la

1. INTRODUCCIÓN

anteraxantina y la violaxantina en las flores de color amarillo y la capsantina en las flores de color rojo (Yamagishi *et al.*, 2010).

La gran diversidad de carotenoides le confieren a las flores diferente coloración, que van desde el amarillo claro y amarillo oscuro a colores naranja (principalmente debido a las xantofilas) hasta los naranja oscuros y rojos, debidos a los carotenos como el licopeno y β -caroteno. Así, en flores de crisantemos y en la flor del diente de león, la luteína, violaxantina, criptoxantiquina son, entre otros, los carotenoides más importantes. La luteína es también el carotenoide mayoritario de los pétalos de las flores de tagetes, de capuchina y de azucena. También en los pétalos anaranjados de caléndula se ha observado que acumulan carotenoides rojos (Lara-Cortés *et al.*, 2013). Es de destacar que el contenido de β -caroteno de la violeta en base al peso es mayor que la de la naranja (Kosztolnyik, 1996).

Como fuente importante de antocianinas destacan los cálices de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), las cuales se consumen principalmente como bebidas refrescantes (Prenesti *et al.*, 2007). El color de los cálices de *Hibiscus* varía desde verde amarillento hasta rojo intenso, y se encuentra relacionado con el contenido de estos fitoquímicos (Christian y Jackson, 2009). Así, las variedades de cálices oscuros contienen entre cinco y siete veces más concentración de antocianinas que las de cálices claros. Por su parte, las variedades verdes y amarillas carecen de estos compuestos (Salinas-Moreno *et al.*, 2012).

Las antocianinas tienen la capacidad de proteger a la flor contra el estrés oxidativo, debido a su potencial para estabilizar los electrones desapareados de los radicales libres, esto mediante la donación de átomos de hidrógeno. Se ha reportado que las antocianinas tienen mayor actividad antioxidante que las vitaminas C y E (Hernández *et al.*, 2009; Sytar *et al.*, 2013). Además, diversos tipos de antocianinas como la 3-sambubiósido de delfinidina y la 3-sambubiósido de cianidina, presentes en cálices de la flor de Jamaica, también tienen la capacidad de formar complejos con metales y de esta manera proteger a la planta contra efectos dañinos (Castañeda-Ovando *et al.*, 2008).

El color de los pétalos es el atributo más importante de las flores comestibles, por ello se puede realizar una clasificación de las flores, atendiendo al criterio de color de los pétalos (Raigón Jiménez *et al.*, 2018). La tabla 2 muestra un listado de flores comestibles que presentan mayoritariamente un color de pétalos con pigmentación variable.

1. INTRODUCCIÓN

Tabla 2. Relación de plantas con flores comestibles con pigmentación variable.

| Nombre común y científico | Sabor | Observaciones |
|---|--|---|
| Bergamota silvestre (<i>Monarda didyma</i>) | Gusto a te, más aromático que las hojas | Prefiere suelos ricos y zonas iluminadas. Atrae a colibrís y mariposas. Puede tener problemas de oídio en cultivo a la sombra. Se usa en infusiones. Colores de pétalos blancos, rosas, rojos y morados |
| Gladiolos (<i>Gladiolus</i> spp.) | Poco sabor, ligeramente amargo similar a la lechuga | Se emplea en ensaladas y para guarnir platos. Sólo se emplean los pétalos. Los pétalos son de varios colores, excepto el azul |
| Geranio (<i>Pelargonium</i> spp.) | Según la variedad, puede saber a rosa, limón o bayas | Prefiere suelos ligeros, secos y bien drenados, y zonas soleadas. Se emplea en ensaladas o en guarnición. Para la elaboración de postres y refrescos. Varios colores de pétalos: blanco, rojo, rosa y morado |
| Guayaba (<i>Feijoa sellowiana</i>) | Sabor floral, papaya o melón | Prefiere suelos ricos y bien drenados, y zonas soleadas. Se emplea en infusiones. Varios colores de pétalos, desde el blanco al rosa oscuro |
| Malva real (<i>Alcea rosea</i>) | Poco sabor, ligeramente amargo | Prefiere zonas parcialmente sombreadas. Se emplea como guarnición o en ensaladas. Colores de pétalos variados |
| Margarita común (<i>Bellis perennis</i>) | Sabores que oscilan del suave al amargo | Prefiere suelos húmedos, climas fríos y luminosidad. Se emplea en guarnición o en ensaladas. Color del pétalo del blanco al morado |
| Pensamientos (<i>Viola wittrockiana</i>) | Sabor dulce, muy floral | Tolera muchos suelos, mejor ricos y arcillosos. Prefiere zonas frías. Se emplean en ensaladas y en postres. Colores de pétalos de blancos, amarillos, rosas y morados |
| Rábano (<i>Raphanus sativus</i>) | Sabor picante, aunque más dulce que el rábano | Prefiere suelos bien drenados y arenosos y zonas parcialmente iluminadas. Se emplea en ensaladas. Color del pétalo blanco, rosa y amarillo |
| Rosa (<i>Rosa</i> spp.) | Muy perfumado, con sabores que van desde el dulce al picante | Prefiere suelos ricos y bien drenados y zonas soleadas. Para su uso hay que eliminar la base del pétalo. Se emplea como guarnición, en elaboración de mermeladas, en repostería, infusiones, etc. Colores de pétalos blanco, rosa, amarillo, rojo, anaranjado, etc. |
| Tulipán (<i>Tulipa</i> spp.) | Ligeramente dulce o amargo, sabor suave | Prefiere suelos bien drenados y zonas parcialmente sombreadas. Se emplea en guarniciones. Varios colores de pétalos, excepto el azul |

La tabla 3 muestra el listado de flores comestibles que presentan mayoritariamente un color de pétalos entre amarillos, anaranjados y rojos. Se incluye algunos apuntes relacionados con el sabor y observaciones de carácter general.

1. INTRODUCCIÓN

Tabla 3. Relación de plantas con flores comestibles con color de pétalo amarillo-rojo.

| Nombre común y científico | Sabor | Observaciones |
|---|---|--|
| Begonia (<i>Begonia x tuberhybrida</i>) | Sabor a cítrico | Prefiere suelos húmedos y fértiles y zonas soleadas o parcialmente sombreadas. Hay que desenterrar los bulbos cada año, antes de almacenarlos. Se puede consumir con macedonia o confitadas. Color de pétalos rosa, amarillo, rojo, naranja, pero también blanco y combinaciones |
| Calabaza (<i>Cucurbita</i> spp.) | Suave, a calabaza cruda | Prefiere suelos ricos en materia orgánica y alta radicación solar. Color del pétalo amarillo-anaranja |
| Caléndula (<i>Calendula officinalis</i>) | Amargo y picante, con toques a clavo de olor | Prefiere suelos ricos en materia orgánica y clima fresco. Admite siembra directa. Se puede secar y conservar la flor. Solo son comestibles los pétalos en ensaladas o tortillas. Color de pétalo amarillo y dorado-anaranjado |
| Capuchina (<i>Tropaeolum majus</i>) | Ligeramente picante con sabor a berro | Prefiere suelos bien drenados y zonas soleadas. Se consume en ensaladas o como guarnición. Color de pétalo amarillo, naranja y rojo |
| Cártamo, alazor (<i>Carthamus tinctorius</i>) | Sabor amargo | Prefiere suelos ligeros, secos y bien drenados, radicación solar y temperaturas altas. Color de pétalo de amarillo a rojo oscuro. Puede emplearse como colorante alimenticio |
| Diente de León (<i>Taraxacum officinale</i>) | Sabor amargo. Los brotes jóvenes fritos tienen un sabor similar a los champiñones | Tolera un amplio rango de suelos, climas fríos y zonas soleadas. Comer sólo los pétalos y no en crudo. Color de pétalo amarillo |
| Eneldo (<i>Anethum graveolens</i>) | Sabor fuerte, similar a las hojas | Tolera suelos pobres, pero con buen drenaje. Prefiere alta radicación solar. Color de pétalo amarillo |
| Hibiscus (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>) | Sabor suave, ligeramente ácido a cítrico y arándanos | Árbol subtropical y puede ser cultivado en interior. Utilizado como saborizante y para infusiones. Color de pétalo naranja, rojo y rojo púrpura |
| Hinojo (<i>Foeniculum vulgare</i>) | Sabor a regaliz, herbáceo, anisado, dulce | Tolera un amplio rango de suelos, sombreados. Buena radiación. Color de pétalo amarillo pálido |
| Judías (<i>Phaseolus</i> spp.) | Sabor suave a judía cruda | Flores crujientes, usadas en ensalada. Color de pétalo variable de naranja brillante a escarlata |
| Lirios de día (<i>Hemerocallis fulva</i>) | Sabor a espárragos y/o calabacín | Prefiere la sombra. Todas las partes son comestibles. Color de pétalo naranja rojizo |
| Okra (<i>Abelmoschus esculentus</i>) | Sabor suave, similar a las flores de calabaza | Prefiere suelos arcillosos. Alta radicación solar y temperaturas. Mucilaginoso. Color rojo-amarillo |
| Mostaza (<i>Brassica</i> spp.) | A mostaza, fuerte | De uso en ensalada. Puede causar alergias. Color de pétalo amarillo |
| Pimpinela menor, hierba cuchillo (<i>Poterium sanguisorba</i>) | Sabor a pepino | Puede ser invasiva, tolera todo tipo de suelos. Prefiere zona parcialmente sombreadas. De uso en ensaladas verdes. Color de pétalo rojo |
| Salvia de piña (<i>Salvia elegans</i>) | Matices de piña madura | Puede ser invasiva, prefiere suelos ligeros, bien drenados y alta radicación solar. Color escarlata |
| Tagetes; clavel chino; (<i>Tagetes erecta</i>); (<i>Tagetes tenuifolia</i>) | Sabor variable en función de la variedad. Algunas son fuertes y amargas, otras cítricas | Tolera todo tipo de suelos, pero los prefiere bien drenados. Y zonas soleadas. Color de pétalo dorado, amarillo, rojo e incluso algunas pueden ser blancas |

1. INTRODUCCIÓN

La tabla 4 muestra el listado de flores comestibles que presentan mayoritariamente color de pétalos blanco y amarillo. Se incluyen algunos apuntes del sabor y observaciones de carácter general.

Tabla 4. Relación de plantas con flores comestibles con color de pétalo blanco-amarillo.

| Nombre común y científico | Sabor | Observaciones |
|--|---|--|
| Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>) | Sabor picante, pero más suave que las hojas | Requiere suelos ricos, bien drenados y zonas soleadas. Se emplea como guarnición en ensalada y para aromatizar aceite. Color de pétalo blanco y rosa pálido |
| Aspérula olorosa (<i>Galium odoratum</i>) | Sabor dulce avainillado | Puede ser invasiva y forma cubierta vegetal. Prefiere las zonas de sombra. Se usa en macedonias y en infusión. Color blanco |
| Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) | Sabor picante, similar a la hoja, pero más suave | Prefiere suelos ricos y bien drenados y zonas soleadas. Se emplea en guarnición. Color de pétalo blanco |
| Guisantes (<i>Pisum sativum</i>) | Sabor a regaliz de palo | Prefiere suelos arenosos y bien drenados y zonas soleadas. Se usan en cremas, guarniciones e infusiones. Color de pétalo blanco con manchas rosas |
| Limonero (<i>Citrus lemon</i>); naranjo (<i>Citrus sinensis</i>) | Cítrico, ligeramente amargo | Árbol subtropical. Muy aromática. Se emplea para la elaboración de gelatina, caramelos, etc. Color de los pétalos blanco por el centro con los bordes rosados |
| Levístico o apio de monte (<i>Levisticum officinale</i>) | Sabor a apio, pero más suave | Prefiere suelos arenosos y bien drenados y zonas soleadas. Se emplea en cremas y ensaladas. Los pétalos son de color blanco-amarillento |
| Manzanilla (<i>Anthemis nobilis</i>) | Dulce sabor a manzana | Prefiere suelos húmedos, bien drenados y zonas parcialmente sombreadas. Se usa en infusiones. Pétalos blancos y centro amarillo |
| Manzano (<i>Malus</i> spp.) | Ligeramente floral y agrio | Prefiere suelos fértiles y zonas soleadas. Los pétalos se pueden consumir en fresco en guarnición o confitados. Son de color del blanco al rosa |
| Margarita (<i>Crysanthemum leucanthemum</i>) | Sabor floral suave | Puede ser invasiva. Prefiere suelos ricos, húmedos y bien drenados y zonas soleadas. Se usa como aderezo o en ensalada. Color del pétalo blanco con el centro amarillo |
| Mejorana (<i>Origanum mejorana</i>) | Ligeramente picante | Prefiere suelos secos, alcalinos y bien drenados y zonas soleadas. Se usa en infusiones y ensaladas. Pétalos de color rosa pálido |
| Melisa (<i>Melissa officinalis</i>) | Sabor dulce a limón | Puede ser invasivo. Se usa en infusión y en ensaladas. Color de pétalos blanco cremoso |
| Orégano (<i>Origanum</i> spp.) | Picante, pungente como las hojas | Prefiere suelos secos, alcalinos y bien drenados y zonas soleadas. Se usa en infusión, en condimento y en ensaladas. Pétalos de color blanco |
| Perifollo (<i>Anthriscus cerefolium</i>) | Parecido al perejil, toques cítricos y a estragón | Debe ser cultivado bajo sombra parcial, en un suelo fresco, fértil, rico en materia orgánica y drenados. Se emplea como condimento. Pétalos de color blanco |
| Rúcula (<i>Eruca vesicaria</i>) | Nuez, ahumado, menos picante que las hojas | Prefiere suelos bien drenados y parcialmente sombreado. Se emplea en ensalada verde. Pétalos de color blanco |
| Tomillo (<i>Thymus</i> spp.) | Suave como las hojas | Prefiere suelos bien drenados y zonas soleadas. Se usa en infusión y ensalada. Color de pétalo púrpura y blanco |
| Yuca (<i>Yucca filamentosa</i>) | Matices de alcachofa, ligeramente amarga | Prefiere suelos arenosos bien drenados y zonas soleadas. Se consumen cocidas, en revuelto. Las flores viejas amargan. Pétalos de color blanco crema con tintes morados |

1. INTRODUCCIÓN

La tabla 5 muestra el listado de flores comestibles que presentan mayoritariamente un color de pétalos rosa, morado y azulado. Se incluye algunos apuntes relacionados con el sabor y observaciones de carácter general.

Tabla 5. Relación de plantas con flores comestibles con color de pétalo rosa-morado-azul.

| Nombre común y científico | Sabor | Observaciones |
|--|---|--|
| Achicoria común (<i>Cichorium intybus</i>) | Agradable, ligeramente amarga, similar a la endivia | Puede ser invasiva, tolera todo tipo de suelos. Prefiere zona parcialmente sombreadas. Crece en suelo húmedo y zonas parcialmente sombreadas. Color de pétalo de morado a azul |
| Agastache (<i>Agastache foeniculum</i>) | Fuertemente anisado, dulce, licoroso | Prefiere suelos bien drenados y radicación variable, desde las zonas soleadas a las ligeramente sombreadas. Aunque la planta parezca muerta puede rebrotar de nuevo. Color de pétalo morado |
| Borraja (<i>Borago officinalis</i>) | Similar al pepino | Prefiere suelos ligeros, pobres y secos y zonas soleadas. Atrayente de abejas. Se emplea en ensaladas y guarnición, puede ser confitada y como colorante azulado. Color de pétalo azul y morado |
| Cebollino (<i>Allium schoenoprasum</i>) | Sabor fuerte a cebolla | Prefiere zonas de sombra parcial. El color del pétalo oscila del rojo al morado |
| Crisantemo (<i>Dendranthema x grandiflorum</i>) | Sabor variable de ligero a amargo fuerte y picante | Prefiere suelos ricos y bien drenados y alta radicación solar. Sólo son comestibles los pétalos, en ensaladas, sopas, salsas y vinagretas. Color del pétalo rojo, amarillo, naranja, rosa, morado y blanco |
| Hisopo (<i>Hyssopus officinalis</i>) | Amargo, similar a la tónica | Prefiere suelos bien drenados y zonas de sombra. Usado para dar sabor a <i>chartreuse</i> (licor hierbas de sabor fuerte). Color de pétalo azul, rosa y blanco |
| Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i>) | Dulce, floral, con toque picante | Prefiere suelos bien drenados y zonas de sombra. Muy aromático. Se emplea para dar sabor a guisos, cremas, helados, en infusiones. Color del pétalo morado, púrpura, rosa y blanco |
| Menta (<i>Mentha</i> spp.) | Sabor mentolado, más suave que las hojas | Puede ser invasivo. Tolerar un amplio rango de suelos y zonas sombreadas. Color morado, rosa y blanco |
| Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>) | Sabor suave parecido al pino | Tolerar bien el sol y la sombra y los suelos bien drenados y los húmedos. No se deben cocinar las flores, emplear como guarnición. Colores del pétalo azul pálido, azul oscuro, rosa y blanco |
| Salvia (<i>Salvia officinalis</i>) | Sabor floral, ligeramente almizclado | Puede ser invasiva. Prefiere suelos ligeros y bien drenados. Resiste los golpes de sol. Se emplea para aromatizar. Color azul, rosa-púrpura y blanco |
| Trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) | Sabor a heno | Tolerar la mayoría de suelos. Se emplea en ensaladas. Colores de pétalo rosa y morado |
| Violeta común (<i>Viola odorata</i>) | Sabor dulce | Prefiere suelos bien drenados y zonas húmedas, parcialmente sombreadas. Se emplea en la elaboración de caramelos, helados, cremas, en general en repostería. Color del pétalo violeta, rosa y blanca |

Se incluyen algunos apuntes relacionados con el sabor y observaciones de carácter general, vinculados principalmente a las necesidades del suelo de cultivo, donde en

general, los requisitos se muestran exigentes en la necesidad de suelos drenados, mientras que las cuestiones climáticas son más diversas y específicas a cada especie de flor, algunas de las flores requieren zonas soleadas, mientras otras requieren zonas con sombra.

La copigmentación es la interacción de antocianinas con flavonoides y otros compuestos como metales, alcaloides, taninos y polisacáridos. La pigmentación de los tejidos vegetales también se afecta por el pH y la temperatura (Jungmin *et al.*, 2008). Además de los atributos de color en los pétalos florales, los diferentes compuestos relacionados con el color han manifestado las propiedades antioxidantes de estos pigmentos (Meléndez *et al.*, 2004).

1.6.2. El aroma y sabor en las flores comestibles

Cada especie produce un único aroma, que corresponde a la mezcla de compuestos volátiles. Los botones florales no tienen olor, y por lo tanto los pétalos son la principal fuente de compuestos aromáticos.

Los compuestos responsables del aroma de las flores están preferentemente contenidos en sus aceites esenciales (Grzeszczuk y Wesolowska, 2018). Cada especie de las plantas produce un aroma específico que comprende una mezcla compleja de compuestos volátiles orgánicos. Desde un punto de vista químico, las moléculas responsables del sabor constituyen un grupo heterogéneo de compuestos, que presentan diversos grupos químicos tales como hidroxilo, carbonilo, carboxilo, éster, lactona, amina, entre otros (Schwab *et al.*, 2008). Los pétalos son la principal fuente de compuestos aromáticos en muchas flores.

El aroma es una fuente de identidad donde influye la especie, variedad, incluso las prácticas de producción, así el perfume del clavel (*Dianthus caryophyllus*) está dominado por eugenol, cariofileno y derivados del ácido benzoico, mientras el eugenol proporciona el aroma picante/clavo de olor a los cultivares tradicionales de clavel, en las variedades modernas, los componentes principales son los derivados del ácido cariofileno y del ácido benzoico tales como benzoato de metilo (Ibrahim, 2017).

El sabor de las flores es el resultado del contenido en diferentes azúcares de las plantas, pero también de componentes ácidos y de otras sustancias que generan sabor amargo, como los polifenoles. Cada persona detecta de manera diferente las sustancias del sabor y por ello, la apreciación del sabor es muy particular, aunque algunas apreciaciones se generalizan a cada especie. Además, el contenido en las sustancias mayoritarias del sabor de las flores, varía en función del estado fenológico de la misma y por ello el sabor de las flores puede variar en función del momento en que se recolecta.

1. INTRODUCCIÓN

Así, las capuchinas tienen un sabor picante similar al berro. La flor de borraja sabe a pepino, y la de los pensamientos tienen un sabor suave. Las flores de violetas, rosas y lavanda proporcionan un sabor floral, dulce y son ideales para la elaboración de postres. Las flores de Jamaica tienen un sabor muy parecido al de la frambuesa. Otro ejemplo es el delicado y dulzón sabor de la flor de calabaza (Liu y Lv, 2019).

Desde un punto de vista químico, las moléculas de sabor constituyen un grupo heterogéneo de compuestos, de cadena lineal, de cadena ramificada, aromáticos y heteroaromáticos, cuyas cadenas principales llevan diversos grupos químicos tales como hidroxilo, carbonilo, carboxilo, éster, lactona, amina, y funciones tiol. Más de 700 compuestos químicos de sabor han sido identificados y catalogados (Schwab *et al.*, 2008).

Se piensa que los colores pueden sugerir o evocar un sabor. El color rojo podría referir al consumidor un sabor dulce por la relación a las frutas de cereza o fresa, mientras que el amarillo sugiere un sabor cítrico o agrio y el morado, puede relacionarse con alimentos que tienden a ser azucarados a la par de amargos (Alley, 1998).

En el curso de la senescencia de las flores, el contenido de sacarosa puede aumentar debido a una hidrólisis y aumento de fructanos; esta reacción se manifiesta como un cambio en la presión osmótica y, visualmente, como la apertura de flores (Le Roy *et al.*, 2007).

1.6.3. Consumo de las flores comestibles y beneficios sobre la salud

El consumo de flores depende en gran medida de las características sensoriales como sabor, aroma, textura, etc. Se ha observado que las flores de color amarillo a naranja son más preferidas que las flores azules, moradas y de otros colores. Por lo general, las flores se consumen enteras, pero a veces; solo se consumen partes específicas como los pétalos (rosa, crisantemo, tulipán, etc.) o los capullos florales (capuchina, margaritas) (Pires *et al.*, 2019).

Al ser una rica fuente de compuestos fitoquímicos, se ha informado que las flores ejercen varios beneficios para la salud como actividades antiinflamatorias, antibacterianas, antifúngicas, antivirales, antitumorales y antimutagénicas e hipoglucémicas (Mlcek y Rop, 2011; Ukiya *et al.*, 2006; Wongwattanasathien *et al.* 2010; Loizzo *et al.*, 2015).

Faizi *et al.* (2008) informaron que las flores de caléndula contienen patuletina flavonoide que tiene propiedades antibacterianas y antifúngicas. Además, también muestra un efecto antiinflamatorio debido a la presencia de isotiocianato de bencilo. Las flores de

clavel tienen actividades antiinflamatorias debido a la presencia del terpeno cariofileno (Lyra *et al.*, 2008). Del mismo modo, las actividades antiinflamatorias, antituberculosas y anticancerígenas de las flores de crisantemo se deben a la presencia de 3-onohidroxiterpenos, triterpensarnidiol, faradiol y heliantriol (Inoue *et al.*, 1998; Akihisa *et al.*, 1996; 2005). Las flores lilas también mostraron actividades antiinflamatorias debido a la presencia de isoprenoides (Oh *et al.*, 2008). Además, se ha informado que algunas flores como *Malva sylvestris* y *Cichorium intybus* tienen actividades hipoglucemiantes que tienen mayor potencia y menos efectos secundarios que la acarbose, un fármaco sintético comercial (Tundis *et al.*, 2010; Loizzo *et al.*, 2015). La casia de Tanner (*Cassia auriculata*) se utiliza como medicamento para el tratamiento del reumatismo, la conjuntivitis y la diabetes. Se consume como té que se prepara a partir de su flor, que también se conoce como *kadha*. También se prepara una medicina ayurvédica llamada 'Avarai panchanga choornam' (Kumaran y Karunakaran, 2007). También en el sistema de medicina ayurvédica, las flores de *Michelia champaca* se dan a los pacientes que sufren de distensión del abdomen, mientras que en el sistema de medicina de Unani, las flores de *Jasminum auriculatum* se dan para las funciones cardíacas normales (Ghosh, 2013). Se ha informado que las flores del berro (*Tropaeolum majus*) tienen actividad antibacteriana, antitumoral, antitrombótica y efectos hipotensores y diuréticos. Las flores de los géneros *Tagetes* y *Spilanthes* se utilizan en la nutrición humana debido a sus propiedades antibacterianas, antiinflamatorias, analgésicas, vasodilatadoras, hipotensoras, diuréticas, etc. (Navarro-González *et al.*, 2015).

Las antocianinas otorgan el color rojo y azul a órganos de plantas como frutos, flores y hojas (Pojer *et al.*, 2013). Este tipo de polifenoles tienen propiedades farmacológicas como reducción de la enfermedad coronaria y efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además, mejoran la agudeza visual y el comportamiento cognitivo. Los efectos farmacológicos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante (Hopkins *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2009).

1.7. Conservación poscosecha de las flores comestibles

Si bien los atributos externos relacionados con la calidad, como la apariencia, el color y el olor, son los principales criterios para atraer la preferencia y la toma de decisiones de los consumidores, otros factores como la composición en componentes bioactivos y nutraceuticos generan predilección de compra por las flores (Chen y Wei, 2017). La aptitud en poscosecha de las flores comestibles frescas es un factor importante en cuanto a su comercialización. La mayoría de las flores comestibles se venden frescas, envasadas en paquetes y se comercializan junto a las hierbas frescas en secciones refrigeradas.

1. INTRODUCCIÓN

Las flores comestibles se deben cosechar en las primeras horas de la mañana. Se debe tener cuidado para evitar la contaminación o la pérdida de humedad. Después de enfriar y limpiar las flores, generalmente se almacenan a baja temperatura (1 a 4 °C) o se secan o congelan (Kelley *et al.*, 2003). Entre los diferentes métodos, el secado por liofilización es muy adecuado porque no afecta a la apariencia, al color o al brillo de las flores (Fernandes *et al.*, 2019b).

Un factor importante que afecta a la calidad de las flores es la forma en la que se conservan, y como la poscosecha repercute en las características sensoriales y nutricionales de las flores (Raigón Jiménez y Zambrano-Núñez, 2019). Las flores comestibles son altamente perecederas, con una vida útil muy corta, entre 2 a 5 días después de la cosecha. Los síntomas más perceptibles de la pérdida de la calidad en poscosecha y marchitez de las flores son, la abscisión y decoloración temprana de los pétalos, la deshidratación y la pérdida de turgencia de los tejidos (Domínguez-López *et al.*, 2008).

En comparación con las flores de tipo ornamental, las flores comestibles son más vulnerables a la pérdida de calidad tras la cosecha, porque sus tallos se cortan muy cortos y se almacenan sin un suministro de agua adicional.

La mayoría de las tecnologías poscosecha aplicadas a las flores comestibles tienen el objetivo principal de aumentar su vida útil y mantener sus propiedades físico-químicas, así como hacer que el mercado de las flores comestibles sea más competitivo. Las tecnologías posteriores a la cosecha, como las bajas temperaturas, los recubrimientos comestibles y los envases, pueden dar como resultado productos con características similares a las flores frescas. Esto permitirá que las flores se vendan como productos "listos para comer".

Las funciones principales de los envases, en el caso de las flores comestibles, son protegerlas de la desecación y preservar su frágil estructura, así como aislarlas del entorno externo y reducir su exposición a patógenos y contaminantes. Actualmente, las flores comestibles frescas se empaquetan en bandejas pequeñas, rígidas y deben comercializarse dentro de dos a cinco días, después de la cosecha, para evitar la oxidación, además de disminuir su atractivo (Fernandes *et al.*, 2018; Villavicencio *et al.*, 2018). Por lo tanto, es esencial desarrollar técnicas mejoradas para ayudar a mantener la calidad y extender la vida útil de las flores comestibles.

La tabla 6 muestra los resultados más destacados (Fernandes *et al.*, 2019b), siendo el parámetro más evaluado la calidad en función de la apariencia visual.

1. INTRODUCCIÓN

Tabla 6. Tecnologías poscosecha aplicadas en conservación de flores comestibles.

| Nombre científico | común | y Tecnología poscosecha | Tratamiento o almacenamiento | condiciones | de Referencia |
|---|-------|-------------------------|--|--------------|--|
| Borraja (<i>Borago officinalis</i>) | | | | | |
| Pensamiento (<i>Viola tricolor</i> ; <i>Viola x wittrockiana</i>) | | | Bolsas de polietileno: | -2.5 a 20 °C | Kelley <i>et al.</i> (2003) |
| Capuchina (<i>Tropaeolum majus</i>) | | Temperaturas bajas | | | |
| Ayecote o judía escarlata (<i>Phaseolus coccineus</i>) | | | | | |
| Calabaza (<i>Curcubita pepo</i>) | | | De 2.5 a 5 °C | | Villalta <i>et al.</i> 2004 |
| Falsa acacia (<i>Robinia pseudoacacia</i>) | | | Secado al sol (3 días, 35 °C); aire caliente (60 °C); congelación (-80 °C durante 12 h); secado al vacío por microondas (1500 W, 70 kPa) | | Ji <i>et al.</i> 2012 |
| Clavelina roja y rosa (<i>Dianthus chinensis</i>) | | | Congelación (-35 °C, 2 y 4 h) + secado al vacío (27, 37 y 47 °C, 0.004-0.007 kPa) | | Chen <i>et al.</i> 2000 |
| Lirios de día (<i>Hemerocallis disticha</i>) | | | Aire caliente (50 °C) y liofilización | | Tai y Chen, 2000 |
| Tagetes (<i>Tagetes erecta</i>) | | Métodos de secado | Congelación (48 h); aire caliente (60 °C durante 4 h); secado combinando infrarrojo lejano y radiación de aire caliente por convección | | Siriamornpun <i>et al.</i> 2012 |
| Equinácea (<i>Echinacea purpurea</i>) | | | Congelación (-55 °C durante 4 días); secado al vacío por microondas (1 kW; 47 min); aire seco (70 °C durante 13 h; 40 °C por 55 h; 25 °C durante 1 semana) | | Kim <i>et al.</i> 2000; Lin <i>et al.</i> 2011 |
| Rosa roja y rosa (<i>Rosa</i> spp.) | | | Congelación (-35 °C, 2 y 4 h) + secado al vacío (27, 37 y 47 °C, 0.004-0.007 kPa) | | Chen <i>et al.</i> 2000 |
| Borraja (<i>Borago officinalis</i>) | | | 75, 150 y 450 MPa, durante 5 y 10 minutos | | |
| Camelia (<i>Camellia japónica</i>) | | | 75 MPa, 1 a 5 minutos; 100 MPa, 5 minutos | | Fernandes <i>et al.</i> 2017b; |
| Aciano (<i>Centaurea cyanus</i>) | | Alta hidrostática | 75, 100, 200 y 300 MPa, 5 minutos | | Chen <i>et al.</i> 2010 |
| Pensamiento (<i>Viola x wittrockiana</i>) | | | 75 MPa, 5 y 10 minutos | | |
| Equinácea (<i>Echinacea purpurea</i>) | | | 600 MPa, 2 y 5 min | | |

Los métodos de poscosecha más comunes aplicados a las flores comestibles son la refrigeración, el secado, el enlatado en azúcar y la conservación en destilados. La aplicación de nuevas tecnologías de conservación de alimentos capaces de aumentar la vida útil de las flores comestibles puede reportar beneficios económicos, más allá de

1. INTRODUCCIÓN

permitir la preservación de la calidad del producto por períodos de tiempo más largos, sin causar cambios bioquímicos y nutricionales indeseables que pueden afectar su calidad general.

La irradiación de alimentos es una tecnología económicamente viable para extender la vida útil de los productos perecederos, que permite la desinfestación de insectos, mejora la higiene y ayuda a mantener la calidad, además de preservar las características bioactivas y fitoquímicas (Koike *et al.*, 2015).

El envasado en atmósfera modificada es otra tecnología que se ha utilizado ampliamente para mantener la calidad, extender la vida útil y disminuir el crecimiento microbiano en flores comestibles, como lo demostraron Kou *et al.* (2012). Estos autores investigaron el efecto del tratamiento con el regulador sintético del crecimiento vegetal 1-metilciclopropeno junto con el envasado en atmósfera modificada sobre la vida útil de *Dianthus caryophyllus* L. y *Antirrhinum majus* L. y concluyeron que esta tecnología extendió significativamente el tiempo de almacenamiento de ambas flores comestibles, reduciendo la pérdida de peso y ayudando a mantener la calidad visual.

1.7.1. Conservación de flores comestibles a baja temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que limitan la vida útil de los productos hortofrutícolas. Las principales tecnologías utilizadas por la industria de las flores comestibles son el almacenamiento en frío (refrigeración y congelación) y el secado con aire caliente.

El almacenamiento en frío retrasa la senescencia de las flores y el deterioro de la calidad durante el almacenamiento. El almacenamiento a bajas temperaturas se asocia con un aumento de la vida útil de las flores, porque hay una reducción de la respiración y la descomposición interna de los tejidos por enzimas, reducción de la pérdida de agua y marchitamiento, se ralentiza el crecimiento de microorganismos y la reducción de la producción de etileno (Hettiarachchi y Balas, 2004). Se han llevado a cabo varios estudios sobre congelación y almacenamiento refrigerado.

Se han obtenido buenos resultados con bajas temperaturas, como a $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la flor de borraja, $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para capuchinas, pensamientos y flor de calabaza, con periodos de conservación hasta de dos semanas. Temperaturas inferiores a $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ no se han utilizado hasta ahora en la conservación de este tipo de flores comestibles, sin embargo, el efecto de la temperatura en cada flor debe estudiarse de forma independiente porque, el tipo de pétalo y los componentes individuales van a condicionar los óptimos resultados de la conservación.

1.7.2. Conservación de flores comestibles por secado

Los procesos de secado son importantes para incidir en la vida útil de las flores comestibles, así como para inhibir la degradación enzimática, prevenir el crecimiento de microorganismos y reducir el peso durante el transporte. Existen muchas técnicas de secado diferentes, como el secado por aire caliente, liofilización, secado por microondas al vacío, secado por aire frío y aire caliente, secado al sol y secado osmótico, así como las que combinan las diferentes técnicas, algunas de ellas ya se han empleado en la conservación de flores comestibles (tabla 6). Entre ellas, el secado por aplicación de calor (como el secado con aire caliente y el secado al sol) son un enfoque clásico de la conservación de pétalos de flor, pero presenta algunos inconvenientes, como cambios bioquímicos y nutricionales indeseables en el producto procesado que pueden afectar a su calidad total (Dorozko *et al.*, 2019).

Las flores de algarrobo negro sometidas a liofilización tuvieron una mayor actividad antioxidante (eliminación de radicales, poder reductor y capacidad de eliminación de radicales hidroxilo) en comparación con el secado al sol, el secado con aire caliente y el secado al vacío con microondas (Ji *et al.*, 2012). Al comparar la liofilización con el secado con aire caliente, la liofilización generó una menor pérdida de carotenoides en las azucenas (Tai y Chen, 2000) y niveles más altos de luteína y licopeno en tagetes (Siriamornpun *et al.*, 2012).

La liofilización también retuvo mayor concentración de compuestos bioactivos, como polifenoles totales y derivados del ácido cafeico en equinácea (Lin *et al.*, 2011). En la rosa roja y los claveles, las temperaturas de secado al vacío más altas dieron como resultado flores más rígidas y un mayor cambio de color (Chem *et al.*, 2000).

El secado al sol y el uso de altas temperaturas (mayores a 70 °C) en el secado por convección de aire caliente, pueden causar la pérdida de compuestos bioactivos importantes (Kim *et al.*, 2000).

1.7.3. Conservación de flores comestibles por alta presión hidrostática

La alta presión hidrostática es un método emergente en la conservación de alimentos no térmicos que somete los alimentos líquidos o sólidos, con o sin envase, a presiones entre 50 y 1000 MPa (Hogan *et al.*, 2005), que ha demostrado un potencial considerable como tecnología alternativa a los tratamientos térmicos, en términos de garantizar los atributos de seguridad y calidad en productos alimenticios mínimamente procesados. Se han realizado algunos estudios (Fernandes *et al.*, 2017b; Chen *et al.*, 2010) de tratamientos en flores comestibles, evaluando el efecto sobre las características físicas

(por ejemplo, color y textura) y nutricionales, así como sobre la inactivación microbiana y enzimática.

Chen *et al.* (2010) estudiaron el efecto de la aplicación de técnicas de alta presión hidrostática sobre la retención y la bioactividad de los fitoquímicos naturales presentes en *Echinacea purpurea*, así como la carga microbiana, indicando que se produce una reducción significativa de la contaminación microbiana en las flores sin afectar la retención de fitoquímicos totales.

1.7.4. Conservación de flores comestibles por recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles son otra metodología utilizada para extender la vida útil de las flores. Los revestimientos podrían derivarse de proteínas, lípidos y polisacáridos y pueden usarse para proteger los productos alimenticios perecederos del deterioro al proporcionar una barrera selectiva a la humedad, el oxígeno y el dióxido de carbono.

Esto permite retrasar la deshidratación, suprimir la respiración y mejorar la calidad de la textura, a la vez que ayuda a retener los compuestos de sabor, los componentes volátiles aromáticos y reducir el crecimiento microbiano, haciendo que esta metodología sea apropiada para ser aplicada en flores comestibles, como lo demuestran Fernandes *et al.* (2018). Estos autores evaluaron los efectos del recubrimiento de alginato sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica de la flor comestible de *Viola x wittrockiana* en cámaras frigoríficas. Las flores recubiertas con alginato revelaron una buena apariencia hasta los 14 días de almacenamiento, 7 días más que la muestra sin recubrir testigo, y también presentaron una reducción significativa de los recuentos de levaduras y mohos.

1.8. La complejidad en la familia de las *Liliaceae*

El grupo de plantas pertenecientes a la familia de las liliáceas acoge un amplio grupo de especies. Tradicionalmente *Liliaceae* era definido de modo tal que conformaba un gran grupo morfológicamente heterogéneo y polifilético, concepto que, en las clasificaciones modernas se ha modificado (Haston *et al.*, 2009).

En general son plantas monocotiledóneas, herbáceas, con frecuencia perennes, con órganos subterráneos de reserva como bulbos, rizomas o raíces tuberosas. Los números cromosómicos básicos son variables de acuerdo al género considerado.

Las hojas son alternas y espiraladas (e incluso verticiladas, como en *Lilium* y *Fritillaria*) y se disponen a lo largo del tallo o en una roseta basal. Son simples, enteras, con venación paralela, muchas veces son envainadoras en la base (figura 2). Raramente las hojas son pecioladas y no presentan estípulas.

1. INTRODUCCIÓN

La inflorescencia (figura 3) es usualmente determinada, a veces reducida a una única flor y terminal. Cuando es multiflora las flores se disponen en un racimo o raramente en una umbela.



Figura 2. Detalle de las hojas de plantas de liliáceas.

Presentan flores vistosas (figura 4) con perianto formado por seis tépalos (petaloideos), frecuentemente coloreados y con manchas, dispuestos en dos verticilos, libres o soldados y libres de las demás piezas florales. El perianto puede ser homoclamídeo (o sea, todos los tépalos son iguales entre sí) o diclamídeo. El androceo presenta seis estambres dispuestos en dos verticilos también trímeros, los filamentos se hallan separados entre sí y libres de las demás piezas florales. Característicamente, el androceo es diplostémono (es decir que el verticilo externo de estambres es opuesto a los tépalos externos y el ciclo interno es opuesto a los tépalos internos). Las anteras están unidas al filamento en forma peltada o pseudo-basifijas (la punta del filamento rodeada pero no adherida al tejido conectivo), y de dehiscencia longitudinal.

El gineceo es de ovario súpero y está formado por tres carpelos connados, es trilocular. Presenta un solo estilo y un estigma con tres lobados o bien, tres estigmas más o menos elongados que se extienden a lo largo de la cara interna de las ramas del estilo. Los óvulos son numerosos, con placentación axilar, usualmente con un tegumento y un megasporangio más o menos delgado. El saco embrionario es variable según el género.

El polen es en general monosulcado. Las vistosas flores de esta familia son hermafroditas y son polinizadas por insectos, especialmente abejas, avispa, mariposas y polillas. El néctar se produce en nectarios en la base de los tépalos.



Figura 3. Inflorescencias de las plantas de liliáceas.



Figura 4. Detalle de la flor de las plantas de liliáceas.

El fruto es una cápsula loculicida o septicida, ocasionalmente una baya. Las semillas son planas y con forma de disco o globosas, el tegumento no es negro.

Son plantas que se hallan ampliamente distribuidas por todo el mundo, principalmente en regiones templadas del hemisferio norte. En su ecología natural son plantas de praderas llanas, prados de montaña y otras comunidades abiertas. Poseen su centro de diversidad en el sudoeste de Asia a China.

En concreto el género *Allium* L. ha sido tradicionalmente circunscrito en la tribu *Allieae* bajo las *Liliaceae* (Xu y Kamelin, 2000), pero recientemente este género ha sido colocado por varios autores en su propia familia *Alliaceae* (Friesen *et al.*, 2000). El género se caracteriza por la presencia de bulbos encerrados en membranas túnicas (a veces finamente fibrosas), tépalos libres o casi libres (Friesen *et al.*, 2006). La mayoría

1. INTRODUCCIÓN

los taxones producen cantidades notables de sulfóxidos de cisteína, lo que provoca el olor y el sabor característicos del ajo, la cebolla y el puerro (Fritsch y Keusgen, 2006).

Con más de 800 especies, *Allium* se distribuye naturalmente en el hemisferio norte, principalmente en regiones estacionalmente secas (Friesen *et al.*, 2006; Nguyen *et al.*, 2008). La mayor diversidad de *Allium* ocurre en la cuenca del Mediterráneo y en el suroeste y centro de Asia, que es el centro principal de diversidad, pero un área secundaria más pequeña de diversificación se encuentra en América del Norte (Friesen *et al.*, 2006; Nguyen *et al.*, 2008). A pesar de la importancia cultural, económica, nutricional y de salud de *Allium* en la sociedad humana, hasta la fecha, su taxonomía sigue siendo compleja, debido a la proliferación de sinónimos y desacuerdos en los caracteres taxonómicos utilizados en los límites de las especies. De hecho, la compleja historia taxonómica de *Allium* incluye 1400 epítetos específicos, a menudo de material inadecuado o incompleto, que actualmente se encuentran bajo sinonimia con especies existentes.

Se han utilizado varios criterios en la clasificación de las especies de *Allium*. Por ejemplo, la sexualidad de las plantas, la estructura y forma de las partes subterráneas (incluidos el rizoma y el bulbo), las características anatómicas de la raíz, la hoja, el escapo y el ovario, así como el número básico de cromosomas, han sido útiles a nivel subgenérico y seccional. (Friesen *et al.*, 2006; Nguyen *et al.*, 2008). Además, la forma y el tamaño de los órganos florales, como el perianto, el filamento, el pistilo, la cápsula, la semilla y el número de cromosomas somáticos, han proporcionado caracteres diagnósticos a nivel específico y la microscopía electrónica de barrido ha permitido la caracterización del patrón celular y la ornamentación de la cubierta del bulbo, la hoja y la cubierta de la semilla, mejorando la taxonomía del género *Allium* (Fritsch *et al.*, 2006).

En concreto, el género *Allium* se encuentran generalmente en las regiones templadas, cálidas y subtropicales de todo el mundo. Pueden ser fácilmente reconocidas por su olor característico (el olor de los ajos y las cebollas, suficientemente singular como para ser denominado "olor aliáceo"), por sus hojas bastante suaves y carnosas, y su inflorescencia parecida a una umbela en la extremidad de un escapo, la cual lleva flores pequeñas a medianas de ovario súpero.

Algunas especies del género *Allium* se aprovechan como condimentarias o como verduras, principalmente consumidas por sus bulbos. También se consumen los tallos jóvenes del espárrago (*Asparagus officinalis*). Además, muchas tienen interés como ornamentales por sus flores (azucenas o tulipanes), y algunas de estas flores son comestibles.

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO



2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2.1. Objetivos

Las flores o algunas de sus partes se incorporan a la alimentación, bien en las recetas tradicionales o bien formando parte de la alta cocina de autor o gourmet. Hay muchas flores comestibles que se pueden usar en la nutrición humana. Históricamente, las flores se han comido en todo el mundo desde la antigüedad, incorporándose a los alimentos tradicionales de numerosas culturas. Así, la cultura china ha estado usando azucenas, flor de loto y crisantemos en su cocina durante siglos. Los romanos usaban pétalos de malvas, rosas y violetas. Las culturas italiana e hispana usaban flores de calabaza rellenas, tradición que se mantiene en la gastronomía actual, al igual que el uso de pétalos de rosa. Los atributos que las flores aportan a la gastronomía están relacionados con los sabores (picantes y frescos), los aromas, las texturas y los colores, así como otras características organolépticas que aporten valor añadido. Dado que el cultivo de flor comestible es una alternativa de producción que va en auge, es necesario seguir caracterizando y conocer su valor nutritivo y aromático para incrementar su uso en la gastronomía.

El principal objetivo de este trabajo es poner en valor la composición nutricional y aromática de flores comestibles, en concreto de flores de la familia de las *liliáceas*, del género *Allium* L. Además de diseñar elaboraciones gastronómicas que incluyan de forma innovadora las flores estudiadas.

Las flores han sido obtenidas de cuatro especies cultivadas; dos variedades de cebolla (blanca y roja) (*Allium cepa* L.), cebollino (*Allium schoenoprasum*), puerro (*Allium porrum*), ajo ornamental (*Tulbaghia Violacea*) y ajo puerro silvestre (*Allium ampeloprasum*).

Los objetivos específicos son establecer las siguientes acciones para las flores de liliáceas indicadas:

- Evaluar la composición nutricional mayoritaria de las flores comestibles.
- Estudiar la fracción volátil de las flores comestibles.
- Establecer la actividad antioxidante total y el contenido polifenólico total de las flores comestibles.
- Analizar el contenido mineral, incluyendo metales pesados.
- Determinar la aplicación gastronómica de las flores comestibles en la elaboración de recetas originales.

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

La demanda y consumo de flores comestible a nivel mundial está en auge, a pesar de sus limitaciones, debido a su alto potencial nutritivo y fuente natural de compuestos bioactivos. Además del uso en la gastronomía vanguardista y productos innovadores buscando experiencias nuevas e incrementando valores añadidos a los productos, atribuyendo novedosos atributos organolépticos, abriendo nuevos mercados y conciencia de salud para la sociedad.

2.2. Plan de trabajo

Para cumplir con los objetivos planteados se diseñó un plan de trabajo (figura 5), consistente en una doble plantación de las especies de cultivo. Por una parte, los cultivos se llevaron a cabo en una huerta de producción ecológica situada en Chambo (Riobamba, Ecuador) y por otra parte se repitieron los cultivos en una huerta certificada en producción ecológica, situada en la comarca de L'Horta Nord de Valencia (España). La especie silvestre procede de la zona valenciana (España). En ambos casos, en el momento de la floración se procedió a la recolección de las flores seguido de un sellado al vacío (figura 6) y congelación hasta su análisis y procesamiento.

Las determinaciones realizadas en cada tipo de flor han sido:

1. Contenido en humedad y materia seca, expresando los resultados en g/100 g de flor fresca.
2. Contenido en cenizas totales, expresado en g/100 g de flor fresca.
3. Contenido en nitrógeno total y determinación de la proteína, expresado en g/100 g de flor fresca.
4. Contenido en fibra, expresado en g/100 g de flor fresca.
5. Contenido en grasa, expresado en g/100 g de flor fresca.
6. Contenido en hidratos de carbono, expresado en g/100 g de flor fresca.
7. Contenido en calcio, cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso, sodio, fósforo, selenio, zinc, boro, cadmio, cromo, mercurio, molibdeno y plomo, expresados en mg/100 g de flor fresca.
8. Contenido en polifenoles, expresado en mg de ácido gálico/100 g de flor fresca.
9. Actividad antioxidante total, expresado en μmol de Trolox equivalente/g de flor fresca.
10. Perfil de la fracción volátil, expresado en porcentaje.

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

Una vez conocido el potencial nutricional y aromático se han diseñado varias recetas donde se incluye las flores estudiadas como ingrediente de estas recetas. Para ello se ha trabajado en los laboratorios de la Escuela de Gastronomía (Escuela Superior Politécnica del Chimborazo ESPOCH) de Riobamba (Chimborazo, Ecuador).

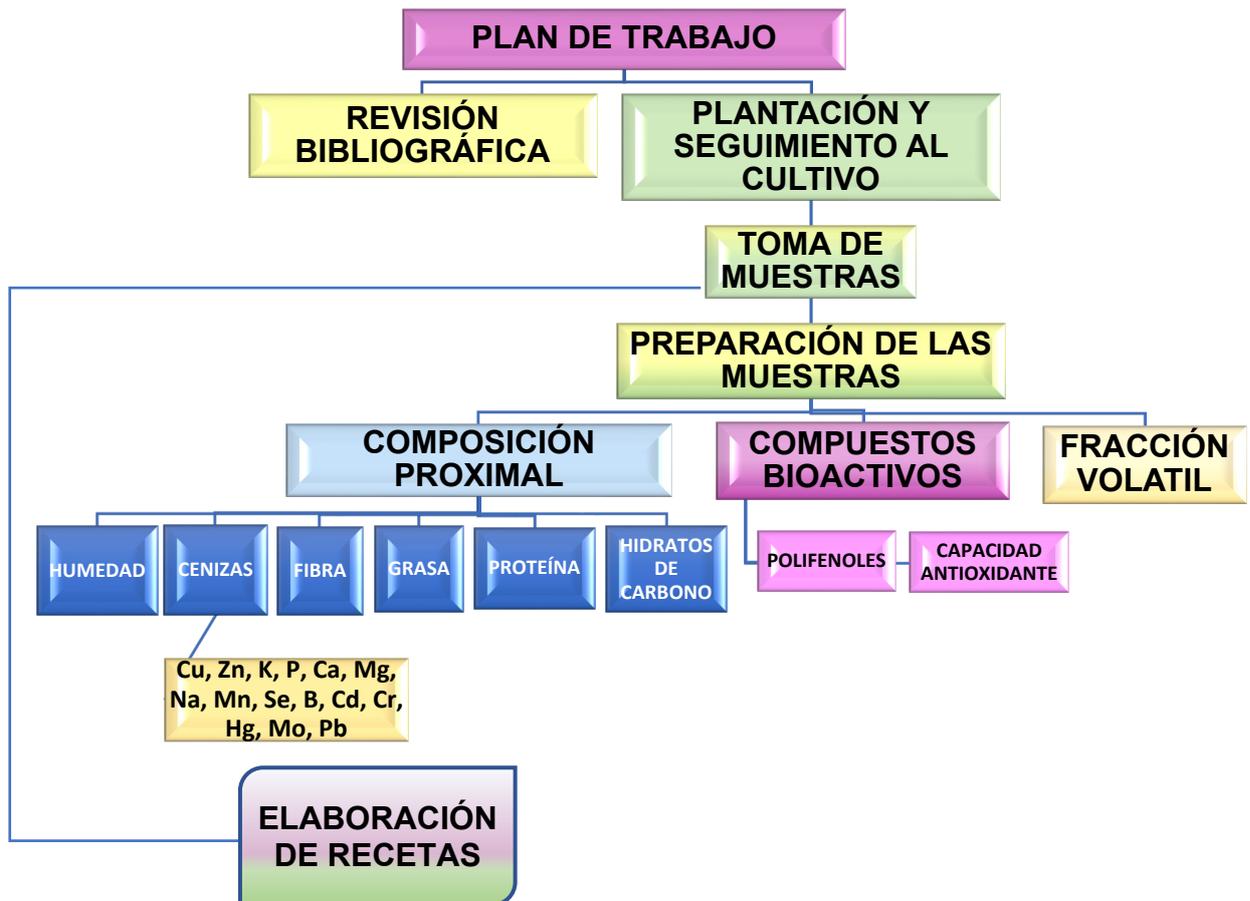


Figura 5. Esquema del Plan de Trabajo.

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO



Figura 6. Muestras florales conservadas al vacío.

3. MATERIALES Y MÉTODOS



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal

En este apartado se describen las especies vegetales empleadas para la obtención de las flores estudiadas. En concreto se trata de flores de dos variedades de cebolla (roja y blanca), flores de puerro, flores de cebollino, flores de ajo ornamental y ajo puerro silvestre.

3.1.1. La cebolla (*Allium cepa* L.)

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una planta bianual que puede alcanzar hasta los 60 cm de altura. Es una especie proveniente de Asia, posiblemente de Irán, actualmente se encuentra cultivada en todo el mundo. Necesita suelos sueltos, ricos en nutrientes, con humedad constante y de espacios abiertos soleados.

La primera fase de crecimiento herbáceo se inicia con la germinación, formándose una planta provista de un tallo muy corto o disco, en el que se insertan las raíces y en el que existe un meristemo que origina progresivamente hojas. En esta fase, la planta desarrolla ampliamente su sistema radicular y foliar. La segunda fase corresponde a la formación de bulbos, donde se produce una síntesis muy intensa de glucosa y fructosa que se acumulan en el bulbo. Además, esta fase se inicia en paralelo, una vez que cesa la formación de follaje, y la planta inicia la movilización y acumulación de reservas en la base de las hojas, lo cual es ocasionado por el estímulo de días largos (Komochi, 1990).

El bulbo está formado por numerosas capas gruesas y carnosas al interior. Están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son base de las hojas. La sección longitudinal muestra un eje caulinar llamado cormo, cónico, provisto en la base de raíces fasciculadas. La formación del bulbo está caracterizada por un rápido alargamiento en la región del cuello o falso tallo (Quintero Herrera, 2016). El ensanchamiento lateral de las hojas ocurre como un resultado de la expansión celular, más que de una división celular; conforme progresa el desarrollo del bulbo, las hojas funcionales dejan de formarse. Las hojas catáfilas externas son más delgadas que las internas (Quintero Herrera, 2016).

Finalmente, conforme el bulbo madura, tres hojas primodias se sitúan en el ápice del bulbo para alargarse en la siguiente estación de cultivo. La maduración en el bulbo se caracteriza por la pérdida de turgencia, especialmente en una región próxima al cuello. Este debilitamiento ocasiona el doblamiento del cuello, termina el desarrollo radicular y las hojas viejas empiezan un proceso de deterioro de los extremos hacia abajo.

La floración se produce, en las zonas templadas, en el segundo año del cultivo y termina con la producción de semillas. Se produce una vez lograda la inducción floral por efecto

3. MATERIALES Y MÉTODOS

de bajas temperaturas. Durante el desarrollo floral, el ápice comienza a elongarse y a dar forma al escapo floral. El escapo es hueco, cilíndrico y más grueso en su parte media. En el extremo, se genera una umbela con pétalos blanco o azulados (Castillo, 1999).

El eje floral viene a ser una extensión apical del tallo y la región entre las brácteas de la inflorescencia. La zona más alta de la base de las hojas es el único entrenudo que sufrirá alargamiento durante la vida de la planta. El eje floral al principio de su desarrollo es una estructura sólida, pero a través de un crecimiento diferenciado llega a estar constituido por paredes delgadas conforme va aumentando de tamaño (Camefort, 1972). Sus flores se agrupan en inflorescencias tipo umbela presentando tépalos blanquecinos (figura 7).



Figura 7. Eje floral de las plantas de cebolla blanca (*Allium cepa* L.).

El número de ejes florales que pueden producir una sola planta varía de 1 a 12. Es importante resaltar que si los bulbos se han desarrollado vegetativamente durante una estación y son sembrados para semilla, el siguiente año en primavera, la yema apical y las yemas laterales pueden cada una desarrollar la inflorescencia.

El uso tradicional de la planta es para el consumo del bulbo, pero existen otros usos terapéuticos de la cebolla (Torija *et al.*, 2013) como abortivo, para tratar abscesos, acné, como adelgazante, frente a afecciones cardíacas, hepáticas, renales, respiratorias,

3. MATERIALES Y MÉTODOS

urinarias, etc. Sus propiedades se deben a la presencia de abundantes fructosanas (10-40%). Presenta un aceite esencial, rico en compuestos azufrados (cepaenos), inulina, sales minerales con calcio, hierro, sodio, potasio, flúor, azufre y fósforo, flavonoides como el quercetósido, taninos, ácido glicólico y trazas de vitaminas A, B y C.

Se han cultivado dos variedades de cebollas: 1) Cebolla roja o morada (figura 8), que es una variedad de cebolla que destaca por su llamativo color púrpura de las capas, que se mantiene tanto en el interior como en la piel. Es una variedad de gran actividad antioxidante. 2) Cebolla blanca que es una cebolla que tiene un color blanquecino de las capas. Su sabor es suave y dulce, perfecta para comer en crudo en ensaladas.

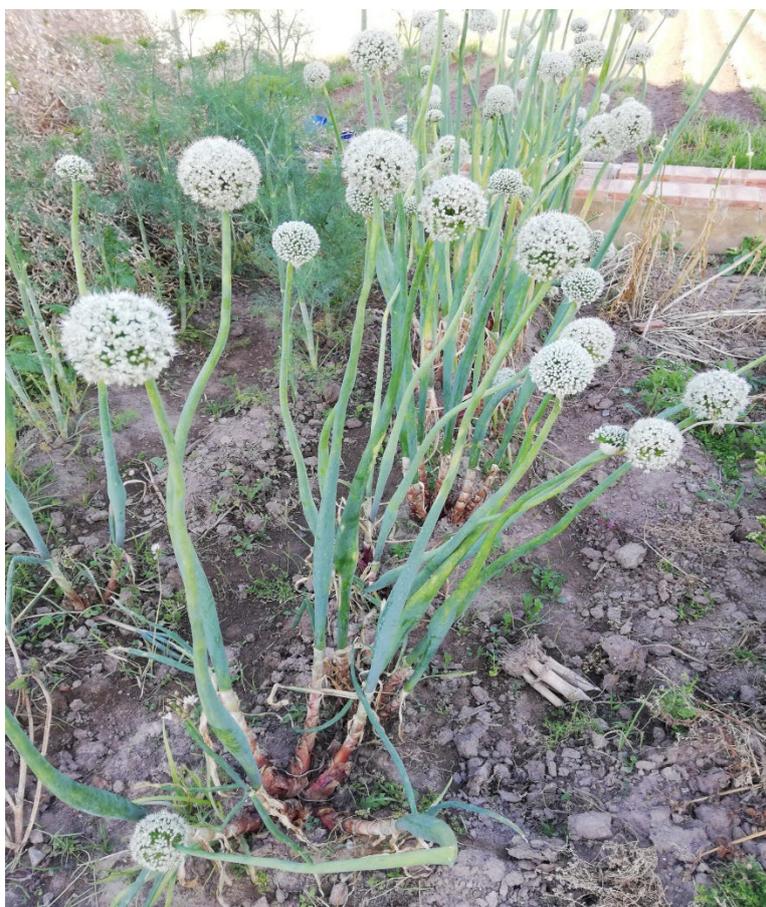


Figura 8. Ejes florales de las plantas de cebolla roja (*Allium cepa* L.).

3.1.2. El puerro (*Allium porrum* L.)

El puerro (*Allium porrum* L.) también llamado ajo de burro es una planta de la familia *Alliaceae*. Se trata de una planta bianual, pero en ciertas condiciones, en zona de clima subtropical produce hijuelos, intensificando su producción de forma anual. Las plantas forman grandes cantidades de raíces secundarias, estas raíces se concentran principalmente en la capa superficial del suelo (primeros 25 cm). Puede alcanzar los 50 cm de altura, y si está en floración puede alcanzar 1.5 m de altura gracias al eje floral.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Presenta un bulbo de color blanquecino y hojas agrupadas en la base cuando joven, después a lo largo del tallo. Hojas lineales, de márgenes entero, planas, verdosas a glaucas y con la vaina blanquecina, que es la que se aprecia comercialmente).

El cultivo del puerro es poco exigente en cuanto a suelos, crece en un amplio rango de tipos de suelo, con una buena estructura, sueltos que permita la aireación y la facilidad de enraizamiento y con agua disponible en abundancia. La única limitación es que debido a la alta densidad de las raíces en la zona superficial, el puerro requiere un suelo suelto hasta, para así tener aire en la zona de las raíces.

En cultivo aparece principalmente en las zonas regables y en las huertas familiares. De forma espontánea aparece en linderos y zonas parcialmente inundables sobre suelos arcillosos, profundos, ricos en nutrientes y con cierta basicidad. Crece en zonas de lugares abiertos (aire libre), soleados, evolucionados sobre suelos calcáreos (Vallejo *et al.*, 2008). La multiplicación en el cultivo del puerro se realiza por semilla. La siembra tiene lugar en semillero obteniéndose las plántulas que se enterrarán o cubrirán posteriormente en el suelo de cultivo. Las plántulas se mantienen en el semillero unos dos meses, hasta alcanzar una altura aproximada de 15 a 20 cm para posteriormente ser transplantadas en la zona de cultivo.

El puerro cabe en casi todos los esquemas de rotación, siempre y cuando se cumpla que no incluir un cultivo de puerro o de otro cultivo del género *Allium*, dentro de tres años, en el mismo terreno. Son muy buenos los cultivos precedentes que han recibido aportes de materia orgánica. Y el cultivo del puerro es un buen precedente para otros que necesiten aireación del suelo, ya que su potente y voluminoso enraizamiento genera un suelo con excelente estructura. También hay que tener en cuenta que el cultivo del puerro es muy extractivo en cuanto a nutrientes, por lo que el cultivo siguiente debe ser poco exigente.

En el puerro se pueden diferenciar unos cuatro tipos, según el largo del tallo, color de las hojas, rapidez de crecimiento y susceptibilidad al frío o condiciones climatológicas adversas: 1) Variedades precoces suelen tener un tallo relativamente largo, color de hoja verde claro y sensibles a la falta de humedad que genera desgaste de las hojas. 2) Variedades medio precoces que tienen un tallo más corto de color de hoja verde oscuro y una mayor longitud del bulbo, por lo que es una cualidad productiva interesante para el mercado. 3) El grupo de variedades de precocidad medio tardía. Estas variedades son muy interesantes porque generan un equilibrio entre el bulbo blanco y el tallo verde. Las hojas son más anchas, más gruesas y de color verde-gris y bastantes resistentes al frío, a la humedad y presentan altos rendimientos productivos. 4) El grupo de variedades

3. MATERIALES Y MÉTODOS

tardías agronómicamente son menos importantes, porque el rendimiento suele ser inferior; tienen un tallo más delgado, más corto y menos blanco, con notable engrosamiento del pie, con hojas menos anchas de color verde oscuro gris (azul), pero son altamente resistentes y desgaste de las hojas externos por su estructura fuerte y dureza del tallo.

La variedad empleada en el presente estudio pertenece al primer grupo, siendo muy precoz y con bulbos gruesos.

El puerro produce flores con los tépalos blancos y/o rosados, según variedades. Las flores están agrupadas en umbelas terminales (figura 9). Los frutos son una cápsula ovoidea a subsférica y las semillas son muy parecidas a las de la cebolla (Vallejo *et al.*, 2008).



Figura 9. Eje floral de las plantas de puerro (*Allium porrum* L.).

En su composición química destacan compuestos con azufre como la cicloalicina y metilalíina. Otros componentes son el arabao, la pectina y los heterósido flavónicos como el quercetol (Berdonces, 2001).

3.1.3. El cebollino (*Allium schoenoprasum* L.)

El cebollino (*Allium schoenoprasum* L.) también conocido como ajo morisco, cebollín cebollino francés o *ciboulette*. Es una planta perenne, bulbosa, pero con un bulbo de pequeño calibre que permanece enterrado. La planta llega a medir hasta 30 cm de altura, con las hojas agrupadas en la base cuando es joven, y con distribución a lo largo del tallo cuando la planta es adulta. Las hojas son lineales, de margen entero, fistulosas,

3. MATERIALES Y MÉTODOS

de color verde oliva y con la vaina verdosa a verdosa-blانquecina. Las hojas son encintadas (largas y estrechas) y redondeadas, casi cilíndricas, con la base envainada formando un falso tallo cuyo diámetro está determinado por el número de hojas emitidas y éstas, a su vez, de la duración de la vegetación y rapidez de crecimiento (Franco *et al.*, 2009). El aprovechamiento del cebollino se realiza por las hojas, que son consumidas en fresco, cortadas en pequeños anillos y empleadas para potenciar los sabores típicos de cebolla, pero con matices suaves. Por esta característica el cebollino se incluye en el grupo de alimentos denominados de “finas hierbas”. Las flores se pueden emplear como guarnición y decoración de platos, se pueden comer crudas o unirse a sus hojas en la preparación de las mantequillas y salsas.

Estas plantas viven de forma natural por encima de los 1500 m en climas frescos, en tierras ricas y con humedad constante todo el año. Por ello, su cultivo puede ser espontáneo, pero cuando se cultiva se realiza en zonas de regadíos y en huertas familiares. Los cultivares prefieren los suelos sueltos, ricos, profundos, con humedad constante y espacios muy soleados. Soporta bien las heladas y las nevadas intensas (Vallejo *et al.*, 2008). En cultivo la siembra se realiza en otoño, o en primavera si el clima es muy frío, se hace la multiplicación por división de bulbillos de un bulbo principal. También se pueden sembrar directamente, obteniendo así ejemplares más vigorosos. Necesita el riego regular, para evitar que las hojas amarilleen. Para favorecer el crecimiento del bulbo es recomendable cortar las hojas a 4 cm del suelo. Si se la quiere para producción de hoja no hay que dejarla florecer y es mejor cortar los tallos con regularidad para asegurar una buena brotación.

Las flores están agrupadas en umbelas terminales, en una inflorescencia o escarpo floral esférica y grande (figura 10), con espata de una sola valva que cae a la antesis. Las flores son pequeñas, con seis tépalos, reunidas en un escapo floral, las flores son de color rosados a violáceos. La floración se produce a finales de primavera y principios de verano. Los frutos son una cápsula de forma ovoidea.

Desde el punto de vista de su composición química es una especie con abundantes compuestos sulfurados de la cuál existe también poca información relativa a sus principios activos, no existiendo ensayos farmacológicos (Vallejo *et al.*, 2008). Entre las especies del género *Allium*, el cebollino tiene el contenido más alto de vitamina C y β -carotenos. Tiene alto contenido de vitamina A, potasio y calcio, de hidratos de carbono y fibra (Friesen y Blattner, 2000).



Figura 10. Eje floral de las plantas de cebollino (*Allium schoenoprasum* L.).

3.1.4. El ajo ornamental (*Tulbaghia violacea* Harv.)

Tulbaghia es uno de los géneros de la familia *Alliaceae* con aproximadamente 600 especies en 30 géneros. Taxonómicamente, la familia es intermedia entre las *Liliaceae* y las *Amaryllidaceae*. Aunque se trata de un género con centro de origen en África, en el momento actual está ampliamente distribuida en la Europa mediterránea, Asia, Norte y Sur de América y el sur de África.

El ajo silvestre o ajo ornamental (*Tulbaghia violacea* Harv.) se ha utilizado durante miles de años, principalmente con fines culinarios, pero también como remedio en la medicina tradicional. Hipócrates lo mencionó como un medicamento contra los parásitos intestinales (Petrovska y Cekovska, 2010). Muchos estudios han revelado los efectos anticancerígenos, antioxidantes, antimicrobianos, hipolipidémicos, antiinflamatorios y antiparasitarios del ajo silvestre (Moodley *et al.*, 2015).

La planta de *Tulbaghia violacea* Harv. es una planta herbácea perenne y bulbosa originaria de África. Es conocida como agapanto rosa o ajo dulce, pero más comúnmente como «Planta de ajo ornamental» o «Ajo silvestre» debido al olor a ajo (olor a aliáceas) que se produce debido a los compuestos de azufre derivados de la cisteína que se liberan de los tejidos y órganos, como las hojas y los rizomas (Kubec *et al.*, 2013). Forma plantas muy redondeadas de rápido crecimiento, de 40-50 cm de altura, llegando a los 70 cm durante la floración y de 30-40 cm de ancho. Sus hojas son

3. MATERIALES Y MÉTODOS

alargadas y delgadas, ligeramente carnosas, de color verde grisáceo, tienen forma de cinta de crecimiento erecto o curvado, crecen desde la base de la planta, su olor a ajo se hace más notable al frotar o partir las hojas.

La planta vegeta bien en diferentes hábitats, en zonas de pastizales rocosos secos o húmedos, mientras que algunos se encuentran en pantanos a orillas de arroyos. Aunque el hábitat de la mayoría de las especies del género *Tulbaghia* van desde semidesérticas hasta áreas húmedas o pantanosas (área de lluvia de verano).

El rizoma está hinchado, de forma irregular y cubierto por hojas secas y fibrosas. Tiene una vaina corta y cerrada que se forma en la base. Las hojas son basales y en forma de correa. Una característica del género es la presencia de una “corona” (una estructura elevada en forma de corona) o un anillo carnosos en el centro del tubo floral. El número de flores varía de 3 a 40 y el color también difiere entre las especies del género, pero principalmente de color violeta (figura 11). En la mayoría de las especies, las ramas son cortas de la inflorescencia o los pedicelos individuales están ocasionalmente subtendidos por brácteas membranosas más pequeñas. Las flores de algunas especies como poseen un olor dulce. Las semillas son negras, planas y alargadas, y cada semilla madura tiene un embrión y un endodermo.



Figura 11. Detalle del eje floral de las plantas de ajo ornamental (*Tulbaghia violacea* Harv.).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Las especies de *Tulbaghia* se han utilizado con fines culinarios y ornamentales, pero el género también tiene relevancia medicinal. Los bulbos de agapanto rosa se han utilizado en la medicina tradicional para el tratamiento de la tuberculosis pulmonar y contra los helmintos. Los estudios han verificado que los extractos de diferentes partes de la planta de *Tulbaghia violacea* exhiben actividades antibacterianas, antifúngicas, anticancerígenas, antioxidantes y antihelmínticas (Aremu y Van Staden, 2013).

3.1.5. El puerro silvestre (*Allium ampeloprasum*)

La extensa diversidad del subgénero *Allium* ha sido muchas veces objeto de estudio para establecer las relaciones filogenéticas entre e intraespecie, pero el alto grado de polimorfismo ha dificultado en gran medida el establecimiento de estas relaciones. Tal es el caso del complejo grupo formado por *Allium ampeloprasum*, que incluye variedades tanto silvestres como hortícolas, caracterizadas por presentar diferentes niveles de ploidia.

El puerro silvestre también conocido como ajoporro, ajipuerro o porro fue originalmente descrito como *Allium porrum* por Linneaus, pero en la segunda edición de *Species Plantarum*, se modificó su descripción. La especie es originaria de la zona comprendida entre el oeste de Portugal y el este de Irán, donde crece de forma silvestre en muchos hábitats y es, precisamente, la región de mayor difusión (Krarup y Moreira, 1998).

La planta de puerro silvestre consta de tres partes bien diferenciadas, hojas largas, estrechas y lanceoladas, bulbo alargado blanco y brillante y numerosas raíces pequeñas que van unidas a la base del bulbo. La parte superior de la hoja tiene un crecimiento independiente de la parte basal. Tanto el bulbo como las hojas son partes comestibles de esta hortaliza. En realidad, los bulbos de las plantas de las variedades, actualmente cultivadas, no son muy pronunciados y por eso es considerada una hortaliza aprovechable por sus hojas.

Se trata de una planta vivaz de hasta 1 m de altura, cuyos bulbos son de esféricos a ovoides, de 3-4 cm de ancho, con escamas, solitarios, por lo general con 1 a 30-50 bulbillos sésiles o cortamente pedunculados, con una túnica externa coriácea, lisa, de un color grisáceo. Su tallo es de 12 a 138 cm, de sección circular y macizo. Sus hojas están dispuestas a lo largo de la mitad inferior del tallo, son glabras y carecen de pecíolo, de 1-2 cm de ancho, planas, caídas. Tiene inflorescencias en umbela globosa (figura 12), esférica o hemisférica, densa, con muchas flores (alrededor de 32-360 flores ovoides). Sus tépalos son más o menos ovados, de 4-5 mm de largo, obtusos o apiculados, de color blanco a rosado claro, cada uno con una vena en general presentan

3. MATERIALES Y MÉTODOS

un gran número de papilas en el dorso y en los márgenes, blanquecinos, rosados o purpúreos, con el nervio medio de un color más intenso (García Herrera, 2014).

Para el uso gastronómico de esta especie se emplea su bulbo, consumiéndose crudo directamente o con ensalada, guisado y/o en tortilla a modo de revuelto (Tardío *et al.*, 2005). Su sabor recuerda al ajo, picor de la cebolla y dulzor del puerro. Se puede aprovechar todo, excepto las raíces. Las partes más verdes se emplean para la elaboración de caldos, salteados o incluso crudas en ensaladas. Las partes centrales, entre el tallo lizo y las partes verdes también se pueden saltear, hacer al vapor, blanquear.



Figura 12. Detalle del eje floral de las plantas de puerro silvestre (*Allium ampeloprasum*).

3.2. Localización de los cultivos

Los cultivos se llevaron a cabo en dos zonas diferentes, en concreto en L'Horta Nord, Valencia, España (figura 13) y Chambo, Chimborazo, Ecuador (figura 14), debido a la necesidad de disponer los materiales en ambos espacios. Por un lado, para la realización de los análisis nutricionales y aromáticos y por otro lado para la elaboración de las recetas. En concreto, en Valencia (UPV) se realizaron los análisis y en Ecuador

3. MATERIALES Y MÉTODOS

la parte gastronómica. Ambos cultivos se llevaron a cabo bajo técnicas de producción ecológica durante las campañas 2020-2021, intentando que las prácticas sean lo más similares posibles, para evitar la incoherencia, aunque las muestras de flores van a ser empleadas con fines independientes, en función de la zona de producción, de forma que las muestras derivadas para el análisis proceden de la misma zona.



Figura 13. Ubicación de la parcela de cultivo en el municipio de Alboraya, L'Horta Nord (Valencia).

La zona de cultivo en Valencia está dentro de la zona de agricultura periurbana que rodea la ciudad de Valencia. En general se trata de suelos con un contenido normal en carbonatos, pero con unos valores altos de pH, con suelos moderadamente básicos y no salinos. Los niveles de materia orgánica son bajos y la actividad enzimática del suelo es normal. Las concentraciones en nitrógeno son bajas, siendo la relación C/N correcta, lo que ocasiona una excesiva liberación del nitrógeno en el suelo. Los niveles de fósforo,

3. MATERIALES Y MÉTODOS

calcio y magnesio son muy altos y del resto de elementos minerales las concentraciones son normales sin dar lugar a carencias. El sistema de riego es el clásico de la zona, por superficie.



Figura 14. Ubicación de la parcela de cultivo en la ciudad de Chambo (Chimborazo).

La zona de cultivo de la zona de Chimborazo presenta suelos del orden de Andisoles, los mismos que se han formado a partir de depósitos volcánicos, caracterizados por presentar pH medianamente ácido a ligeramente ácido, densidad aparente menor a 1 g/cm^3 . En general son suelos de textura franco limosa. Se trata de suelos de coloración marrón muy oscura, medianamente ácidos y no salinos, con un alto contenido en materia orgánica y un nivel de fertilidad muy altos, pero con bajos niveles de fósforo y potasio asimilable (Sánchez Sanaguano, 2021).

En las especies que se realizaron bajo cultivo (cebolla, cebollino y puerro) el cultivo se realizó a partir de plántulas comerciales procedentes de vivero y el transplante se realizó

3. MATERIALES Y MÉTODOS

en el momento de cálido y lluvioso, en Ecuador, en concreto se llevó a cabo en los primeros días de enero, con un estado de la luna en creciente. La parcela cuenta con mayor diversidad de especies del género *Allium*, y para cada accesión cultivada constaba de un bloque de 10 plantas que se emplearon para el muestreo de las flores. Al tratarse de plantas bianuales se requirió de dos años para obtener las flores.

Al llegar a su momento óptimo de floración las flores fueron recolectadas, pasando de manera inmediata a congelación hasta el momento del análisis, excepto el material derivado al análisis de la fracción aromática, que se analizó el mismo día de la recolección.

3.3. Métodos analíticos

3.3.1. Tratamiento de la muestra

Las muestras una vez conservadas fueron tratadas y adaptadas antes de cada determinación experimental. En concreto, para la determinación de la fracción volátil se trabajó con la muestra fresca. Para la determinación del contenido en polifenoles y la actividad antioxidante se trabajó con extractos hidroalcohólicos (trituration de 0.1 g de muestra de flor fresca con 3 mL de disolución acuosa de metanol al 80%). Para la determinación de la composición proximal se determinó la humedad de las flores y de la parte seca se determinó, la proteína, grasa, elementos minerales, fibra e hidratos de carbono.

Las determinaciones se realizaron empleando métodos oficiales: humedad (AOAC 984.25), proteínas (AOAC 984.13), grasa (AOAC 983.23), fibra (AOAC 991.43) y cenizas (AOAC 923.03). El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia. Los resultados finales se expresan en $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco (pf).

3.3.2. Determinación de la materia seca en las flores

La materia seca es la porción porcentual de sólidos en una mezcla sólida, para la determinación del contenido en materia seca se procedió a una desecación directa con aire forzado a una temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ de variación en una estufa, hasta que su peso sea constante, en un tiempo aproximado de 24 h, siendo el cálculo de la materia seca por diferencia de peso (AOAC 984.25).

Los materiales y equipos empleados en la determinación del contenido en materia seca han sido: estufa de desecación con aire forzado y con regulación de la temperatura, desecador, cápsulas de porcelana y una balanza analítica con error de $\pm 0.0001 \text{ g}$.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento consiste en introducir una cantidad exactamente pesada, en una cápsula de porcelana previamente secada, pesada y tarada. A continuación, se coloca en la estufa a la temperatura indicada durante 24 h. Se deja enfriar en el desecador y a continuación se determina el peso de la muestra desecada. La cantidad de materia seca (MS), expresada como porcentaje se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$MS(\%) = \frac{P(\text{seco} + \text{crisol}) - P(\text{crisol})}{P(\text{muestra})} * 100$$

donde,

P (seco + crisol) es el peso (g) de la cápsula de porcelana más la muestra desecada.

P (crisol) es el peso (g) de la cápsula de porcelana.

P (muestra) es el peso (g) de la muestra fresca.

La diferencia porcentual entre el contenido en materia seca es el contenido en humedad de la muestra.

3.3.3. Determinación del contenido en proteínas en las flores

Para la determinación del contenido en proteína se determina el nivel de nitrógeno total por el método Kjeldahl (AOAC 984.13). En la cual la digestión de los compuestos orgánicos se produce en medio ácido, en una batería de digestión a 420 °C. El medio ácido es una mezcla de ácido sulfúrico concentrado y ácido fosfórico en la relación 95:5. Como resultado de la digestión se obtienen sulfato amónico, dióxido de carbono y agua principalmente. La destilación se lleva a cabo en la unidad de destilación Kjeltex 2100 (Foss Tecator, Höganäs, Sweden), la cual aporta un volumen de hidróxido sódico fijado, y recoge el amonio liberado en la destilación sobre ácido bórico, de forma automática. El producto de la destilación se determina volumétricamente.

Los reactivos empleados en la determinación del contenido en nitrógeno total son:

- Catalizadores: mezcla de sulfato potásico, sulfato de cobre y selenio puro en proporción de peso 10-1-0.1.
- Ácido bórico al 2% con disolución indicadora.
- Mezcla ácida: mezcla de 5 volúmenes de H₃PO₄ concentrado por cada 100 volúmenes de H₂SO₄ concentrado.
- Disolución de H₂SO₄ 0.05 N.
- Disolución de NaOH al 40%.

El método experimental para la determinación se realiza en tres pasos; digestión, destilación y valoración. Para realizar la digestión, se pesan cantidades de flor seca y triturada aproximadas de 0.5 g, siendo necesario conocer el peso exacto de la muestra con una balanza analítica, se pasa la muestra al tubo especial de digestión y se añade

3. MATERIALES Y MÉTODOS

la mezcla de catalizadores y 10 mL de la mezcla de ácidos. Se agita suavemente el tubo digestor y por último se deja reposar para evitar excesiva formación de espuma, colocándolo seguidamente en el bloque digestor a 420 °C, durante 30 minutos. Al mismo tiempo se prepara un blanco.

Para la destilación, se sacan los tubos en el soporte porta-tubos y se dejan enfriar durante 10 minutos. Transcurrido dicho tiempo se añaden con precaución 50 mL de agua destilada a cada tubo, se coloca el tubo de digestión en la unidad de destilación previamente preparada y ajustada, se sitúa en la unidad de destilación un erlenmeyer de 250 mL, con 15 mL de la mezcla de ácido bórico-indicador, el cual recoge el NH₃ destilado al añadir el NaOH, y una vez recogidos de 100 a 125 mL de destilado, se valora el producto de destilación con H₂SO₄ 0.05 N, hasta el viraje de verde a rojo pálido, anotando el volumen de ácido gastado hasta el punto de equivalencia.

Para calcular la cantidad de nitrógeno total expresada en porcentaje sobre la materia seca, se realiza la siguiente fórmula:

$$\text{Nitrógeno total (\%)} = \frac{(V_{\text{muestra}} - V_{\text{blanco}}) * f * N}{P} * 14 * 100$$

Donde:

V muestra: Volumen (mL) de H₂SO₄ gastados en la muestra.

V blanco: Volumen (mL) de H₂SO₄ gastados en el blanco.

f: Factor del H₂SO₄.

N: Normalidad del H₂SO₄.

P: Peso (mg) de la muestra.

El porcentaje de proteína cruda se calcula multiplicando el contenido en nitrógeno total por 6.25 (este factor de conversión se basa en la suposición de que la proteína, contiene alrededor de 16% de nitrógeno por unidad de peso).

3.3.4. Determinación del contenido en fibra en las flores

El fundamento de la determinación de fibra en material vegetal es que la fibra permanece como residuo tras un tratamiento con ácidos y álcalis (AOAC 991.43). Para ello, es necesario que la muestra de flores esté totalmente seca y que el tamaño de la partícula sea menor de un milímetro, para que así el contacto con los reactivos sea mayor y debe desengrasarse y eliminar los carbonatos si fuere necesario.

Se pesa con exactitud, en la cápsula seca, alrededor de 1 g de muestra de flores secas, y el peso de la cápsula con su tapa. La primera extracción se realiza con H₂SO₄. Para ello se llena la jarra de extracción con 350 mL aproximadamente de H₂SO₄ 0.13 M y se calienta en la placa calefactora hasta ebullición. Cuando la disolución ácida hierva, se

3. MATERIALES Y MÉTODOS

agitan las cápsulas para dispersar la muestra seca, y se mantiene en ebullición 30 minutos. Transcurrido este tiempo se deja drenar el líquido de las cápsulas y se introduce en agua desmineralizada hirviendo en la jarra de extracción, con cuidado de que el nivel de agua no cubra las tapas, dentro de la cual se agita el carrusel para que se produzca un lavado efectivo. Este lavado debe repetirse tres veces, renovando el agua en cada ocasión. A continuación, se repite el procedimiento con KOH 0.23 M, con la diferencia de que antes del último lavado con agua desmineralizada se debe lavar con HCl al 1%.

Para el desengrasado final se coloca la bandeja con las cápsulas en el soporte y se introduce en el vaso del equipo con acetona, donde se mantienen y agitan durante 30 segundos, una vez sacado de la acetona, se deja drenar. Posteriormente se secan las cápsulas en estufa a 130 °C durante 24 horas.

Se pesan las cápsulas junto con los residuos y las tapas y, se introducen en crisoles para calcinar a 600 °C durante 4 horas. Pasado este tiempo se dejan enfriar los crisoles en el desecador. Por último, se pesan los crisoles con las cenizas. En cada tanda se realiza un blanco. Se determina el porcentaje de fibra bruta mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fibra bruta (\%)} = \left[\frac{(W_3 - (W_1 * C) - (W_5 - W_4 - D))}{W_2} \right] * 100$$

donde:

W_1 es el peso inicial de la cápsula vacía + tapa (mg).

W_2 es el peso muestra (mg).

W_3 es el peso cápsula + residuo tras extracciones (mg).

W_4 es el peso crisol vacío (mg).

W_5 es el peso crisol + cenizas (mg).

C es la corrección del blanco debida a la solubilidad de la cápsula.

$C = (\text{peso blanco después de las extracciones}) / (\text{peso blanco inicial})$.

D es el peso cenizas cápsula blanca (mg).

3.3.5. Determinación del contenido en grasa en las flores

El contenido en grasa bruta de un alimento se define como la parte de este extraíble por éter de petróleo en condiciones determinadas (AOAC 983.23). El análisis de grasa se realiza mediante extracción por el método Soxhlet, empleando un equipo semiautomático (Foss ST 243 Soxtec, Hilleroed, Denmark). Para ello, los pocillos del equipo se secan previamente en estufa con unas bolitas de vidrio, se enfrían en desecador y se pesan. Los filtros que contienen aproximadamente 2 g de muestra se

3. MATERIALES Y MÉTODOS

introducen dentro de otro filtro con 0.5 g de sulfato sódico anhidro y se depositan en los cartuchos. En cada pocillo se vierten alrededor de 50 mL de éter de petróleo, se introducen los cartuchos en el equipo y se activa el programa que consiste en sumergir durante 30 minutos los cartuchos en el éter de petróleo, 1 hora y media de goteo por gravedad de la parte soluble, 8 minutos de evaporación y 3 minutos de secado.

Al acabar la extracción se introducen los pocillos en la estufa durante una hora para completar la evaporación del éter de petróleo, se enfrían en el desecador y se pesan. La determinación de la grasa, expresada en porcentaje, se calcula mediante:

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{\text{peso final pocillo} - \text{peso inicial pocillo}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Donde:

Peso final pocillo esta expresado en gramos (g)

Peso inicial del pocillo expresado en gramos (g)

Peso de la muestra expresado en gramos (g)

3.3.6. Determinación del contenido en minerales totales en las flores

Para la determinación del contenido en cenizas o minerales totales hay que realizar una destrucción de la materia orgánica por incineración en mufla a 450 °C (AOAC 923.03). Los materiales necesarios para la realización de la mineralización son el horno de mufla, cápsulas o crisoles de porcelana, balanza analítica con error de ± 0.0001 g, placa calefactora, filtro Whatman 20 y material de vidrio volumétrico. Los reactivos utilizados fueron HCl concentrado con una densidad de 1.19 g L⁻¹ y agua destilada.

En el procedimiento se pesan con exactitud aproximadamente 1 g de la muestra molida y se deposita en el crisol de porcelana previamente tarado. Se introduce en la mufla fría y se eleva la temperatura a 450 °C, manteniéndose durante cuatro horas. A continuación, se deja enfriar, observando que las cenizas obtenidas son generalmente claras.

El contenido mineral total, representado por la concentración en cenizas, se determina por la siguiente fórmula, expresando el resultado en porcentaje de cenizas sobre material vegetal seco:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{P1 - P2}{P} * 100$$

Donde:

P1 es el peso (g) del crisol con las cenizas.

P2 es el peso (g) del crisol vacío.

P es el peso (g) de la muestra.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Con las cenizas o minerales totales se determina la concentración de los minerales individuales. Para ello, se humedecen las cenizas con 2 o 3 mL de agua destilada y 2 mL de HCl concentrado, agregándolo lentamente. Se calienta sobre placa calefactora a unos 40 °C unos 5 minutos aproximadamente o hasta la aparición de los primeros vapores y se le añaden 2-3 mL de agua destilada. Por último, se filtra la disolución, enjuagando el crisol tres o cuatro veces con agua templada y se enrasa con agua destilada, en matraz de 100 mL.

3.3.7. Determinación del contenido en hidratos de carbono en las flores

La determinación de los carbohidratos se realiza por equivalencia con el extracto libre de nitrógeno (ELN). El ELN de un alimento se determina por diferencia porcentual entre el peso de la muestra y la suma de los porcentajes de grasa, fibra, proteína y el contenido en cenizas, mediante la fórmula:

$$\text{Hidratos de carbonon (\%)} = 100 - [\text{humedad(\%)} - \text{ceniza(\%)} + \text{fibra(\%)} + \text{grasa(\%)} + \text{proteina(\%)}]$$

3.3.8. Determinación del contenido en polifenoles en las flores

El fundamento de la determinación de polifenoles consiste en que el conjunto de los compuestos fenólicos extraídos en la disolución hidroalcohólica de las flores se oxida por el reactivo de Folin-Ciocalteu (Butnariu y Coradini, 2012). Este último está constituido por una mezcla de ácido fosfotúngstico ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) y ácido fosfomolibdico ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$) que se reduce por la acción de los fenoles, en medio básico. El producto resultante se mide espectrofotométricamente a una $\lambda=750$ nm.

En una cubeta de vidrio de 1 cm se ponen 50 μL del extracto metanólico, se añaden 500 μL de folin 1:10 y se deja reposar en oscuridad durante 3-5 minutos, a continuación, se añaden 500 μL de una disolución de Na_2CO_3 al 6%, se tapa y se deja en oscuridad durante 60 minutos. La absorbancia se mide después de una hora a 750 nm, frente a un blanco, y utilizando como referencia la curva patrón, que se prepara a partir de una disolución madre de 1000 mg L^{-1} de ácido gálico. Los resultados se expresan en mg de ácido gálico por 100 g de flor fresca.

3.3.9. Determinación de la actividad antioxidante en las flores

La determinación de la actividad antioxidante total en las flores se realizó según el método expuesto por Brand-Williams *et al.* (1995), con modificación de Moura *et al.* (2007), basado en la captura del radical libre DPPH. Se filtra la segunda extracción y se enrasa con agua destilada. Inmediatamente antes del análisis se preparó una curva patrón de Trolox en etanol desde 0 a 1.8 mM.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La extracción de la muestra se llevó a cabo pesando aproximadamente 0.150 g de flores frescas y se trituran manualmente con 1 mL de la disolución hidrometanólica al 80% y se traspasa a una duquesa, lavando el mortero 2 veces, con un total de 3 mL. Después se agita en oscuridad, con un agitador orbital a 250 rpm durante 1 h y se deja reposar 10 minutos. El sobrenadante de cada tubo se hace reaccionar con el DPPH en las mismas condiciones que la recta de Trolox.

Las medidas se realizaron a la absorbancia de 515 nm mediante espectrofotometría UV/V, para ello se introducen 0.1 mL de patrón o muestra y 3.9 mL de disolución DPPH, en un tubo de ensayo, tapado y en oscuridad. Transcurridos 120 minutos se realiza la medición. La actividad antioxidante total de la muestra se obtiene a partir de la absorbancia, extrapolarlo el resultado en la curva DPPH-absorbancia y se expresa como μM Trolox Equivalent (TE) por gramo de materia fresca.

3.3.10. Determinación del contenido individual de minerales en las flores

Las muestras mineralizadas han sido analizadas por espectroscopía de emisión con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-EOS), para la determinación de los elementos minerales. El equipo empleado es de Agilent ICP-EOS 710 (700 series ICP-OES, Australia).

Las longitudes de onda seleccionadas para cada elemento son las siguientes: 317.933 nm para la determinación del Ca, 324.754 nm para la determinación del Cu, 238.204 nm para la determinación del Fe, 769.897 nm para la determinación del K, 285.213 nm para la determinación del Mg, 257.610 nm para la determinación del Mn, 589.592 nm para la determinación del Na, 177.434 nm para la determinación del P, 196.026 nm para la determinación del Se, 213.857 nm para la determinación del Zn, 249.678 nm para la determinación del B, 228.802 nm para la determinación del Cd, 267.716 nm para la determinación del Cr, 184.887 para la determinación del Hg, 281.615 nm para la determinación del Mo y 405.781 nm para la determinación del Pb.

Los resultados se expresan en mg del elemento mineral por 100 g de flor fresca.

3.3.11. Determinación de la fracción volátil en las flores

La determinación de la fracción volátil de las flores se realizó mediante técnicas de cromatografía gaseosa-masas (GC-MS). La determinación se lleva a cabo en dos fases, en una primera se realiza la microextracción de los componentes volátiles y en una segunda fase la determinación y cuantificación de los componentes.

Para la microextracción se introduce la muestra triturada y homogeneizada en viales de extracción *Head Space* (HS) de 20 mL, que se sellan herméticamente con un diafragma

3. MATERIALES Y MÉTODOS

(Butyl/PTFE gray, AChroma, Müllheim, Alemania) y un tapón de aluminio, para la extracción *Solid Phase Micro-extraction* (SPME). El equilibrio entre las fases se alcanza calentando el vial en baño de agua a 40 °C, durante 30 minutos.

El soporte SPME y la fibra (*SPME Fiber assembly* 65 mm PDMS/DUB, 23 ba) precisan de una etapa previa de acondicionamiento durante 1 h a la temperatura de 270 °C en el puerto inyector del cromatógrafo de gases. Para la adsorción de los componentes volátiles, la fibra se coloca en el espacio de cabeza de cada vial a una temperatura de 40 °C, durante 40 minutos y para la desorción térmica, la aguja se introduce en el puerto de inyección (250 °C) del sistema GC-MS durante 30 segundos. Antes del análisis, la fibra se reacondiciona durante a la temperatura de inyección (250 °C) durante 15 minutos, en el puerto inyector de otro cromatógrafo de gases, para evitar el traspaso de compuestos entre muestras.

El equipo empleado en el análisis de los componentes de la fracción volátil es un cromatógrafo de gases modelo 6890 N Network GC System, acoplado directamente a través de un conector *Life-T-effluent* (1:1) a un espectrofotómetro de masas modelo 5973 inert Mass selective detector (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EEUU), con una columna capilar de sílice (5% fenyl-95% metilpolisiloxano como fase estacionaria, 30 m × 0.251 mm × 0.25 mm), siendo el helio el gas portador con un flujo de 1 µL min⁻¹ a 250 °C. La columna se programó a una temperatura inicial de 40 °C con un tiempo de espera de 1 minuto. La primera rampa de temperaturas se programó hasta 200 °C, con un ratio de 5 °C min⁻¹ y un tiempo de espera de 1 minuto. La segunda rampa se programó hasta 250 °C, con una ratio de 15 °C min⁻¹ y un tiempo de espera de 3 minutos, manteniéndose el flujo de transferencia a 220 °C. La detección por el espectrofotómetro de masas se realiza en el modo impacto de electrones y la identificación de los componentes volátiles se realiza por comparación del espectro de masas y los valores de otros datos bibliográficos o por comparación con la librería NIST (MS Search 2.0). Los resultados se expresan en porcentaje.

3.3.12. Tratamiento estadístico

Se han realizado tres determinaciones sobre muestras diferentes, que desde el punto de vista del tratamiento estadístico se han usado como repeticiones. Para el tratamiento de los datos se ha trabajado con el programa estadístico Statgraphics 18®, realizando un análisis de varianza simple (ANOVA), con una prueba de rangos múltiples para determinar qué medias muestrales son significativamente diferentes unas de otras. Como sistema de comparación en estos análisis de varianza se ha empleado el método de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un nivel de significación del 5%.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Como el número de observaciones es bajo, también se ha realiza la prueba de Kruskal-Wallis que evalúa la hipótesis nula partiendo del valor de las medianas de cada parámetro. En los casos más representativos se han estudiado las relaciones simples existentes entre algunos parámetros, empleando el estadístico de Durbin-Watson con un nivel de confianza del 95%.

Se ha realizado un análisis de componentes principales. Se trata de una técnica multivariante que utiliza un procedimiento para obtener un pequeño número de combinaciones lineales de las variables que explican la mayor parte de la variabilidad de los parámetros analizados en el jamón y que explican las correlaciones entre dichos parámetros.

3.4. Elaboraciones gastronómicas

En las elaboraciones gastronómicas se empleó mucha imaginación para el desarrollo de las recetas. Además, se empleó el material de cocina usual y algunos equipos específicos, por ejemplo un secador de aire a baja temperatura, para no alterar los componentes aromáticos de las flores en el proceso de secado en cocina (figura 15), o el empleo de molinillos mecánicos para la transformación s polvo de las flores (figura 16).



Figura 15. Desechado de flores por aire a baja temperatura.

3. MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 16. Molinillo y trituración de las flores secas para uso en cocina.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados descriptivos

Las flores comestibles pueden agregar sabores especiales y característicos, junto con un toque de color y formas únicas a las elaboraciones gastronómicas. Aunque no todas las flores son seguras para el consumo, las flores de la mayoría de las hierbas culinarias y las flores de la mayoría de las especies vegetales hortícolas que habitualmente se consumen por sus raíces, hojas y frutos, son adecuadas para el consumo de las flores. La caracterización química de las flores, con potencialidad para ser consumidas, es importante ya que se encuentra estrechamente relacionada con las posibilidades gastronómicas, propiedades nutritivas, pero también con las posibilidades para aplicar en el ámbito de la medicina y cosméticas.

En este apartado los resultados se evalúan estudiando la variación descriptiva y comparativa de los diferentes parámetros para las flores de liliáceas sometidas a estudio. En primer lugar, se evaluará la comparación de los parámetros, empleando un estudio univariante que tiene como objetivo estudiar individualmente cada uno de los parámetros analizados en las flores y compararlos entre sí.

Entre los datos que muestra la bibliografía destacan los aportados por Putnik *et al.* (2019) donde se incluyen los valores nutricionales de las partes comestibles de especies del género *Allium* ampliamente consumidas (USDA, 2018), donde no se incluye las flores, pero que se puede utilizar como comparativa en caso de no obtener datos específicos de las flores (tabla 7).

Tabla 7. Composición nutricional de las partes comestibles de especies comúnmente usadas del género *Allium* (USDA, 2018).

| Nutriente (%) | Flor de liliácea | | | | |
|-------------------------------|------------------|---------|--------|-----------|---------|
| | Ajo | Cebolla | Puerro | Cebollino | Chalota |
| Humedad | 58.60 | 89.10 | 83.00 | 90.70 | 79.80 |
| Grasa | 0.50 | 0.10 | 0.30 | 0.70 | 0.10 |
| Proteína bruta | 6.40 | 1.10 | 1.50 | 3.30 | 2.50 |
| Fibra bruta | 2.10 | 1.70 | 1.80 | 2.50 | 3.20 |
| Carbohidratos | 33.10 | 9.30 | 14.20 | 4.40 | 16.80 |
| Valor energético (kcal/100 g) | 149.00 | 40.00 | 61.00 | 30.00 | 72.00 |

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Resultados del análisis proximal de las flores de *Allium*

En la tabla 8 se muestran los contenidos porcentuales (g/100 g) y desviaciones estándar de los valores de la humedad, materia seca, contenido en minerales totales, expresados como cenizas, contenido en grasa, proteína bruta, fibra bruta, carbohidratos y el valor calórico, expresado en kcal/100 g de las flores de los seis tipos de liliáceas.

Tabla 8. Composición proximal y valor calórico total de las flores de *Allium*, en base fresca, valor promedio \pm desviación estándar.

| Nutriente (%) | Flor de liliácea | | | | | |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Ajo ornamental | Cebollino | Cebolla blanca | Cebolla roja | Puerro silvestre | Puerro |
| Humedad | 82.19 \pm 0.70 | 86.20 \pm 0.86 | 83.78 \pm 0.72 | 82.86 \pm 0.55 | 77.32 \pm 0.07 | 78.42 \pm 0.19 |
| Materia seca | 17.81 \pm 0.70 | 13.20 \pm 0.86 | 16.22 \pm 0.72 | 17.14 \pm 0.55 | 22.68 \pm 0.07 | 21.58 \pm 0.19 |
| Cenizas | 1.18 \pm 0.02 | 0.85 \pm 0.05 | 1.29 \pm 0.20 | 1.26 \pm 0.08 | 0.69 \pm 0.08 | 1.11 \pm 0.02 |
| Grasa | 0.25 \pm 0.02 | 0.20 \pm 0.15 | 0.46 \pm 0.09 | 0.16 \pm 0.07 | 0.40 \pm 0.04 | 1.12 \pm 0.11 |
| Proteína bruta | 1.94 \pm 0.03 | 4.11 \pm 0.42 | 4.07 \pm 0.20 | 4.66 \pm 0.17 | 4.37 \pm 0.16 | 6.36 \pm 0.16 |
| Fibra bruta | 2.89 \pm 0.07 | 1.58 \pm 0.21 | 1.54 \pm 0.11 | 1.59 \pm 0.04 | 2.28 \pm 0.18 | 3.51 \pm 0.69 |
| Carbohidratos | 11.56 \pm 0.67 | 6.46 \pm 1.02 | 8.87 \pm 0.41 | 9.47 \pm 0.33 | 14.93 \pm 0.33 | 9.48 \pm 0.85 |
| Valor energético (kcal/100 g) | 56.21 \pm 2.55 | 44.11 \pm 3.13 | 55.86 \pm 2.45 | 57.97 \pm 2.53 | 80.84 \pm 0.84 | 73.43 \pm 2.78 |

Se observa que existe una elevada variabilidad de la composición del valor nutricional, tanto en cuanto a la composición individual de cada componente, como a la variabilidad dentro de cada tipo de flor, atendiendo a los resultados obtenidos de las tres repeticiones. La tabla 9 muestra los valores del coeficiente de variación de cada componente nutricional por tipo de flor. Se observa que la mayor variabilidad se encuentra en el componente graso de las flores, posiblemente debido a que es la fracción más pequeña en la composición proximal de las flores y además procedente de una extracción, por lo que una pequeña variación en la extracción realizada puede generar grandes diferencias en el contenido y alta variabilidad en los resultados. El contenido en humedad es el parámetro menos variable en las flores de liliáceas estudiadas.

Se puede observar que la composición de las flores de las especies estudiadas es similar a las presentadas para las partes comestibles de diferentes especies del género *Allium* de alto consumo (tabla 7), por lo que el perfil de composición puede ser muy trasladable desde las diferentes partes del vegetal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 9. Coeficiente de variación (%) de la composición nutricional en las flores de *Allium*.

| Coeficiente de variación (%) | Flor de liliácea | | | | | |
|-------------------------------|------------------|-----------|----------------|--------------|------------------|--------|
| | Ajo ornamental | Cebollino | Cebolla blanca | Cebolla roja | Puerro silvestre | Puerro |
| Humedad | 0.85% | 0.99% | 0.85% | 0.66% | 0.09% | 0.24% |
| Materia seca | 3.91% | 6.52% | 4.41% | 3.20% | 0,29% | 0,88% |
| Cenizas | 1.98% | 5.84% | 15.45% | 6.30% | 14.38% | 1.40% |
| Grasa | 9.59% | 72.81% | 20.91% | 46.38% | 11.43% | 10.12% |
| Proteína bruta | 1.50% | 10.20% | 4.83% | 3.58% | 3.76% | 2.54% |
| Fibra bruta | 2.40% | 13.16% | 7.02% | 2.88% | 8.12% | 19.68% |
| Carbohidratos | 5.80% | 15.85% | 4.62% | 3.45% | 2.18% | 8.93% |
| Valor energético (kcal/100 g) | 4.53% | 7.09% | 4.39% | 4.36% | 1.04% | 3.79% |

El constituyente más abundante de estas flores comestibles de liliáceas es el agua. El contenido en humedad de las flores de liliáceas estudiadas oscila entre el 77.32% de la flor del puerro silvestre (la más seca) a los 86.20% de las flores de cebollino (la más húmeda). La cantidad de humedad que presentan las flores es variable y depende de la especie, de la variedad, de las condiciones de suelo y de la cantidad de agua de riego, entre otros factores. El trabajo de Rop *et al.* (2012) aporta valores del contenido en humedad para flores con doble aptitud, es decir flores comestibles pero que también son ornamentales, las concentraciones en humedad que indican estos autores oscilan desde el 58.8%, para la flor de begonia, hasta los valores próximos al 90% de humedad (89.81% para el caso de los pétalos de rosa, 90.14% para el crisantemo y 90.32% para el caso de los tagetes). Los valores del contenido en humedad de las flores de liliáceas estudiadas en este trabajo coinciden con los resultados de Rop *et al.* (2012) y con los valores que presentan Lara-Cortes *et al.* (2013) para una colección de flores comestibles de México. También los valores de las flores de liliáceas estudiadas coinciden con los encontrados por Chensom *et al.* (2019) para una colección de trece flores comestibles usadas en Japón. No se han encontrado valores referenciales para el contenido en humedad de flores de leguminosas. Los contenidos en humedad han demostrado ser poco variables entre las diferentes muestras analizadas, con valores bajos de coeficientes de variación. Grzeszczuk *et al.* (2011) en su trabajo para evaluar el potencial nutricional de las flores de cebollino indican valores muy similares a los encontrados en este trabajo, con un 20.01% en materia seca, un 0.77% de cenizas, un 3.07% de proteína, un 1.22% de fibra y 0.69% de grasa, de forma que 100 g de estas flores en fresco aportarían 58 kcal, frente a las 44.11 kcal que aportan las flores de cebollino del presente trabajo.

La mayor parte del peso fresco de los vegetales y de sus constituyentes corresponde al agua. Los vegetales están constituidos por una gran cantidad de agua, localizada principalmente en el protoplasma, en un promedio de 85-90% de agua; incluso los

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

orgánulos ricos en lípidos, como mitocondrias y cloroplastos, contienen alrededor del 50% de agua (Barceló *et al.*, 1992). Los alimentos con alto contenido en agua como las frutas y verduras, influyen en mantener el organismo hidratado y regular la presión arterial, además suelen tener propiedades diuréticas que favorecen la eliminación de exceso de líquido del organismo.

Y el alto contenido en humedad se relaciona con bajo contenido en materia seca y con un bajo valor calórico (energía) de estos alimentos (figura 17). Encontrándose un modelo ajustado, estadísticamente significativo ($p\text{-value}=0.0000$) entre los parámetros de humedad y valor energético, para el total de las especies estudiadas:

$$\text{Humedad} = 97.7228 - 0.257767 * \text{Valor energético}$$

Este modelo explica el 96.45% de la variabilidad del contenido en humedad de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación igual a -0.9821 , indicando una relación relativamente fuerte entre las variables.

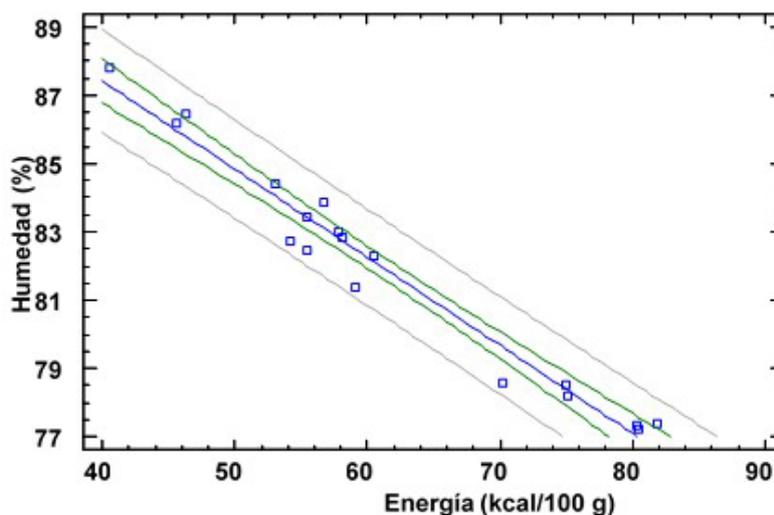


Figura 17. Modelo de regresión lineal entre la humedad y el valor energético de las flores de *Allium*.

Las diferencias entre los valores de humedad en las flores de *Allium* estudiadas (figura 18), son estadísticamente significativas, al 95% de confianza ($p\text{-value}=0.0000$), ya que los valores en humedad de las flores de cebollino son significativamente superiores al resto de los valores de humedad de las flores estudiadas. También existen diferencias entre los contenidos en agua de las flores del ajo ornamental frente a los que se presentan en las flores de cebolla blanca. Las flores de puerro presentan los valores más bajos de humedad, siendo las flores de puerro silvestre las de menor humedad con significativamente diferentes frente al resto. Los valores de la energía (kcal) aportados por 100 g de flores frescas de *Allium* también presentan diferencias estadísticamente ($p\text{-value}=0.0000$), siendo las flores con menor contenido en agua las de mayor valor

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

calórico, es decir, las flores de puerro silvestre son las más energéticas, con diferencias frente a los valores del resto, seguidas de las flores de puerro cultivado. Además, las flores de ajo ornamental no difieren en el valor energético de las flores de cebolla (blanca y roja) y último las flores de cebollino son las de menor valor energético con diferencias estadísticamente significativas, frente a los valores del resto de flores (figura 18).

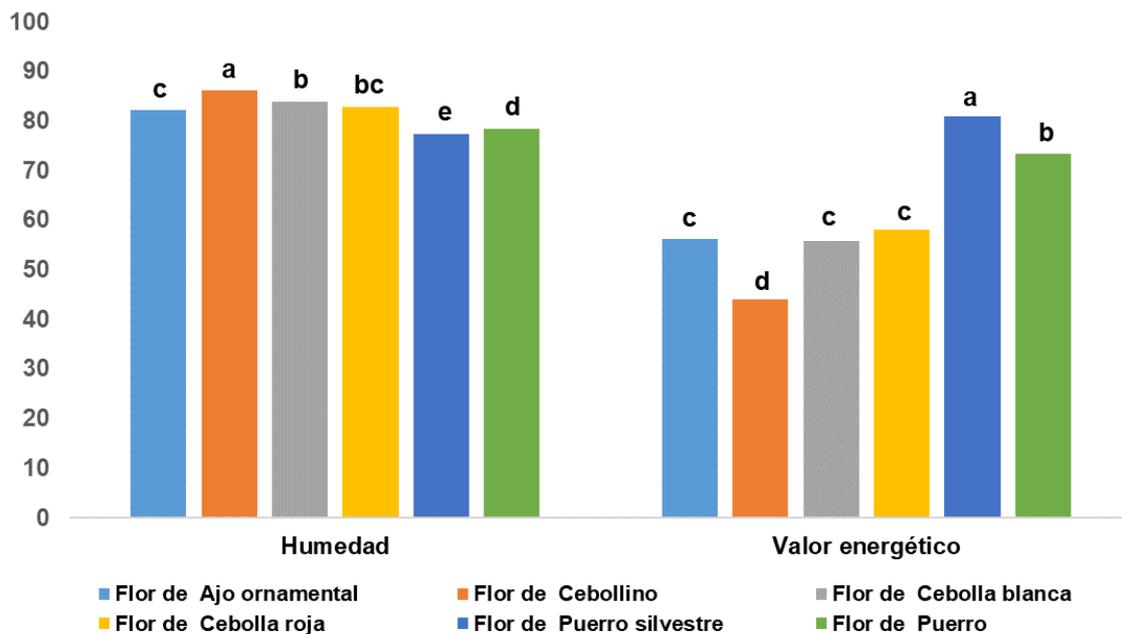


Figura 18. Valores promedio de los contenidos en humedad (%) y valor energético (kcal 100 g⁻¹ de peso fresco) de las flores de *Allium*. Letras diferentes en cada elemento indican diferencias estadísticamente significativas.

La determinación del contenido mineral total se hace por la determinación del contenido en cenizas, referida al análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición completa de la materia orgánica de las flores. Los niveles más bajos en estos minerales totales son para las flores de puerro silvestre (0.69%) y los más altos para las flores de cebolla (tanto la blanca como la roja). Los valores del contenido en cenizas de las flores estudiadas son similares a los que otros autores presentan para el caso de flores comestibles (Lara-Cortes *et al.*, 2013) y con las concentraciones en cenizas que Sotelo *et al.* (2007) aportan para una colección de flores silvestres y comestibles de México. Existen diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value}=0.0000$) entre los valores del contenido en cenizas en las flores estudiadas, siendo las concentraciones en minerales totales de las flores de cebollas, de ajo ornamental y de puerro, significativamente superiores a los contenidos en minerales totales de las flores de cebollino y puerro silvestre (figura 19).

El contenido en grasa de las flores es muy bajos, se trata del macronutriente de menor concentración, siendo las flores de la cebolla roja, las que menor grasa acumulan (0.16%) y las flores de puerro, las de mayor contenido en grasa (1.12%), lo que indica que esta

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

flor es la que puede transmitir mayor sabor, por la alta correlación entre la grasa y el sabor (Keast, 2016), esta diferencia composicional en la grasa puede ser empleada adecuadamente para las elaboraciones en cocina. Las diferencias encontradas (figura 19) son estadísticamente significativas ($p\text{-value}=0.0000$), debido a los valores relativamente altos de la flor de puerro en grasa. De forma que los valores de grasa de las flores de puerro difieren significativamente de los valores del resto de las flores, y los contenidos en grasa de las flores de cebolla blanca y puerro silvestre no difieren entre sí, pero son diferentes a los contenidos en grasa de las flores de ajo ornamental, cebollino y cebolla roja. Los valores en grasa de las flores de *Allium* estudiadas coinciden con los referenciados para algunas flores comestibles, como por ejemplo la de agave (*Agave salmiana*) y la de taro (*Colocasia esculenta*) (Lara-Cortes *et al.*, 2013) y con las concentraciones en grasa que Sotelo *et al.* (2007), aportan en flores silvestres y comestibles de México y excepto en el valor de las flores de puerro, los niveles de grasa son similares a los que muestran las partes comestibles de las especies de *Allium* (tabla 7).

El contenido en proteínas viene determinado por el contenido en nitrógeno total y por tanto por las condiciones de cultivo (Stefaniak y Grezeszczuk, 2019). Las proteínas son los materiales que desempeñan un mayor número de funciones en las células de todos los seres vivos. Por un lado, forman parte de la estructura básica de los tejidos (músculos, tendones, piel, uñas, etc.) y, por otro, desempeñan funciones metabólicas y reguladoras (asimilación de nutrientes, transporte de oxígeno y de grasas en la sangre, inactivación de materiales tóxicos o peligrosos, etc.). Los valores de proteína en las flores estudiadas son regularmente estables, con coeficientes de variación bajos, excepto para las flores de cebollino.

Las concentraciones en proteína oscilan desde el 1.94% para las flores del ajo ornamental hasta el valor excepcionalmente alto (6.36%) para las flores de puerro. Estos valores en proteína son superiores a los que indican otros autores en flores comestibles ornamentales (Rop *et al.*, 2012), también superiores a los que se indican para flores comestibles de coliflor, brócoli o flores de hibisco (Takahashi *et al.*, 2020) y otras flores comestibles (Lara-Cortes *et al.*, 2013), pero coinciden con las concentraciones en proteína que Sotelo *et al.* (2007) aportan para flores silvestres y comestibles de México y con los valores que Chensom *et al.* (2019) indican para las flores de Diana rosa (*Lathyrus odoratus*) en su estudio de flores comestibles usadas en Japón. Los valores de proteína de estas flores se sitúan en concentraciones similares a la de alimentos de origen vegetal como el ajo y la cebolla que se muestran en la tabla 7, además teniendo en cuenta que el consumo de las flores es en fresco, se trata de una proteína que no

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

sufre degradación por tratamientos térmicos. Existen diferencias estadísticamente significativas (p -value= 0.0000) entre los contenidos en proteína de las diferentes flores estudiadas (figura 19), siendo los niveles de proteína de las flores de puerro significativamente superiores a los niveles de proteína del resto de flores estudiadas, los contenidos proteína de las flores de cebolla roja no difieren de los contenidos de las flores de puerro silvestre, pero sí del resto, mientras que los contenidos de proteína de las flores de puerro silvestre tampoco difieren de los contenidos en proteína de las flores de cebolla blanca y de cebollino y por último los niveles de proteína significativamente más bajos son los que presentan las flores de ajo silvestre.

La fibra es uno de los nutrientes más interesantes de las flores comestibles de *Allium*. Las concentraciones más bajas (1.5%) se encuentran en las flores comestibles de cebollino y en las dos cebollas (blanca y roja) sin diferencias significativas (p -value=0.0000) entre ellas, pero sí frente al resto. Le siguen los niveles de fibra de las flores de puerro silvestre que difieren significativamente del resto, y los valores más altos de fibra se dan para las flores de puerro y ajo silvestre, respectivamente, con diferencias significativas entre ellos. Los valores en fibra del presente estudio son similares a los encontrados por Grzeszczuk *et al.* (2016), en una colección amplia de flores comestibles. Jakubczyk *et al.* (2022) concluyen que las flores comestibles pertenecientes a la familia de las Asteraceas contienen unos niveles de fibra total que oscilan del 13.22% en magnolia hasta el 62.33% en pétalos de caléndula, pudiendo ser clasificadas como una fuente rica en fibra, cumpliendo con una función prebiótica para las bacterias intestinales.

Los carbohidratos son el macronutriente más abundante en las flores comestibles, alcanzando incluso el 90% del peso seco (Fernandes *et al.*, 2017a; Guimarães *et al.*, 2010), incluso de la fracción comestible de especies comúnmente usadas del género *Allium* (tabla 7). Los carbohidratos principalmente se concentran en el néctar, siendo una fuente importante de azúcares solubles (Mlcek y Rop, 2011). Las concentraciones en hidratos de carbono para las flores del género *Allium* estudiadas, indican que existe variabilidad en cuanto a los contenidos nutricionales de este parámetro, siendo las flores del puerro silvestre las de mayor nivel en carbohidratos, con diferencias estadísticas (p -value=0.0000) frente al resto de flores estudiadas, le siguen los contenidos en hidratos de carbono de las flores de ajo silvestre, que también difieren estadísticamente del contenido del resto de las flores, existiendo un grupo de flores con concentraciones alrededor del 9% en hidratos de carbono formado por las flores de las dos cebollas (blanca y roja) y del puerro, cuyos valores no difieren entre sí, pero difieren del contenido del resto. Y por último se encuentran las concentraciones en hidratos de carbono de las

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

flores de cebollino que son los más bajos y con diferencias significativas frente al resto (figura 19).

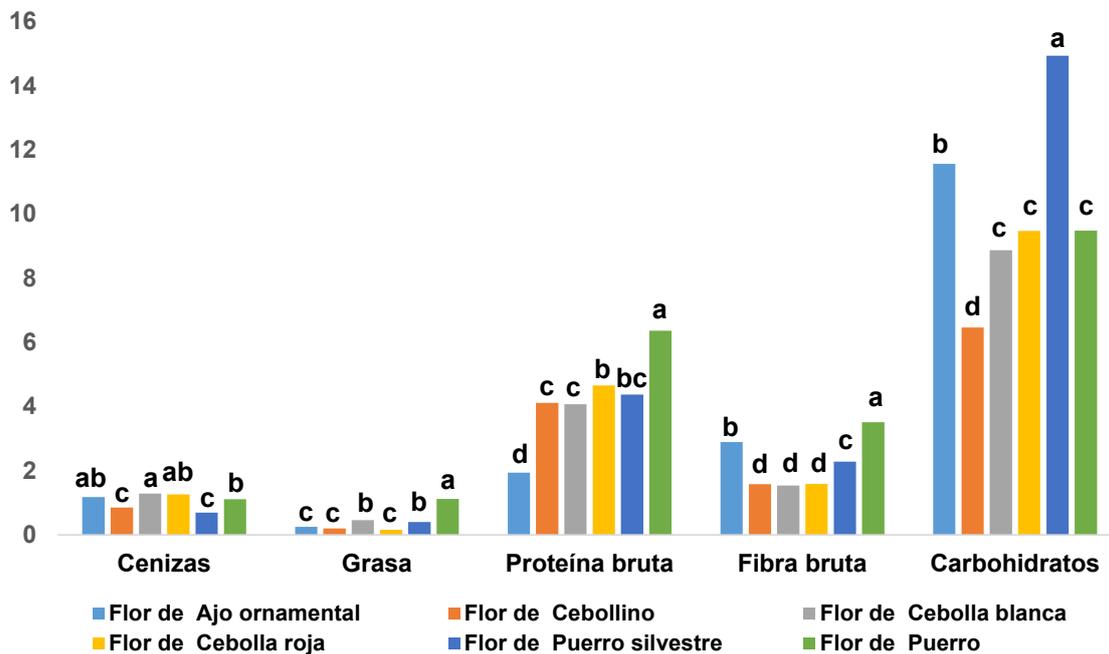


Figura 19. Valores promedio de los contenidos en cenizas (%), grasa (%), proteína bruta (%), fibra bruta (%) y carbohidratos (%) de las flores de *Allium*. Letras diferentes en cada elemento indican diferencias estadísticamente significativas.

La materia seca de las flores de *Allium* estudiadas se relacionan positivamente con los contenidos en fibra (figura 20). Encontrándose un modelo ajustado, estadísticamente significativo (p -value= 0.0054) entre los parámetros de materia seca y fibra bruta, para el total de las especies estudiadas:

$$\text{Materia seca} = 12.3878 + 2.56272 * \text{Fibra}$$

Este modelo explica el 39.26% de la variabilidad del contenido en materia seca de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.6266$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables.

Y también se ha observado una relación positiva entre el contenido en materia seca de las flores de *Allium* estudiadas con los contenidos en grasa (figura 20). Encontrándose un modelo ajustado, estadísticamente significativo (p -value= 0.0139) entre los parámetros de materia seca y grasa, para el total de las especies estudiadas:

$$\text{Materia seca} = 15.7153 + 5.53702 * \text{Grasa}$$

Este modelo explica el 32.26% de la variabilidad del contenido en materia seca de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.5680$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

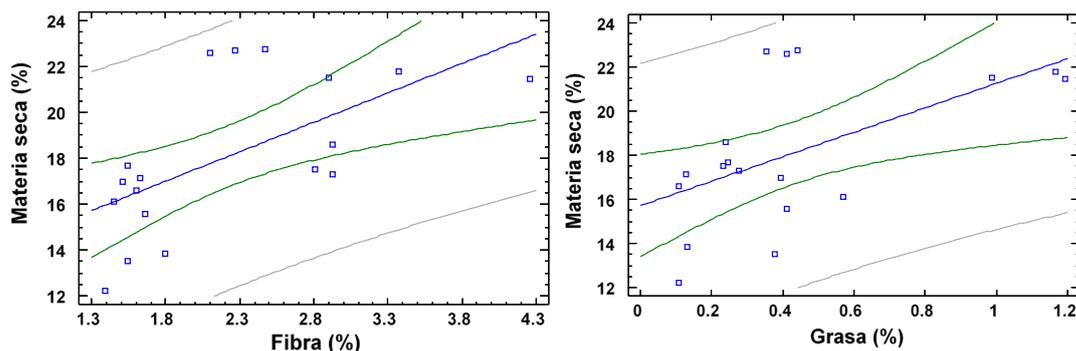


Figura 20. Modelo de regresión lineal entre la materia seca y la fibra (izquierda) y entre la materia seca y la grasa (derecha) de las flores de *Allium*.

4.1.2. Resultados del contenido mineral de las flores de *Allium*

El contenido de elementos minerales es uno de los aspectos interesantes que pueden considerarse para incluir flores comestibles en la nutrición humana (Rop *et al.*, 2012). En el presente estudio, se han analizado 16 elementos minerales y para evaluar su interés en las flores analizadas se han dividido en tres grupos, los minerales que se encuentran en mayor concentración o macroelementos (Ca, K, Mg, P y Na), los que se encuentran en concentraciones pequeñas o microelementos (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Se y Mo) y los elementos caracterizados como metales pesados (Cd, Cr, Hg y Pb). Además de la función individual de cada elemento mineral, estos elementos en las flores juegan un papel crucial en la formación de metabolitos secundarios, que son responsables de los efectos farmacológicos de la planta. Las flores se consumen principalmente crudas, por lo que al no existir transformación por cocción u otras elaboraciones, se puede garantizar que las concentraciones minerales se mantienen en el alimento, sin sufrir pérdidas.

La tabla 10 muestra los resultados del análisis de la varianza para las diferentes concentraciones minerales estudiadas, expresadas como mg del elemento sobre 100 g de flor en base fresca ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ pf}$), para cada una de las flores de los seis tipos de liliáceas. Además, se muestra el error estándar para cada uno de los resultados de los elementos minerales.

Lara-Cortes *et al.* (2014) en un estudio de composición de la flor de dalia con diferentes colores de pétalos, indica que el calcio y el potasio son los elementos mayoritarios, y la composición es mayor cuando el color es naranja y rosa. En la literatura disponible, algunos autores muestran valores de la composición mineral de flores comestibles (Rop *et al.*, 2012; Voon *et al.*, 2013; Navarro-González *et al.*, 2015; Grzeszczuk *et al.*, 2016), algunos trabajos muestran concentraciones relacionadas con las flores de plantas aromáticas, como caléndula, lavanda, echinacea o manzanilla (Kara, 2009; Yassen *et al.*, 2010; Ražić *et al.*, 2003;2005; Özcan y Akbulut, 2007), Incluso algunos trabajos aportan

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

datos sobre la composición mineral de plantas comestibles de leguminosas (Bulduk, 2020), en flores de manzano (Voon *et al.*, 2013).

Tabla 10. Composición mineral de las flores de *Allium*, en base fresca, valor promedio \pm desviación estándar.

| Concentración elemento (mg 100 g ⁻¹ pf) | Flor de liliácea | | | | | | |
|--|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| | Ajo ornamental | Cebollino | Cebolla blanca | Cebolla roja | Puerro silvestre | Puerro | |
| Macro | Ca | 104.69 \pm 11.38 | 121.31 \pm 23.96 | 140.13 \pm 17.24 | 116.10 \pm 9.68 | 69.34 \pm 1.79 | 51.01 \pm 4.181 |
| | K | 58.54 \pm 6.91 | 255.19 \pm 34.25 | 114.19 \pm 25.55 | 96.48 \pm 14.06 | 84.11 \pm 5.04 | 99.62 \pm 2.45 |
| | Mg | 27.90 \pm 3.23 | 52.42 \pm 6.97 | 65.12 \pm 10.77 | 49.90 \pm 5.79 | 35.51 \pm 0.74 | 51.59 \pm 2.23 |
| | P | 58.40 \pm 3.91 | 263.11 \pm 93.25 | 373.12 \pm 60.35 | 289.29 \pm 176.27 | 69.39 \pm 1.20 | 110.79 \pm 4.22 |
| | Na | 9.41 \pm 0.92 | 7.61 \pm 2.18 | 23.43 \pm 6.00 | 15.77 \pm 6.59 | 5.70 \pm 1.12 | 8.53 \pm 1.093 |
| Micro | Fe | 5.81 \pm 0.84 | 3.04 \pm 1.50 | 3.25 \pm 0.25 | 2.63 \pm 0.12 | 0.77 \pm 0.09 | 0.98 \pm 0.13 |
| | Mn | 0.221 \pm 0.030 | 0.437 \pm 0.058 | 0.459 \pm 0.047 | 0.542 \pm 0.007 | 0.171 \pm 0.008 | 0.387 \pm 0.027 |
| | Zn | 0.346 \pm 0.050 | 2.485 \pm 1.571 | 0.593 \pm 0.062 | 0.552 \pm 0.039 | 0.657 \pm 0.007 | 1.091 \pm 0.030 |
| | Cu | 0.137 \pm 0.021 | 1.271 \pm 1.101 | 0.171 \pm 0.018 | 0.219 \pm 0.008 | 0.094 \pm 0.005 | 0.303 \pm 0.021 |
| | B | 0.329 \pm 0.047 | 1.004 \pm 0.371 | 0.363 \pm 0.026 | 0.506 \pm 0.023 | 0.350 \pm 0.008 | 0.267 \pm 0.018 |
| Pesados | Cd | 0.002 \pm 0.002 | 0.004 \pm 0.003 | 0.002 \pm 0.001 | 0.002 \pm 0.0005 | 0.006 \pm 0.0005 | 0.009 \pm 0.012 |
| | Cr | 0.011 \pm 0.0005 | 0.025 \pm 0.005 | 0.01 | 0.008 \pm 0.0006 | 0.005 \pm 0.0015 | 0.006 \pm 0.001 |
| | Mo | 0.012 \pm 0.003 | 0.023 \pm 0.007 | 0.003 \pm 0.0005 | 0.003 \pm 0.0005 | 0.003 \pm 0.0005 | 0.022 \pm 0.002 |
| | Se | 0.002 \pm 0.0006 | 0.039 | 0.008 \pm 0.001 | 0.003 | - | 0.004 |
| | Hg | 0.0005 | - | - | - | - | - |
| | Pb | 0.038 \pm 0.004 | 0.090 \pm 0.058 | 0.054 \pm 0.004 | 0.048 \pm 0.003 | 0.030 \pm 0.0004 | 0.082 \pm 0.052 |

En las flores de *Allium* estudiadas, se observa que los elementos minerales de mayor concentración son el fósforo, excepto para las flores del ajo ornamental y del puerro silvestre, y le siguen las concentraciones de potasio y el calcio. El potasio predomina en las flores de cebollino y en los dos puerros (el silvestre y el de cultivo) y el calcio en las dos cebollas y el ajo ornamental.

Los resultados de otros autores (Rop *et al.*, 2012) indican que el fósforo es el segundo elemento mineral en importancia en las flores comestibles. La acumulación de fósforo en las flores de *Allium* oscila desde los 58.40 mg por 100 g en promedio para la flor fresca del ajo ornamental, hasta los 373.12 mg en 100 g de flor fresca cebolla blanca. Los coeficientes de variabilidad son bajos (tabla 11), siendo la flor de cebollino, la que muestra mayor coeficiente de variación (35.44%) para este elemento. Las diferencias encontradas, en el contenido en fósforo, en las flores de leguminosas estudiadas (figura 21), son estadísticamente significativas, al 95% de confianza (p -value=0.0025), siendo las concentraciones de las flores de cebolla (blanca y roja) y cebollino, las que muestran valores significativamente superiores al resto, mientras que los niveles de fósforo en el resto de las flores (ajo ornamental y puerro silvestre y de cultivo) no muestran diferencias entre sí. Alimentos de consumo en fresco y cotidianos como la manzana (9 mg 100 g⁻¹), lechuga (28 mg 100 g⁻¹) o incluso los bulbos de cebolla (33 mg 100 g⁻¹) o cebollino (54

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

mg 100 g⁻¹) presentan concentraciones aproximadamente diez veces más bajas de este elemento mineral que las flores estudiadas (BEDCA, 2013). El fósforo a nivel del organismo se encuentra formando parte de los ácidos nucleicos, ATP y fosfolípidos, interviene también en la formación del hueso y actúa como regulador en el metabolismo de los azúcares.

La concentración de potasio oscila desde los 58.54 mg por 100 g, para la flor fresca del ajo ornamental, hasta los 255.19 mg en 100 g de la flor fresca de cebollino. Además, la variabilidad entre las concentraciones de potasio es ligeramente estable (tabla 11), siendo la flor de cebolla blanca, la que muestra mayor coeficiente de variación (22.38%) para este elemento. Las diferencias encontradas, en el contenido en potasio, en las flores de *Allium* estudiadas (figura 21) son estadísticamente significativas, al 95% de confianza (p-value=0.0000), de forma que las concentraciones de potasio de las flores de cebollino difieren de los contenidos del resto de las flores, para las flores de las dos cebollas y del puerro de cultivo las concentraciones en potasio son similares y difieren de los contenidos en potasio de las flores de ajo ornamental. Grzeszczuk *et al.* (2018) indican que el contenido promedio de diferentes flores de plantas ornamentales es de 30.03 g kg⁻¹ sobre materia seca, por lo que suponiendo un contenido en humedad del 90%, los niveles de potasio serían de 300.3 mg por 100 g de flor fresca, valores más altos que los encontrados en el este estudio, excepto para el caso de la flor de cebollino. Grzeszczuk *et al.* (2018) muestran que existe una elevada variabilidad en las concentraciones en potasio, así las flores de *Paeonia officinalis* L. concentran menos contenido de potasio que las flores de las especies de *Allium* estudiadas. Las diferentes aportaciones de potasio como fertilizante y la composición del suelo en potasio son las razones que principalmente pueden influir en estas diferencias.

Es importante señalar que las concentraciones en potasio de las flores estudiadas son superiores a las que se encuentran en la misma cantidad de manzana fresca, que la flor de cebollino presenta concentraciones similares a los que presenta las hojas de lechuga fresca y que los valores de potasio de las flores de cebolla y cebollino son similares a las concentraciones que presentan sus respectivas partes comestibles (BEDCA, 2013). A nivel del metabolismo humano, el potasio es importante para la acción nerviosa y muscular, la síntesis de proteínas o como ion positivo principal en el intercambio de iones en las células, por lo que alimentos ricos en potasio son interesantes para una alimentación saludable.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 11. Coeficiente de variación (%) de la composición mineral en las flores de *Allium*.

| Coeficiente de variación (%) | Flor de liliácea | | | | | | |
|------------------------------|------------------|-----------|----------------|--------------|------------------|--------|---------|
| | Ajo ornamental | Cebollino | Cebolla blanca | Cebolla roja | Puerro silvestre | Puerro | |
| Macro | Ca | 10.88% | 19.75% | 12.30% | 8.34% | 2.58% | 9.44% |
| | K | 11.80% | 13.42% | 22.38% | 14.57% | 5.99% | 2.46% |
| | Mg | 11.57% | 13.30% | 16.53% | 11.60% | 2.08% | 4.32% |
| | P | 6.70% | 35.44% | 16.17% | 60.93% | 1.74% | 3.81% |
| | Na | 9.75% | 28.66% | 25.61% | 41.80% | 19.66% | 12.83% |
| Micro | Fe | 14.51% | 49.26 | 7.67% | 4.60% | 12.49% | 13.36% |
| | Mn | 13.54% | 13.22% | 10.30% | 1.30% | 4.64% | 6.92% |
| | Zn | 14.51% | 60.67% | 10.45% | 6.99% | 1.07% | 2.77% |
| | Cu | 15.71% | 86.62% | 10.59% | 3.70% | 5.37% | 6.84% |
| | B | 14.37% | 36.94% | 7.19% | 4.56% | 2.44% | 6.79% |
| Pesados | Cd | 34.64% | 95.78% | 69.28% | 34.64% | 10.19% | 143.34% |
| | Cr | 18.18% | 18.72% | - | 6.93% | 28.64% | 16.67% |
| | Mo | 25.00% | 30.10% | 21.65% | 17.32% | 21.65% | 11.27% |
| | Se | 34.64% | - | 18.33% | - | - | - |
| | Hg | - | - | - | - | - | - |
| | Pb | 12.06% | 65.07% | 7.05% | 6.06% | 13.32% | 63.22% |

El calcio es el tercer elemento en importancia, en la composición de las flores de *Allium* estudiadas, aunque en algunas especies, la concentración llega a ser tan importante como la del potasio o del fósforo, variaciones coincidentes con las observadas por Lara-Cortés *et al.* (2013). La acumulación del calcio en las flores de liliáceas es mayor para el caso de la cebolla blanca (140.13 mg en promedio por cada 100 g de flor fresca), seguida de la del cebollino y cebolla roja, mientras que las flores frescas de puerro (silvestre y de cultivo) son las que menos calcio concentran. Los coeficientes de variabilidad son bajos, excepto para los niveles de la flor de cebollino, que muestra mayor coeficiente de variación (19.75%) para este elemento. Las diferencias encontradas, en el contenido en calcio, en las flores de leguminosas estudiadas (figura 21), son estadísticamente significativas, al 95% de confianza (p -value=0.0000), siendo las concentraciones de calcio en las flores de puerro (silvestre y cultivado), las que muestran valores significativamente inferiores a los que presentan el resto de las flores de liliáceas estudiadas. Según la base de datos BEDCA (2013) la concentración en calcio de la fracción comestible de cebollino es de 86 mg 100 g⁻¹, para el caso de la cebolla es de 25.4 mg 100 g⁻¹, para el caso de la manzana (6 mg 100 g⁻¹) y para la lechuga las concentraciones de calcio oscilan sobre los 34.7 mg 100 g⁻¹, por lo que todas las flores estudiadas superan las concentraciones de alimentos de origen vegetal de consumo común. El calcio es fundamental para la formación de los huesos y los dientes, la

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

coagulación de la sangre, la acción de los nervios y los músculos y la activación de las enzimas.

El magnesio es el cuarto elemento en importancia, en la composición de la flor, aunque Bulduk (2020) en su estudio de composición de las flores de habas encontró que la concentración en magnesio era inferior a la de sodio, estas diferencias pueden estar relacionadas con las diferencias en la composición de los suelos de cultivo. En promedio, la acumulación del magnesio en las flores de *Allium* es mayor para el caso de la cebolla blanca (65.12 mg 100 g⁻¹) y las concentraciones más bajas se presentan en las flores frescas del del ajo ornamental (27.90 mg 100 g⁻¹). Los coeficientes de variabilidad en la concentración de magnesio en las flores estudiadas son bajos, siendo las flores de cebolla blanca las que presentan la mayor variabilidad en las concentraciones con un coeficiente de variación (16.53%) para este elemento. Las diferencias encontradas, en el contenido en magnesio (figura 21), son estadísticamente significativas, al 95% de confianza (p-value=0.0001), siendo las concentraciones de magnesio en las flores de cebolla blanca significativamente superiores al resto, además los valores que presentan las flores de cebollino, cebolla roja y puerro cultivado forman un grupo donde las concentraciones en magnesio son similares y difieren del resto, por último, las concentraciones para el puerro silvestre y para el ajo ornamental son similares entre sí y difieren significativamente con respecto a los valores en magnesio del resto de las flores estudiadas. Las concentraciones en magnesio de las flores estudiadas son unas 10 superiores a las que se encuentran en la misma cantidad de lechuga, en frutos de manzana y en bulbos de cebolla, mientras que para el cebollino, los valores de magnesio de las partes comestibles (BEDCA, 2013) presenta valores (40 mg 100 g⁻¹) similares a las encontradas en las flores (52.42 mg 100 g⁻¹). A nivel del metabolismo, el magnesio interviene en el organismo como conector neuronal, en la formación de huesos y dientes, o como cofactor de muchas enzimas.

Por último, de los cinco elementos mayoritarios, el sodio es el que menor concentración ha mostrado en este estudio. La acumulación del sodio en las flores de liliáceas oscila entre los 5.70 mg que en promedio presentan los 100 de flores frescas de puerro silvestre y los 23.43 mg para las flores de la cebolla blanca. Los coeficientes de variabilidad son bajos, excepto para los niveles de sodio en la flor de cebollino, la que muestra mayor coeficiente de variación (28.66%) para este elemento. Las diferencias encontradas, en el contenido en sodio, en las flores de liliáceas estudiadas (figura 21), son estadísticamente significativas (p-value=0.0000), al 95% de confianza. Así las flores de cebolla blanca son las que más sodio acumulan con diferencias significativas frente al resto de flores estudiadas, y las flores de cebolla roja le siguen en concentración presentando también

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

diferencias estadísticas frente al resto, por último aparece un grupo formado por los contenidos en sodio las flores que no se diferencian entre sí, pero se diferencian de los contenidos de sodio de las flores de cebolla. El sodio se concentra en cantidades pequeñas en los alimentos, siendo de 3 mg 100 g⁻¹ de la fracción comestible de cebollino, en los bulbos de cebolla y en las hojas de lechuga y de 2 mg 100 g⁻¹ en los frutos de manzana (BEDCA, 2013). Las altas concentraciones en sodio organolépticamente se relacionan con sabores más salados y metálicos. El sodio en el organismo es el principal catión en los fluidos tisulares, interviene en la acción de los nervios y músculos, y en el equilibrio hídrico. Y junto con el potasio están relacionados con la regulación de la presión osmótica.

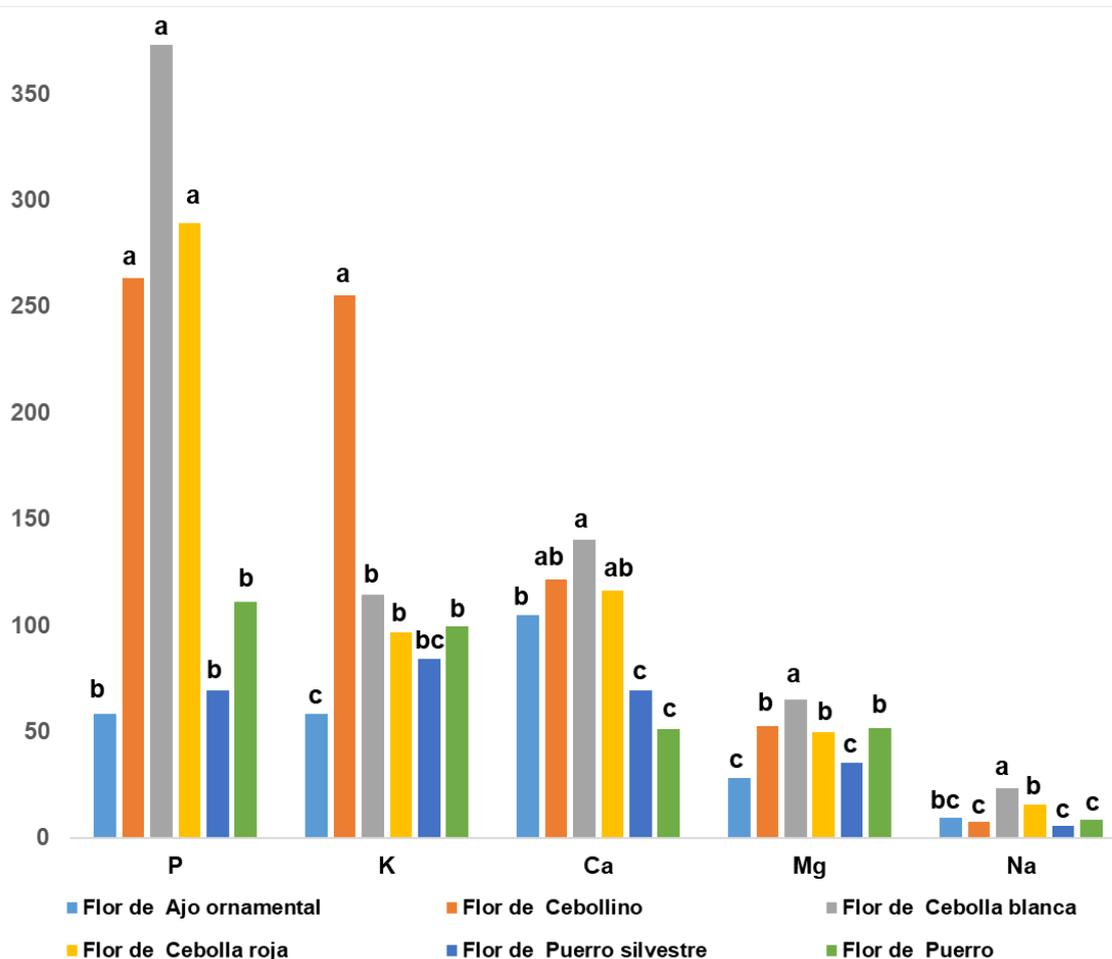


Figura 21. Valores promedio de los contenidos en fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio (mg 100 g⁻¹ de peso fresco) de las flores de *Allium*. Letras diferentes en cada elemento indican diferencias estadísticamente significativas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para sodio no se indican cantidades diarias recomendadas (CDR) en la ingesta, para el potasio las CDR son de 2000 mg, para el calcio de 800 mg, para el fósforo de 700 mg y para el magnesio de 375 mg. Aunque las concentraciones de macroelementos en las flores estudiadas no alcanzan las CDR de estos elementos, se observa que las flores presentan una elevada densidad mineral, y pequeñas cantidades de flores de liliáceas, proporcionan fuentes altamente diversas de elementos minerales. Según indican Mlcek y Rop (2011), los elementos minerales de las flores comestibles pueden ser una de las propiedades nutraceuticas de las flores y por ello, las flores comestibles pueden considerarse como una excelente fuente de minerales en la nutrición humana.

El contenido en cenizas o minerales totales y la concentración individual de cada macroelemento, muestra una relación positiva con respecto al fósforo, calcio, magnesio y sodio, es decir, a medida que aumenta los contenidos de cenizas se incrementan los valores individuales de estos elementos, existiendo niveles estadísticamente significativos exclusivamente con el sodio ($p\text{-value}=0.0010$), estando relacionados a través de la ecuación:

$$\text{Cenizas} = 0.778606 + 0.0241589 * \text{Sodio}$$

Este modelo explica el 50.24% de la variabilidad del contenido mineral total de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.7088$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 22). Es decir que, aunque el sodio no es el elemento mayoritario en la composición mineral de las flores, es el elemento que mayor contribuye a la distribución del contenido mineral total.

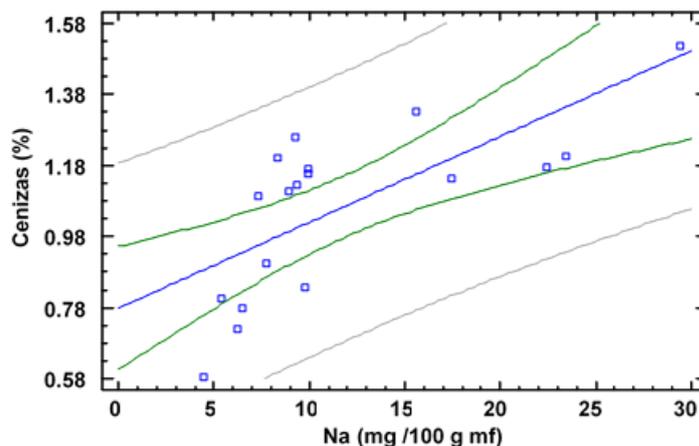


Figura 22. Modelo de regresión lineal entre el contenido en cenizas y la concentración en sodio de las flores de *Allium*.

De las relaciones entre los minerales mayoritarios se han encontrado niveles estadísticamente significativos entre el potasio y el magnesio, entre el fósforo y el calcio, entre el fósforo y el magnesio, entre el fósforo y el sodio, entre el calcio y el magnesio,

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

entre el calcio y el sodio, y entre el sodio y el magnesio, es decir que las concentraciones de uno de ellos influyen en que se incrementen las concentraciones de los otros. La tabla 12 muestra los diferentes parámetros de los modelos significativos encontrados entre los diferentes macroelementos minerales, encontrando que las relaciones más fuertes se encuentran entre el fósforo con el magnesio y con el sodio.

Tabla 12. Relaciones significativas entre los contenidos individuales de macroelementos minerales en las flores de *Allium*.

| Relación | Coefficiente de correlación (r^2) | Ecuación | Nivel de explicación | p-value |
|--------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------|
| K versus Mg | 0.475082 | $K=6.09363+2.37776*Mg$ | 22.57% | 0.0463 |
| P versus Ca | 0.68031 | $P=-95.8199+2.88601*Ca$ | 46.28% | 0.0019 |
| P versus Mg | 0.761834 | $P=-186.726+8.0883*Mg$ | 58.04% | 0.0002 |
| P versus Na | 0.767836 | $P=10.8092+15.5999*Na$ | 58.96% | 0.0002 |
| Ca versus Mg | 0.475128 | $Ca=44.4537+1.18909*Mg$ | 22.57% | 0.0463 |
| Ca versus Na | 0.652793 | $Ca=63.7118+3.12635*Na$ | 42.61% | 0.0033 |
| Mg versus Na | 0.689896 | $Mg=31.5686+1.3202*Na$ | 47.60% | 0.0015 |

Prácticamente, todas las formas de intercambio de energía dentro de las células vivas implican la formación o ruptura de enlaces con el fósforo. Toma *et al.* (2022) indica efectos sinérgicos con las concentraciones de calcio, hierro, magnesio, sodio y zinc, coincidiendo con las relaciones y concentraciones que se han encontrado en las flores de *Allium* estudiadas.

De los elementos clasificados como microelementos, el de mayor concentración en las flores de *Allium* es el hierro. La concentración de hierro oscila desde los 0.77 mg por 100 g, para la flor fresca del puerro silvestre, hasta los 5.81 mg en 100 g de flor fresca de ajo ornamental. Además, la variabilidad entre las concentraciones de este elemento es ligeramente estable, excepto en la flor de cebollino, la que muestra mayor coeficiente de variación (49.26%) para este elemento. Las diferencias encontradas, en el contenido en hierro, en las flores de leguminosas estudiadas (figura 23), son estadísticamente significativas, al 95% de confianza ($p\text{-value}=0.0000$), siendo las concentraciones en hierro de las flores de ajo ornamental significativamente diferentes a los niveles del resto de las flores de *Allium* estudiadas, además existe un grupo formado por los contenidos de hierro de las flores de cebollino y las dos cebolla, cuyas concentraciones no difieren entre ellos pero sí frente al resto y por último, los niveles de hierro más bajos de las flores se encuentran en las flores de puerro (silvestre y de cultivo) cuyas concentraciones no difieren entre sí, pero sí respecto al resto.

Rop *et al.* (2012) indican que los contenidos en hierro, para diversas flores comestibles, oscila entre 0.62 y 0.98 mg.100 g⁻¹ de flor fresca, por su parte Grzeszczuk *et al.* (2018) informan de concentraciones promedio de 1.55 mg por 100 g de flor fresca, considerando

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

un 90% de humedad. Los resultados de Bulduk (2020) sobre flores de haba, muestran concentraciones en hierro de 5.59 mg por 100 g de flor fresca, considerando un contenido en humedad del 90%. Las concentraciones del presente estudio, se pueden considerar altas y posiciona a estas flores comestibles como fuente de hierro, sobre todo la flor de ajo ornamental. Considerando que la CDR para el hierro esta cifrada en 14 mg, 100 g de las flores de ajo ornamental aportan el 41.5% de la CDR, además teniendo en cuenta que principalmente el consumo es sin procesar, la biodisponibilidad de estos elementos sería muy alta.

Las concentraciones en zinc en las flores de *Allium* estudiadas presentan variabilidad, siendo las concentraciones de la flor de cebollino las más altas con diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value}= 0.0112$), frente a las concentraciones en zinc del resto de las flores de *Allium* (figura 23). Los valores en zinc de las flores estudiadas superan las concentraciones que aparecen en bibliografía para las flores de habas y de otras flores comestibles, principalmente las flores de cebollino y las de puerro cultivado. Además, la variabilidad entre las concentraciones de este elemento es ligeramente estable, siendo la flor de cebollino, la que muestra mayor coeficiente de variación (60.67%) para este elemento.

El manganeso es el tercer microelemento en importancia, en la composición de las flores de liliáceas estudiadas, excepto para las flores de cebollino, donde el tercer elemento más abundante es el boro. La acumulación de manganeso es mayor para el caso de la flor de cebolla roja y la menor concentración se presenta en las flores de puerro silvestre. Los coeficientes de variabilidad son bajos, siendo los coeficientes de variabilidad más altos en los contenidos en manganeso los que se presentan en las flores de ajo ornamental y de cebollino con el 13%. Las diferencias encontradas, en el contenido en manganeso (figura 23), son estadísticamente significativas, al 95% de confianza ($p\text{-value}=0.0000$), ya que las concentraciones de las flores de cebolla roja, muestran valores significativamente superiores a los que presentan el resto de las flores estudiadas. Los niveles de manganeso de las flores de cebollino, cebolla blanca y puerro cultivado, forman un grupo que presentan concentraciones de manganeso que no difieren entre sí, pero sí que son diferentes a las concentraciones del resto de las flores, por último, las concentraciones más bajas de manganeso se dan en las flores de ajo ornamental y puerro silvestre que no difieren entre sí, pero que sus concentraciones difieren del resto. Los valores en manganeso de las flores del presente estudio son ligeramente superiores a las que se citan en los trabajos consultados (Rop *et al.*, 2012; Grzeszczuk *et al.*, 2018; Bulduk, 2020).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones en boro en las flores estudiadas están en línea con las de manganeso, excepto las variaciones comentadas del cebollino. La acumulación de este elemento es mayor para el caso de la flor de cebollino y las concentraciones más bajas se observan para las flores de puerro cultivado. Los coeficientes de variabilidad son bajos, excepto para los niveles de la flor de cebollino, la que muestra mayor coeficiente de variación (36.94%) para este elemento. Las diferencias encontradas, en el contenido en boro (figura 23), son estadísticamente significativas, al 95% de confianza (p -value=0.0007), ya que las concentraciones de las flores de cebollino, muestran valores significativamente superiores a los que presentan el resto de las flores de *Allium* estudiadas. No se han encontrado valores bibliográficos sobre la concentración de boro en flores comestibles. El boro interviene en la disminución del riesgo de osteoporosis, por lo que estas flores podrían ser un suplemento adecuado de este elemento mineral, debido a su potencial nutracéutico.

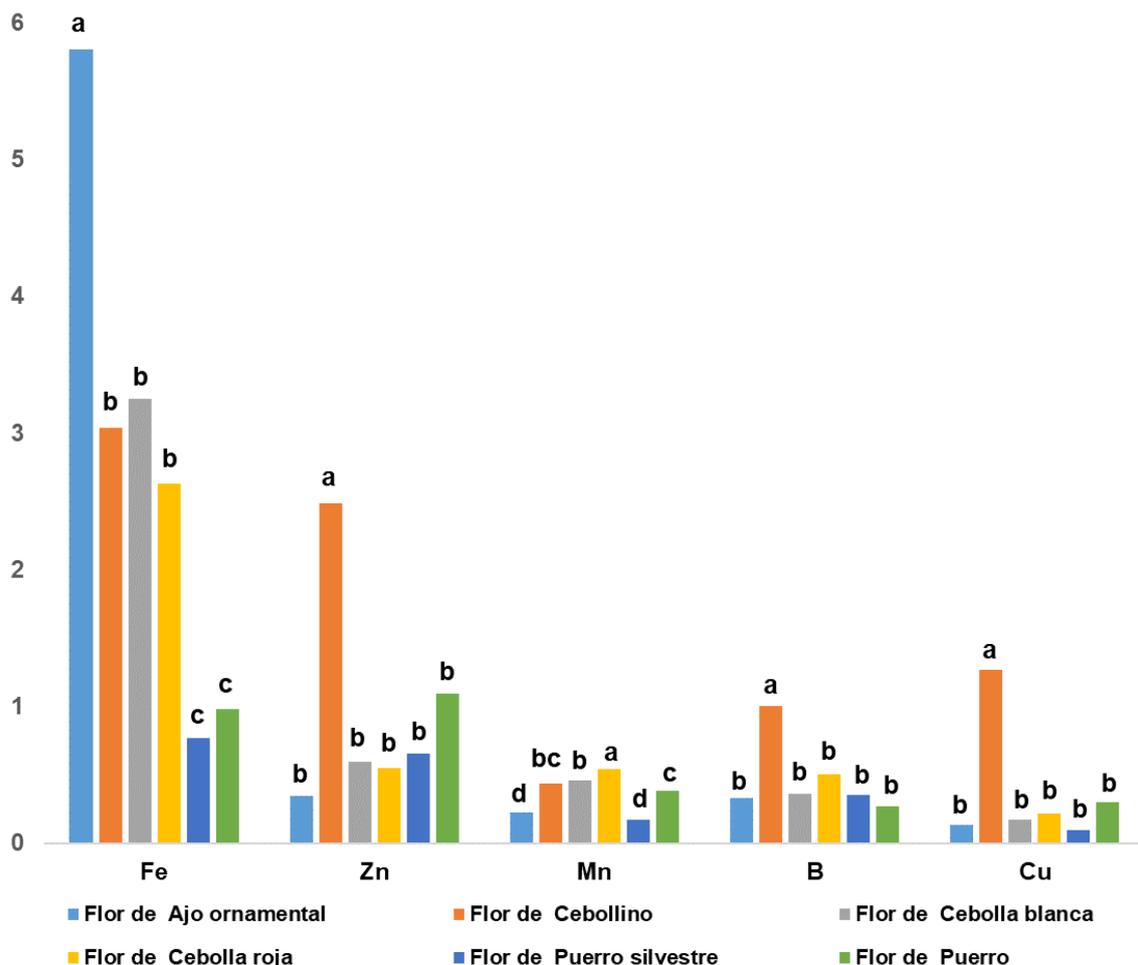


Figura 23. Valores promedio de los contenidos en hierro, zinc, manganeso, boro y cobre ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco) de las flores de *Allium*. Letras diferentes en cada elemento indican diferencias estadísticamente significativas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cobre muestra las concentraciones más bajas de este grupo de microelementos en las flores de *Allium*. Existen diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value}=0.0555$), ya que los contenidos en cobre de las flores de cebollino son significativamente superiores al resto de los contenidos (figura 23), además se trata de un elemento altamente variable en las flores, con valores altos de los coeficientes de variación, especialmente para el caso del cebollino (86.62%). Los valores de las concentraciones de cobre de las flores estudiadas son similares a los mostrados por la bibliografía consultada.

De los metales pesados el plomo es el elemento que se encuentra en mayores concentraciones y se ha detectado en todas las flores estudiadas. Los contenidos encontrados muestran que las diferencias entre tipos de flores (figura 24) no son estadísticamente significativas ($p\text{-value}=0.2158$) y los valores son similares a los encontrados por Bulduk (2020) en flores de habas, y ligeramente inferiores a los resultados de Grzeszczuk *et al.* (2018), para diferentes flores comestibles.

Para el molibdeno si se han encontrado diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value}=0.0000$), ya que los contenidos en las flores de cebollino y de puerro cultivado son significativamente superiores al resto, y las concentraciones de molibdeno para las flores de ajo ornamental muestran concentraciones intermedias y significativamente diferentes al resto, por último, los contenidos en molibdeno de las flores de cebolla blanca y roja y de puerro silvestre no difieren entre sí y son las concentraciones significativamente inferiores al resto (figura 24). Además, se trata de un elemento cuyas concentraciones son estables en las flores, con valores bajos de los coeficientes de variación, excepto para el caso de las flores de cebollino (30.10%). Los valores registrados de molibdeno en el presente estudio son similares a los registrados en la bibliografía encontrada (Rop *et al.*, 2012).

El cromo se ha encontrado en las flores de las seis especies estudiadas en muy bajas concentraciones. Los contenidos en cromo presentan diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value}=0.0000$), siendo las concentraciones de las flores de cebollino significativamente superiores al resto. Además, los niveles en cromo de las flores de ajo ornamental y cebolla blanca son similares entre sí y no difieren de los contenidos en las flores de cebolla roja, pero sí hay diferencias con respecto al resto. Por último, los niveles en cromo de las flores de puerro (silvestre y de cultivo) y los niveles de cromo de las flores de cebolla roja no difieren entre sí (figura 24). Las concentraciones en cromo de las flores estudiadas son inferiores a los mostrados por Bulduk (2020).

El selenio no se ha detectado en las flores de puerro silvestre, y del contraste de contenidos se detecta que las concentraciones son estadísticamente significativas ($p\text{-value}=0.0000$), ya que los contenidos en las flores de cebollino y de puerro cultivado son significativamente superiores al resto, y las concentraciones de selenio para las flores de ajo ornamental muestran concentraciones intermedias y significativamente diferentes al resto, por último, los contenidos en selenio de las flores de cebolla blanca y roja y de puerro silvestre no difieren entre sí y son las concentraciones significativamente inferiores al resto (figura 24). Además, se trata de un elemento cuyas concentraciones son estables en las flores, con valores bajos de los coeficientes de variación, excepto para el caso de las flores de cebollino (30.10%). Los valores registrados de selenio en el presente estudio son similares a los registrados en la bibliografía encontrada (Rop *et al.*, 2012).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

value=0.0000) siendo las flores de cebollino las que presentan concentraciones significativamente altas frente al resto y los contenidos intermedios de las flores de cebolla blanca difieren de los valores del resto de las flores estudiadas (figura 24). El selenio en bajas concentraciones tiene acción antioxidante y es un elemento que se concentra en los bulbos de cebolla en concentraciones de 0.0015 mg por 100 g de parte comestible y en el cebollino crudo en concentraciones de 0.003 mg por cada 100 g frescos de parte comestible (BEDCA, 2013), por lo que las flores de cebollino estudiadas superan estas concentraciones y pueden ser una fuente interesante de este elemento esencial.

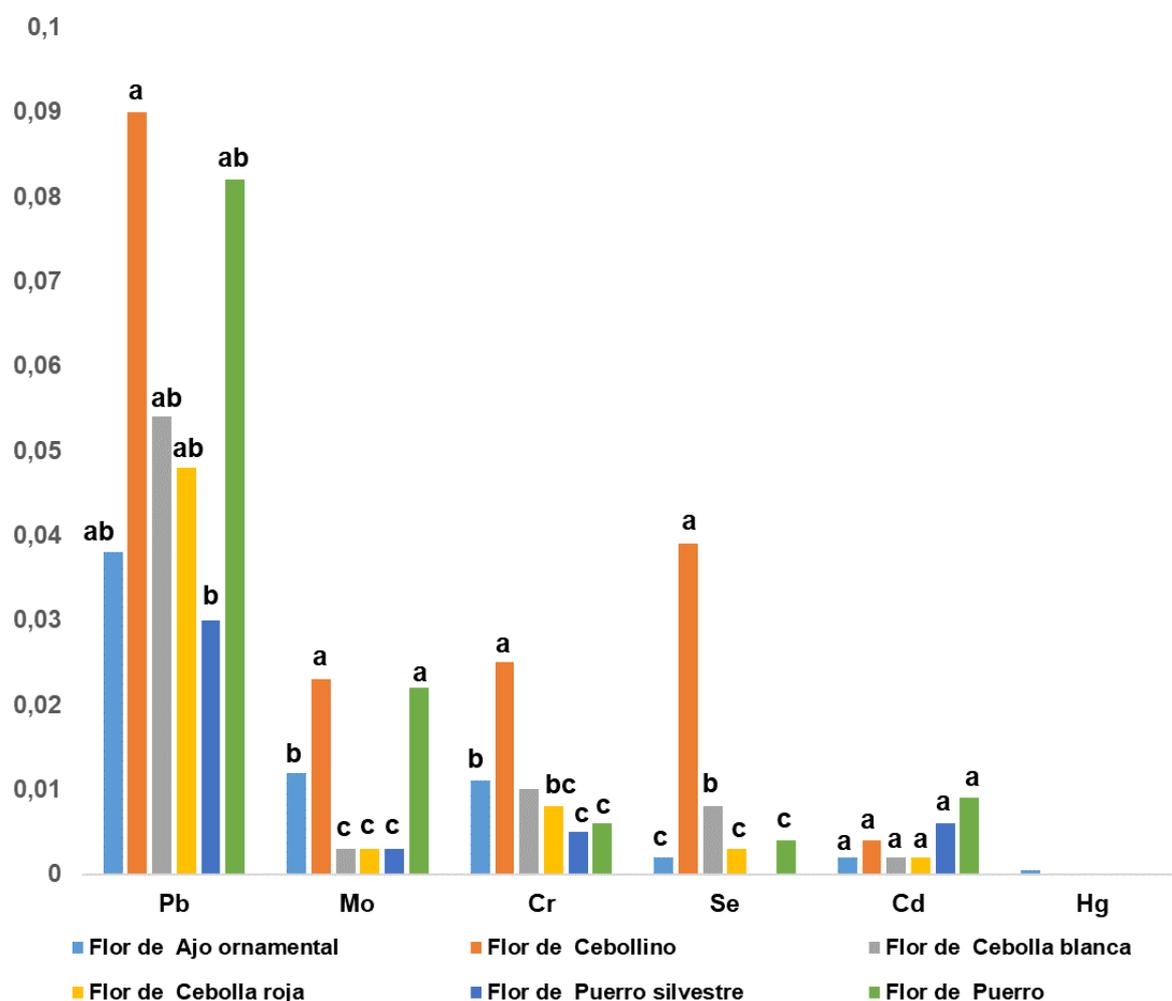


Figura 24. Valores promedio de los contenidos en plomo, molibdeno, cromo, selenio, cadmio y mercurio ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco) de las flores de *Allium*. Letras diferentes en cada elemento indican diferencias estadísticamente significativas.

Las concentraciones de cadmio se han detectado en todos los tipos de flores estudiadas en concentraciones muy bajas. Los valores son ligeramente inferiores a las concentraciones expuestas por Grzeszczuk *et al.* (2018), para diferentes flores

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

comestibles. No existen diferencias estadísticamente significativas (p -value= 0.5290) entre los contenidos de cadmio en las flores estudiadas (figura 24).

Por último, las concentraciones en mercurio en las flores de *Lilium* estudiadas, son las más bajas de todo el estudio de minerales, con valores alrededor de 10^{-3} mg/100 g de flor, pero exclusivamente para el caso de las flores de ajo ornamental, ya que en el resto de las flores no se han encontrado niveles de este metal pesado.

Los oligoelementos (incluyendo algunos de los denominados metales pesados), como, cromo, hierro, cobre, manganeso, zinc, molibdeno y selenio, desempeñan un papel importante en la nutrición de los seres humanos. Sin embargo, dependiendo de la concentración, estos elementos pueden suponer un riesgo para la salud. Incluso niveles bajos de oligoelementos no esenciales, como aluminio, cadmio, arsénico, bario, níquel y plomo, pueden causar toxicidad (Filippini *et al.*, 2018). En cuanto a los microelementos, el hierro se encuentra en los sitios activos de muchas enzimas que participan de los procesos oxidación-reducción (redox) en el organismo y portadores de electrones como la hemoglobina y la mioglobina. El cobre tiene importancia en el sitio activo de muchas enzimas redox y portadores de electrones, la producción de hemoglobina o la formación de huesos. El manganeso activa muchas enzimas. El molibdeno y selenio también se encuentra en algunas enzimas. El cobalto se encuentra en la vitamina B₁₂ y en la formación de glóbulos rojos.

4.1.3. Resultados del potencial en sustancias antioxidantes de las flores de *Allium*

Entre las razones por las que las flores comestibles podrían considerarse alimentos funcionales, con capacidad nutracéutica, es porque contienen algunos compuestos biológicamente activos. A lo largo de la historia, las flores comestibles se han utilizado principalmente por su olor y atractivo visual, pero cada vez más, se están descubriendo la capacidad de las flores como alimentos que son fuentes naturales innovadoras de compuestos bioactivos (Nowicka y Wojdyło, 2019). El interés por las flores comestibles está creciendo y varias especies se han estudiado a fondo para evaluar su potencial antioxidante. Los compuestos fenólicos que se encuentran en las flores son responsables en gran medida de esta actividad antioxidante y además, en parte son responsables del color.

La tabla 13 muestra los resultados del análisis de la varianza para los contenidos en polifenoles totales, expresados como ácido gálico sobre 100 g de flor en base fresca (mg EAG 100 g⁻¹ pf), para las flores de las especies de *Allium* estudiadas, también se muestra la actividad antioxidante, expresada en Trolox equivalente (μ mol Trolox g⁻¹ pf) de las muestras. La tabla incluye el error estándar para cada uno de los resultados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 14 muestra los valores del coeficiente de variación del contenido en polifenoles y de la actividad antioxidante total por tipo de flor, observándose que para el caso de los componentes antioxidantes, los coeficientes de variación son bajos, siendo la flor de puerro cultivado la que presenta mayor variabilidad en estas sustancias antioxidantes.

Tabla 13. Contenido en polifenoles totales y actividad antioxidante de las flores de *Allium*, en base fresca, valor promedio \pm desviación estándar.

| | Flor de liliácea | | | | | |
|---|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | Ajo ornamental | Cebollino | Cebolla blanca | Cebolla roja | Puerro silvestre | Puerro |
| Polifenoles (mg EAG 100 g ⁻¹ pf) | 224.07 \pm 8.59 | 273.27 \pm 20.21 | 432.60 \pm 9.30 | 391.30 \pm 18.81 | 419.80 \pm 52.37 | 515.00 \pm 102.06 |
| Actividad antioxidante (μ mol Trolox g ⁻¹ pf) | 772.62 \pm 63.65 | 700.06 \pm 140.44 | 141.34 \pm 26.04 | 356.61 \pm 30.17 | 546.09 \pm 44.88 | 612.76 \pm 196.14 |

Tabla 14. Coeficiente de variación (%) del contenido en polifenoles totales y actividad antioxidante en las flores de *Allium*.

| | Flor de liliácea | | | | | |
|---|------------------|-----------|----------------|--------------|------------------|--------|
| | Ajo ornamental | Cebollino | Cebolla blanca | Cebolla roja | Puerro silvestre | Puerro |
| Polifenoles (mg EAG 100 g ⁻¹ pf) | 3.83% | 7.40% | 2.15% | 4.81% | 12.48% | 19.82% |
| Actividad antioxidante (μ mol Trolox g ⁻¹ pf) | 8.24% | 20.06% | 18.42% | 8.46% | 8.22% | 32.01% |

El contenido en polifenoles totales oscila entre los 224.07 mg, expresados como ácido gálico por cada 100 g⁻¹ de flores frescas de ajo ornamental y los 515.00 mg que presentan las flores del puerro de cultivo. Las diferencias entre los contenidos son estadísticamente significativas (p -value=0.0001), de forma que los niveles polifenólicos de las flores de puerro de cultivo no difieren de los que contienen las flores de cebolla blanca, pero sí con respecto al resto de los contenidos en polifenoles de las flores de *Allium* estudiadas. Además, los valores en polifenoles totales de las flores de cebolla (blanca y roja) y de puerro silvestre no difieren entre sí, y los contenidos en polifenoles totales de las flores de ajo ornamental y de cebollino no difieren entre sí, pero difieren estadísticamente con los valores del resto (figura 25).

Los niveles en polifenoles encontrados en las flores de *Allium* son similares a los reseñados en la bibliografía consultada (Grzeszczuk *et al.*, 2016) donde los contenidos pueden variar entre los 100.87 mg para las flores comestibles de begonia hasta los 1362 mg de las flores de los tagetes. Otros autores (Paiva *et al.*, 2021) encuentran valores similares a los de las flores de *Allium* del presente estudio para las flores de camelia. También el estudio de Chensom *et al.* (2019) evalúa el contenido polifenólico oscilando

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

los valores entre 147 mg EAG 100 g⁻¹ pf para la flor de la petunia hasta los 1308 mg EAG 100 g⁻¹ pf de las flores de Cosmos amarillo. La alta diversidad existente en las flores y la variabilidad en pigmentos son los responsables de esta alta pluralidad en los resultados.

La actividad antioxidante total en las flores de *Allium* estudiadas oscila entre los 141.34 μmol Trolox por cada g de flor fresca de cebolla blanca y los 772.62 μmol Trolox por cada g de flor fresca de ajo ornamental. Las diferencias entre la actividad antioxidante de las diferentes flores son estadísticamente significativas (p-value=0.0001), siendo los valores para las flores del ajo ornamental y del cebollino, similares entre sí y diferentes a la actividad antioxidante de las flores de cebolla (blanca y roja). Además, los valores de las flores de puerro (silvestre y de cultivo) difieren de los contenidos de las flores de cebolla (figura 25). Los valores de la actividad antioxidante encontrados en la bibliografía consultada (Grzeszczuk *et al.*, 2016) muestran variabilidad entre los valores de este parámetro en las flores comestibles, encontrándose las concentraciones de las flores del presente estudio entre los rangos de variabilidad existente (Zhou *et al.*, 2011; Chensom *et al.*, 2019).

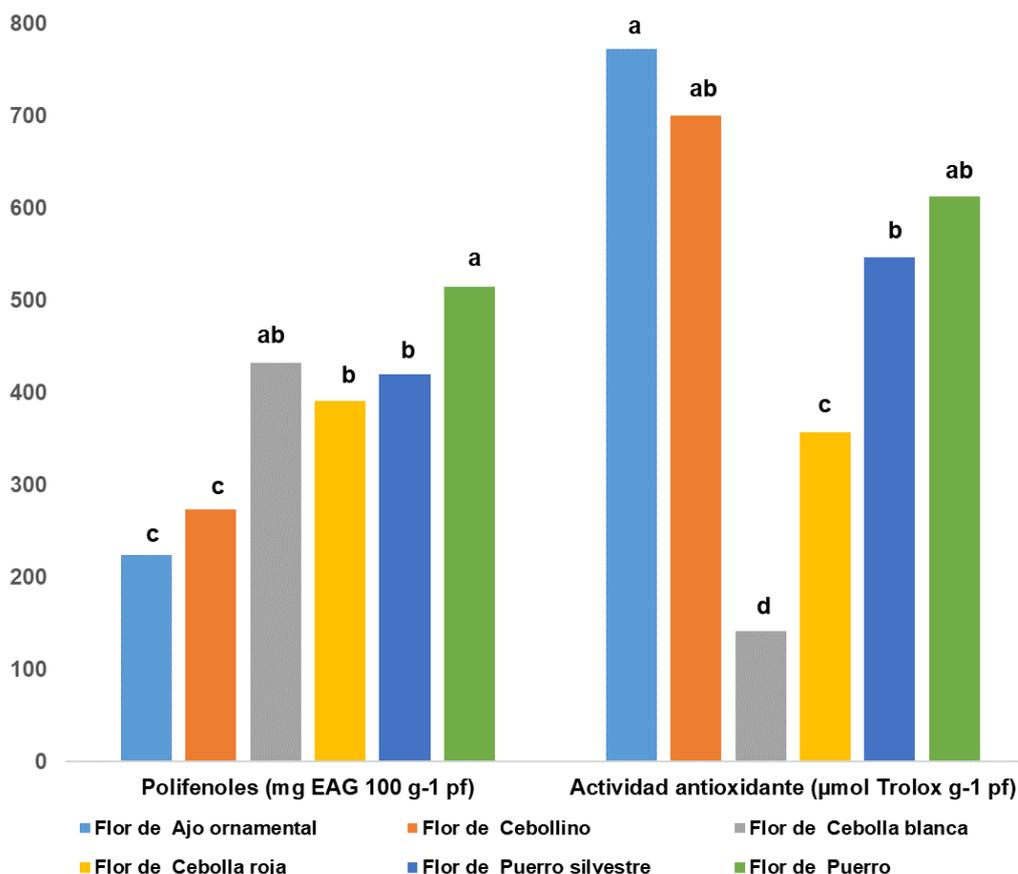


Figura 25. Contenido en polifenoles totales y actividad antioxidante de las flores de *Allium*. Letras diferentes en cada elemento indican diferencias estadísticamente significativas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo muestran una relación que no es significativa (p -value= 0.0928) negativa entre los contenidos en polifenoles totales y la actividad antioxidante:

$$\text{Actividad antioxidante} = 854.803 - 0.886217 * \text{Polifenoles totales}$$

Este modelo de relación negativa sólo explica el 16.64% de la variabilidad de la actividad antioxidante de las flores estudiadas, por lo que existen otros parámetros de la composición, además de los polifenoles totales, que contribuyen con mayor fuerza a la variabilidad de la actividad antioxidante.

Las relaciones negativas entre el contenido polifenólico y la actividad antioxidante han sido reportado por otros autores (Leja *et al.*, 2007; Mărghitaş *et al.*, 2009) en polen recolectados de flores y en estudios de una amplia colección de flores comestibles (Marchioni *et al.*, 2020).

La captación de radicales libres de los compuestos fenólicos es una propiedad importante que subyace a sus diversas actividades biológicas y farmacológicas (Karou *et al.*, 2005). Algunos autores han observado relaciones positivas entre el contenido en polifenoles y la actividad antioxidante, incluso en trabajos realizados con flores (Paiva *et al.*, 2021). Estas relaciones positivas indicarían que los polifenoles totales son los principales compuestos que contribuyen a la actividad antioxidante, principalmente debido a los flavonoides.

Se sabe que solo los flavonoides de cierta estructura y, en particular, la posición de hidroxilo en la molécula, determinan las propiedades antioxidantes. En general, estas propiedades dependen de la capacidad de donar hidrógeno o electrón a un radical libre, lo que requiere de un estudio pormenorizado de la composición fenólica de las flores de *Allium* para la evaluación completa de los compuestos individuales que exhiben actividad antioxidante. Además, las propiedades oxidación-reducción de los compuestos polifenólicos, especialmente los flavonoides, juegan un papel importante en la absorción y neutralización de los radicales libres (Karou *et al.*, 2005).

Por otro lado, diferentes antioxidantes responden de manera diferente en los métodos de medición que involucran condiciones de reacción específicas y mecanismos de acción. Un compuesto polifenólico específico, o una asociación de ellos, puede tener diferentes acciones como antioxidantes contra varios radicales libres.

La determinación del contenido en polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu utilizado en este estudio se basa básicamente en una reacción de transferencia de electrones, lo que explica en parte la correlación generalmente encontrada entre el contenido fenólico total y la actividad antioxidante, pero no aporta una idea completa de la naturaleza de los componentes fenólicos en los extractos (García-Pérez *et al.*, 2008).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estas teorías podrían explicar que la actividad antioxidante no esté estrictamente correlacionada positivamente con las cantidades de compuestos fenólicos, posiblemente porque además de los polifenoles, pueden existir otros agentes quelantes eficaces, que también pueden contribuir a la actividad antioxidante.

La actividad antioxidante de las flores estudiadas muestra una relación positiva, aunque no significativa, con el contenido en zinc (actividad antioxidante= $425.91+100.296 \cdot \text{Zn}$), de forma que la concentración en zinc es capaz de explicar el 14.58% de la variabilidad de la actividad antioxidante de las flores. Las propiedades antioxidantes del zinc y sus efectos en los humanos han sido estudiadas por diferentes autores (Powell, 2000; Prasad *et al.*, 2004), y sus propiedades podrían explicar la contribución a la actividad antioxidante de las flores de *Allium* estudiadas.

También el molibdeno presenta una relación positiva con la actividad antioxidante, es decir que a medida que aumenta la concentración en molibdeno se incrementa la capacidad antioxidante de las flores estudiadas. El modelo resultante es estadísticamente significativo (p-value= 0.0055), estando relacionados a través de la ecuación: Actividad antioxidante = $350.563 + 15369 \cdot \text{Molibdeno}$

Este modelo explica el 39.17% de la variabilidad de la actividad antioxidante de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.62586$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 26). En la misma línea que el zinc, el molibdeno ha sido estudiado en relación a su potencial antioxidante (Terpilowska y Siwicki, 2019).

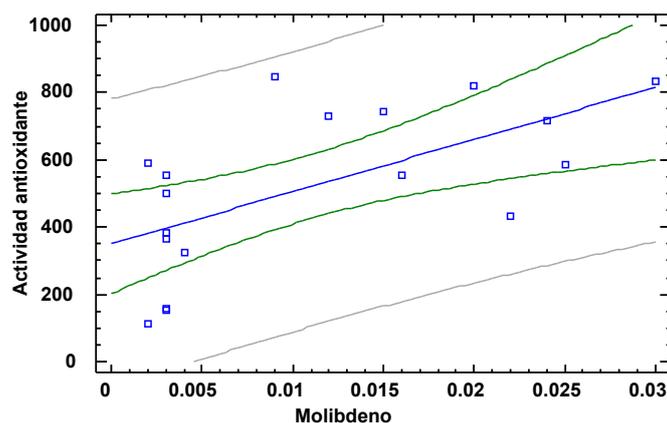


Figura 26. Modelo de regresión lineal entre la actividad antioxidante total y la concentración en molibdeno de las flores de *Allium*.

Del resto de elementos minerales, que se han encontrado relaciones estadísticamente significativas, con la actividad antioxidante y polifenoles de las flores de *Allium* estudiadas, la relación ha sido negativa, en todos los casos, es decir que a medida que aumenta la concentración mineral, la actividad antioxidante de las flores disminuye. Estas

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

relaciones se han encontrado con la concentración en fósforo, en sodio, magnesio y en manganeso, para la actividad antioxidante y con el hierro para el contenido en polifenoles totales (tabla 15).

Tabla 15. Relaciones significativas entre la actividad antioxidante (AOT) y polifenoles totales (EAG) y los elementos minerales en las flores de *Allium*.

| Relación | Coefficiente de correlación (r^2) | Ecuación | Nivel de explicación | p-value |
|---------------|---------------------------------------|------------------------|----------------------|---------|
| AOT versus P | -0.612105 | AOT=718.889-1.01696*P | 37.47% | 0.0069 |
| AOT versus Na | -0.751564 | AOT=819.516-25.3687*Na | 56.48% | 0.0003 |
| AOT versus Mg | -0.60128 | AOT=1020.84-10.606*Mg | 36.15% | 0.0083 |
| AOT versus Mn | -0.48579 | AOT=828.886-832.053*Mn | 25.60% | 0.0410 |
| EAG versus Fe | -0.70575 | EAG=492.265-42.3085*Fe | 49.81% | 0.0011 |

La relación más fuerte ($r^2=0.751564$) se produce con el sodio, de forma que la acumulación de sodio en las flores no favorece la concentración de sustancias de carácter antioxidante, disminuyendo la actividad antioxidante de las flores.

En un estudio para conocer la evolución de la actividad antioxidante de cuatro tipos de sopas elaboradas industrialmente se encontró, que el porcentaje de pérdida de la actividad antioxidante, aumenta a medida que aumenta la concentración de sal en el alimento (Martínez-Tomé *et al.*, 2015). Pero no se han encontrado, en la bibliografía consultada, otros efectos antagónicos del sodio sobre la actividad antioxidante de las flores, ni de otros alimentos frescos.

4.2. Relaciones entre variables de los macronutrientes y minerales

Además de las relaciones entre variables ya mostradas que permiten explicar algunos de los resultados descriptivos, en este apartado se van a estudiar las posibles relaciones simples entre los parámetros estudiados que han obtenido mayor grado de correlación y cuyos resultados son estadísticamente significativos (al 95% de confianza). Se van a considerar principalmente las relaciones que alcancen un coeficiente de relación cercano o superior al valor de 0.2, por considerarse de mayor fuerza estadística. En la misma línea sólo se estudiarán las relaciones entre parámetros que sean independientes entre sí.

El estudio de las relaciones entre los parámetros estudiados en las flores de *Allium* se ha llevado a cabo con el principal objetivo de establecer en qué medida se cuantifican las relaciones simples entre los diferentes parámetros. Para ello se ha planteado el estudio entre pares de parámetros, evaluando exclusivamente relaciones lineales entre pares y contemplando la totalidad de las muestras. Se ha obtenido la matriz de relaciones de *Pearson* (figura 27) que ha permitido visualizar las relaciones con potencialidad de ser

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

significativas y posteriormente se ha realizado el estudio individual entre cada par de variables.

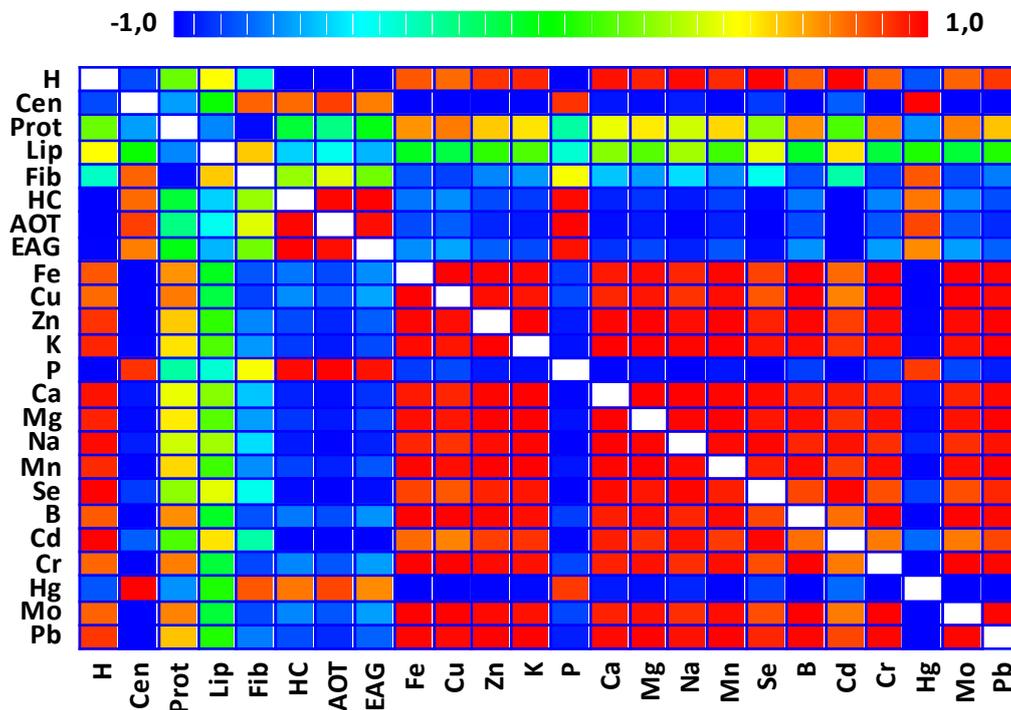


Figura 27. Matriz de correlaciones de Pearson.

Se observa que las relaciones positivas más fuertes (próximas al valor de +1 y de color rojo) se producen entre los elementos minerales, dando lugar a las posibles sinergias entre ellos. También existen relaciones fuertes entre algunos parámetros y el contenido en humedad de las flores. Las relaciones negativas más fuertes se producen con el contenido en hidratos de carbono, la actividad antioxidante y el contenido en polifenoles totales, principalmente con los elementos minerales, excepto con el fósforo.

Es importante conocer las relaciones entre parámetros, ya que la interacción puede afectar a los principales grupos de nutrientes: proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales, informando de las posibles ayudas en la absorción y acumulación de los nutrientes en las flores y de las posibles interacciones en la biodisponibilidad de los elementos de forma cruzada.

4.2.1. Relaciones afines a la humedad de las flores de *Allium*

Se han estudiado ya la relación negativa entre el contenido de humedad y el valor calórico que presentan las flores de *Allium*, donde lógicamente a medida que aumenta el contenido en agua de las flores disminuye su valor energético y las relaciones positivas entre materia seca con la fibra y la grasa, lo que evidencia una relación lógica en la que

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a medida que aumenta el contenido en materia seca, es decir disminuye la humedad de las flores, aumentan los contenidos en fibra y grasa.

Continuando con las relaciones existentes con el contenido en humedad, se ha encontrado que éste presenta una relación negativa con la concentración en hidratos de carbono; lógicamente a medida que aumenta el contenido en agua de las flores va a disminuir el de macronutrientes y en concreto el de hidratos de carbono. El modelo resultante es estadísticamente significativo (p -value= 0.0000), estando relacionados a través de la ecuación: $\text{Humedad} = 91.73 - 0.97 \cdot \text{Hidratos de carbono}$

Y explica el 63.99% de la variabilidad de la humedad de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2 = -0.799926$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 28).

La siguiente relación significativa (p -value= 0.0001) encontrada en relación al contenido en humedad se establece con la concentración en calcio. El modelo resultante es positivo, estando relacionados a través de la ecuación: $\text{Humedad} = 74.07 + 0.0778957 \cdot \text{Ca}$

Y explica el 61.86% de la variabilidad de la humedad de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2 = 0.786508$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 28).

El calcio es un elemento muy importante en las relaciones hídricas de la planta ya que regula la apertura y cierre de los estomas y determina la permeabilidad de la membrana celular (Bonomelli y Ruiz, 2010). Los fenómenos bioquímicos que se desarrollan pueden justificar la fuerte relación entre ambos parámetros porque en las plantas la absorción del calcio se hace a través de los ápices de las raíces vía xilema y el movimiento ocurre junto con el agua.

Con menor incidencia, la humedad de las flores de *Allium* también presenta una relación positiva con el contenido en hierro. El modelo resultante es estadísticamente significativo (p -value=0.0186), estando relacionados a través de la ecuación: $\text{Humedad} = 79.1404 - 1.00226 \cdot \text{Fe}$

Y explica el 30.00% de la variabilidad de la humedad de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2 = 0.547694$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 28).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

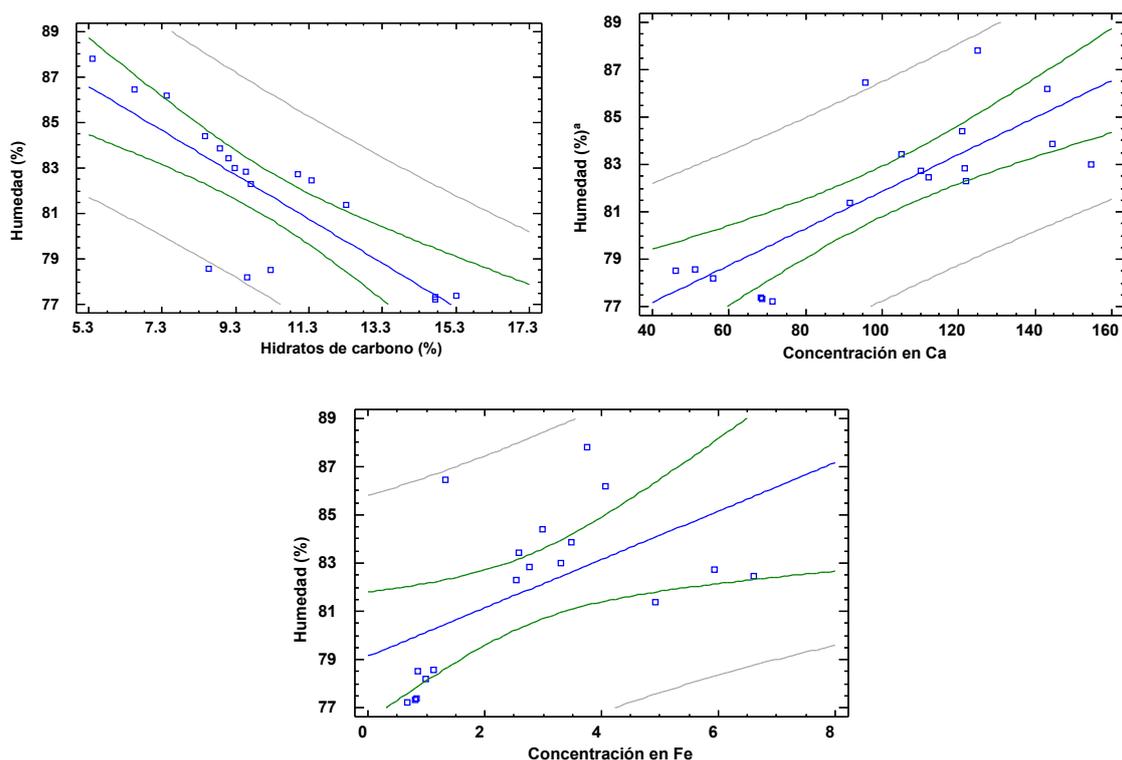


Figura 28. Modelo de regresión lineal entre la humedad y el contenido en hidratos de carbono (izquierda), la concentración en calcio (derecha) y la concentración en hierro (bajo) en las flores de *Allium*.

La absorción y transporte del hierro desde el suelo a las flores están envueltos en complejos mecanismos de oxidación-reducción, donde el agua un papel en los procesos de regulación y movilidad (Stephan, 2002) lo que puede justificar esta estrecha relación entre ambos parámetros.

4.2.2. Relaciones afines a la proteína de las flores de *Allium*

Las proteínas son las biomoléculas más versátiles y diversas de la célula. Están presentes en todos los procesos biológicos, poniendo en evidencia la capacidad que tienen para desarrollar un amplio número de funciones. Las flores están compuestas por un gran número de péptidos bioactivos provenientes de las proteínas funcionales, capaces de ejercer efectos en el sistema inmune, cardiovascular o el tracto gastrointestinal (Kaneko, 2021), por ello las relaciones sinérgicas o antagónicas con otros componentes pueden ser interesantes para comprender su concentración.

Existe una relación directa entre la concentración en proteína y la grasa de las flores de *Allium* estudiadas. El modelo resultante es estadísticamente significativo (p -value=0.0016), estando relacionados a través de la ecuación: $\text{Proteína} = 3.08848 + 2.69686 \cdot \text{Grasa}$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este modelo permite explicar el 47.21% de la variabilidad de la concentración en proteína de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.687096$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 29). Existe poca información respecto a las relaciones entre componente de las flores, pero Adeoye *et al.* (2020) encuentran en el polen de flores de girasol mayor contenido en grasa a medida que se incrementan los contenidos en proteína.

Otra relación positiva se establece entre el contenido en proteína y el contenido polifenólico de las flores. El modelo resultante es estadísticamente significativo ($p\text{-value}=0.0001$), estando relacionados a través de la ecuación: Proteína = $0.527351 + 0.00990761 \cdot \text{Polifenoles}$

Este modelo permite explicar el 64.98% de la variabilidad de la concentración en proteína de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.806081$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 29). Las proteínas son un objetivo importante para la modificación oxidativa debido a su abundancia en los sistemas biológicos y a las altas constantes de velocidad para las reacciones con muchas especies reactivas de oxígeno (Davies, 2016). Se han propuesto numerosos mecanismos por los cuales los polifenoles podrían regular la homeostasis redox en las células vivas, proteger los constituyentes celulares contra el daño oxidativo que van desde la eliminación directa de especies reactivas de oxígeno hasta el papel de los polifenoles como moléculas de señalización capaces de para estimular el sistema antioxidante endógeno (Tresserra-Rimbau *et al.*, 2018). Aunque la relación entre los componentes químicos y los compuestos fenólicos en las plantas es compleja, algunos autores han evidenciado que la biosíntesis de compuestos fenólicos se deriva de algunas proteínas (Maisuthisakul *et al.*, 2008).

Se han encontrado dos relaciones significativas entre la concentración en proteína y los elementos minerales, en concreto con el hierro y el cobre. La relación con el cobre es sinérgica, es decir cuando la concentración en proteína se incrementa también lo hace el cobre y en cambio con el hierro es antagónica, disminuyendo la concentración en proteína cuando se incrementan las concentraciones en hierro. El modelo resultante con el cobre ($p\text{-value}=0.0248$) presenta la ecuación: Proteína = $2.71842 + 7.70335 \cdot \text{Cobre}$

Este modelo permite explicar el 27.71% de la variabilidad de la concentración en proteína de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.526432$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 29).

El modelo resultante con el hierro ($p\text{-value}=0.0000$) presenta la ecuación: Proteína = $5.90243 - 0.600373 \cdot \text{Hierro}$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este modelo ajustado permite explicar el 66.39% de la variabilidad de la concentración en proteína de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.8148$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 29). Son muchos los mecanismos y factores que pueden influir en estas relaciones, pero posiblemente una respuesta sea que algunas de las proteínas de las flores regulan un gran número de respuestas fisiológicas y de desarrollo, una de las cuales es la respuesta a la deficiencia de hierro (Chen *et al.*, 2021).

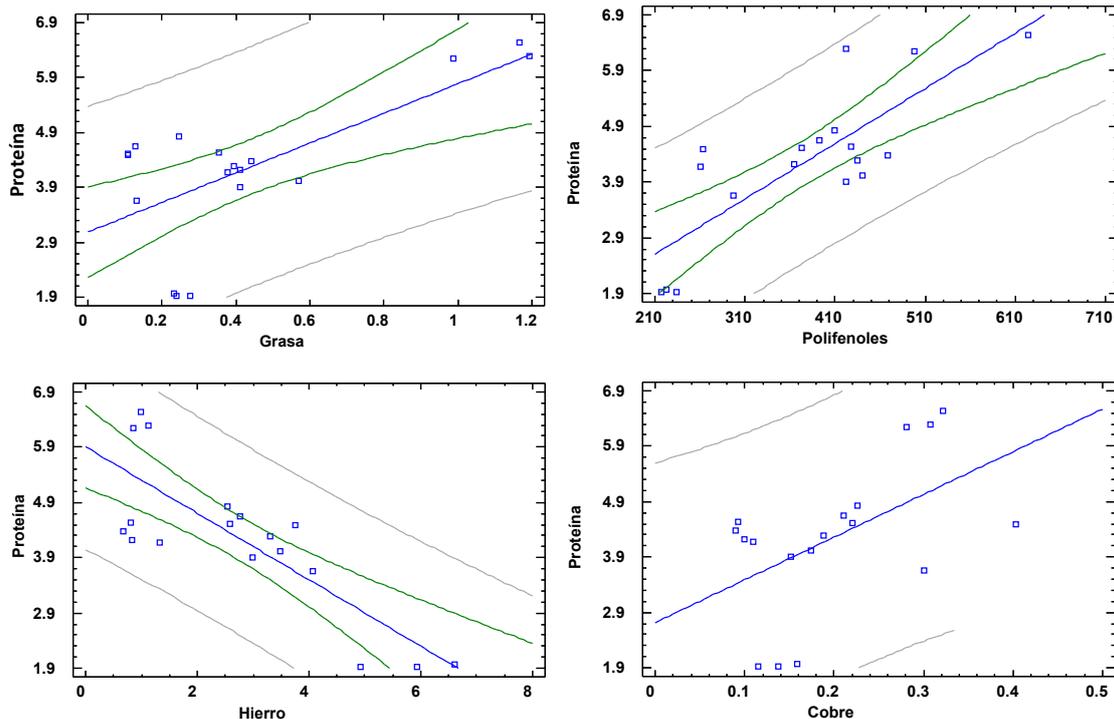


Figura 29. Modelo de regresión lineal entre la proteína y el contenido en grasa (arriba izquierda), la concentración en polifenoles (arriba derecha), la concentración en hierro (bajo izquierda) y la concentración en cobre (bajo derecha) en las flores de *Allium*.

4.2.3. Relaciones afines a la grasa de las flores de *Allium*

Las grasas de las flores cumplen con algunas funciones estructurales o el mantenimiento de las membranas celulares. Aunque la concentración de grasa en las flores de *Allium* estudiadas es muy baja, desde el punto de vista alimentario, las grasas presentes en estas flores le proporcionan palatabilidad y mejoran el sabor.

En la misma línea de lo encontrado para la proteína, la grasa muestra una relación estadísticamente significativa y positiva ($p\text{-value}=0.0021$) con el contenido en polifenoles totales y significativa pero negativa con la concentración en hierro ($p\text{-value}=0.0243$). El modelo ajustado entre el contenido en grasa y polifenoles está relacionado a través de la ecuación: $\text{Grasa} = -0.3683367 + 0.00211447 \cdot \text{Polifenoles}$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este modelo permite explicar el 45.59% de la variabilidad de la concentración en grasa de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.675228$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 30).

Los fenoles insolubles se encuentran en las paredes celulares, mientras que los fenoles solubles están presentes dentro de las vacuolas de las células vegetales (Randhir y Shetty, 2005; Bengoechea *et al.*, 1997). La relación positiva puede ser debida a que los polifenoles mayoritarios presentes en las flores sean de tipo insoluble, es decir, mayormente presentes en las paredes celulares.

El modelo ajustado entre el contenido en grasa y la concentración en hierro de las flores está relacionado a través de la ecuación: $\text{Grasa} = 0.704089 - 0.0991326 \cdot \text{Hierro}$

Este modelo permite explicar el 27.88% de la variabilidad de la concentración en grasa de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2=0.528068$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 30). A pesar de la complejidad para encontrar posibles mecanismos que evidencien los resultados, las reacciones redox podrían ser la causa de las relaciones entre estos parámetros (Spiteller, 2005).

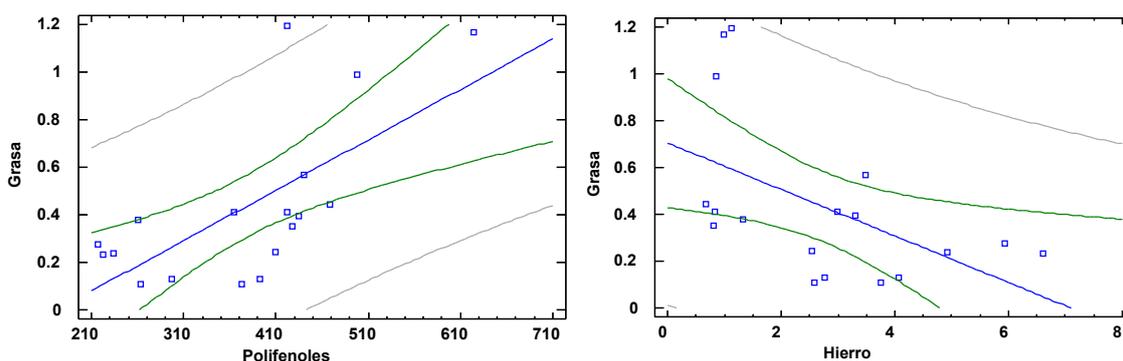


Figura 30. Modelo de regresión lineal entre el contenido en grasa y el contenido en polifenoles (izquierda) y la concentración en hierro (derecha) en las flores de *Allium*.

4.2.4. Relaciones afines a la fibra e hidratos de carbono de las flores de *Allium*

La fibra presente en la parte comestible de las flores incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina, almidón resistente, inulina y sustancias de naturaleza química hidrocarbonada, razón por la cual se evalúa junto con los hidratos de carbono. El estudio de Jakubczyk *et al.* (2022) pone en valor los altos niveles tanto de fibra dietética total como de su fracción insoluble en flores comestibles de la familia Asteraceae, especialmente en las plantas las herbáceas.

En este estudio se ha encontrado que la concentración en fibra contribuye positivamente en el incremento de la actividad antioxidante de las flores, aunque la relación no es estadísticamente significativa ($p\text{-value}=0.0806$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existen dos relaciones estadísticamente significativas relacionadas con las concentraciones en fibra, concernientes con dos elementos minerales, el calcio (p-value=0.0008) y el manganeso (p-value=0.0499). Las dos relaciones son negativas, es decir que a medida que se incrementa la concentración en estos minerales, disminuye el contenido en fibra.

El modelo ajustado entre el contenido en fibra y la concentración en calcio de las flores está relacionado a través de la ecuación: $\text{Fibra} = 3.97597 - 0.0173742 \cdot \text{Calcio}$

Este modelo permite explicar el 51.48% de la variabilidad del contenido en fibra de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2 = -0.7175$, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables (figura 31). Y para la relación entre el contenido en fibra y la concentración en manganeso de las flores, la ecuación resultante se ajusta a través de: $\text{Fibra} = 3.24934 - 2.75694 \cdot \text{Manganeso}$

Este modelo permite explicar el 21.95% de la variabilidad del contenido en fibra de las flores estudiadas, con un coeficiente de correlación $r^2 = -0.468512$, indicando una relación débil entre ambas variables (figura 31).

A nivel metabólico Murray *et al.* (2000) indican que ciertos tipos de fibra dietética, pueden interferir con la absorción de calcio al disminuir el tiempo de tránsito, lo que limita la cantidad de tiempo durante la digestión para que se absorba el calcio. Es posible que estos antagonismos puedan producirse a otros niveles en la vida vegetal, y en concreto en la acumulación de estos nutrientes en las flores.

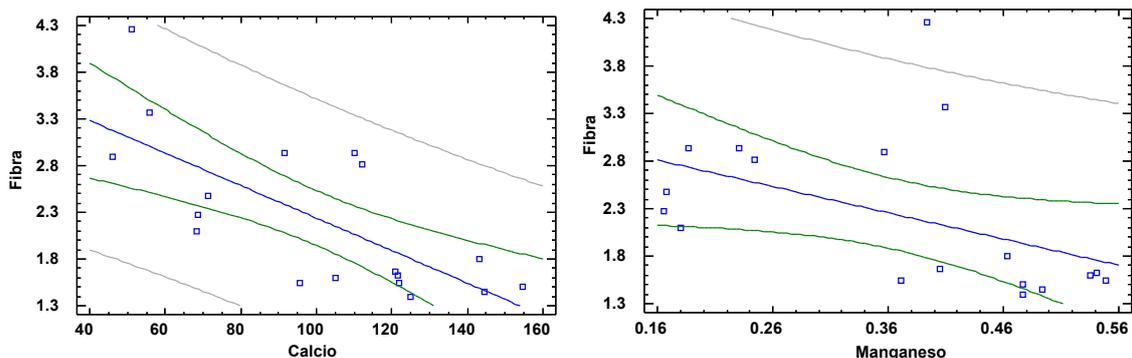


Figura 31. Modelo de regresión lineal entre el contenido en fibra y el contenido en calcio (izquierda) y la concentración en manganeso (derecha) en las flores de *Allium*.

El contenido en hidratos de carbono ha presentado relaciones estadísticamente significativas y en todos los casos negativas con muchos de los elementos minerales del contenido de las flores de *Allium* (tabla 16).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 16. Relaciones significativas entre el contenido en hidratos de carbono (HC) y los elementos minerales en las flores de *Allium*.

| Relación | Coefficiente de correlación (r ²) | Ecuación | Nivel de explicación | p-value |
|--------------|---|-----------------------|----------------------|---------|
| HC versus Cu | -0.66734 | HC=14.1055-19.9717*Cu | 44.53% | 0.0025 |
| HC versus Zn | -0.498682 | HC=11.5734-1.51546*Zn | 24.87% | 0.0352 |
| HC versus K | -0.666955 | HC=13.338-0.0271999*K | 44.48% | 0.0025 |
| HC versus Mg | -0.610539 | HC=15.994-0.124619*Mg | 37.27% | 0.0071 |
| HC versus Mn | -0.772628 | HC=15.7835-15.3133*Mn | 59.69% | 0.0002 |
| HC versus Se | -0.741561 | HC=10.5808-95.5944*Se | 54.99% | 0.0141 |
| HC versus B | -0.569319 | HC=12.6857-5.445*B | 32.41% | 0.0137 |
| HC versus Cr | -0.694718 | HC=13.1319-275.892*Cr | 48.26% | 0.0014 |
| HC versus Mo | -0.504529 | HC=11.7231-144.299*Mo | 25.45% | 0.0327 |
| HC versus Pb | -0.488692 | HC=12.3096-38.3904*Pb | 23.88% | 0.0396 |

Se observa que la relación más fuerte se produce con el manganeso, que también influye negativamente para el contenido en fibra, es decir que la concentración en manganeso tiene una repercusión importante para que no se produzca la síntesis de moléculas de hidratos de carbono. El plomo es, del total de elementos minerales estudiados, el que menos influye en la disminución del contenido en hidratos de carbono.

Una posible relación a esta disminución significativa podría estar en el hecho de la determinación del contenido de hidratos de carbono, ya que, al ser una fórmula por diferencia, a mayor contenido mineral, menor contenido en hidratos de carbono. Aunque en la fórmula general los minerales que contabilizan como las cenizas, y en estos modelos se evalúa el efecto individual de cada elemento. Aunque evidentemente cada elemento individual contabiliza en el total.

4.2.5. Relaciones afines entre los elementos minerales de las flores de *Allium*

Las relaciones entre minerales permiten conocer sus interacciones, es decir, el impacto de un determinado mineral sobre la absorción, concentración y posterior biodisponibilidad frente a otros. La biodisponibilidad de los nutrientes incluye dos componentes importantes, la absorción y la utilización. Las interacciones entre los minerales pueden incluso aportar información sobre posibles toxicidades que se producen con la sinergia (Adamczyk-Szabela, *et al.*, 2020). Cuando se producen efectos antagónicos, en muchas ocasiones en porque los elementos minerales presentan similar tamaño y compiten entre sí por la absorción.

Las relaciones de los macroelementos entre sí ya han sido estudiadas. En este apartado se van a estudiar las relaciones que han sido estadísticamente significativas entre los macroelementos y los micro y metales pesados y entre estos últimos. Estas relaciones

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

entre los contenidos de los elementos minerales de las flores de *Allium* se presentan en la tabla 17.

Todas las relaciones estudiadas entre elementos minerales que han tenido nivel de significación estadística (95%) han sido relaciones positivas. Aparece la relación negativa entre el sodio y molibdeno, aunque estadísticamente no es significativa (p -value=0.0585), pero es la única relación negativa que ha estado próxima a la significación estadística.

Tabla 17. Relaciones significativas entre el contenido entre los elementos minerales en las flores de *Allium*.

| Relación | Coefficiente de correlación (r^2) | Ecuación | Nivel de explicación | p-value |
|--------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------|
| Fe versus Ca | 0.625753 | $Fe = -0.653272 + 0.0338665 * Ca$ | 39.16% | 0.0055 |
| Cu versus Zn | 0.662196 | $Cu = 0.135025 + 0.0672418 * Zn$ | 43.85% | 0.0028 |
| Cu versus K | 0.484573 | $Cu = 0.121233 + 0.000660331 * K$ | 23.48% | 0.0416 |
| Cu versus Mg | 0.518565 | $Cu = 0.0326796 + 0.00353676 * Mg$ | 26.89% | 0.0275 |
| Cu versus B | 0.527711 | $Cu = 0.119941 + 0.168644 * B$ | 59.69% | 0.0052 |
| Cu versus Mo | 0.705269 | $Cu = 0.124651 + 6.74009 * Mo$ | 49.74% | 0.0141 |
| Cu versus Pb | 0.753175 | $Cu = 0.0868049 + 1.97704 * Pb$ | 56.73% | 0.0003 |
| Zn versus K | 0.862451 | $Zn = -0.41211 + 0.011574 * K$ | 74.38% | 0.0000 |
| Zn versus Se | 0.946496 | $Zn = 0.236029 + 87.9213 * Se$ | 89.58% | 0.0000 |
| Zn versus Cr | 0.684368 | $Zn = -0.0199397 + 89.4332 * Cr$ | 46.84% | 0.0017 |
| Zn versus Mo | 0.721836 | $Zn = 0.202824 + 67.9356 * Mo$ | 52.10% | 0.0007 |
| Zn versus Pb | 0.76666 | $Zn = -0.17246 + 19.8185 * Pb$ | 58.78% | 0.0002 |
| K versus B | 0.874881 | $K = 21.6368 + 205.173 * B$ | 76.54% | 0.0000 |
| K versus Se | 0.953194 | $K = 65.3942 + 5831.04 * Se$ | 90.86% | 0.0000 |
| K versus Cr | 0.839878 | $K = 28.9676 + 8178.52 * Cr$ | 70.54% | 0.0000 |
| K versus Mo | 0.562788 | $K = 74.3878 + 3946.87 * Mo$ | 31.67% | 0.0150 |
| K versus Pb | 0.579029 | $K = 54.6327 + 1115.36 * Pb$ | 33.53% | 0.0118 |
| P versus Mn | 0.709663 | $P = -76.1879 + 731.603 * Mn$ | 50.36% | 0.0010 |
| Ca versus Mn | 0.528236 | $Ca = 53.0173 + 128.369 * Mn$ | 27.90% | 0.0242 |
| Ca versus B | 0.486427 | $Ca = 73.6312 + 57.0421 * B$ | 23.66% | 0.0407 |
| Ca versus Cr | 0.494492 | $Ca = 74.2098 + 2407.82 * Cr$ | 24.45% | 0.0370 |
| Mg versus Mn | 0.788716 | $Mg = 18.7877 + 76.5857 * Mn$ | 62.21% | 0.0001 |
| Na versus Mn | 0.567782 | $Na = 1.1035 + 28.8106 * Mn$ | 32.24% | 0.0140 |
| Na versus Mo | -0.453903 | $Na = 15.4187 - 332.365 * Mo$ | 20.60% | 0.0585 |
| Se versus B | 0.932446 | $Se = -0.00838736 + 0.0378898 * B$ | 86.94% | 0.001 |
| Se versus Pb | 0.681413 | $Se = -0.00409274 + 0.183457 * Pb$ | 46.45% | 0.0300 |
| B versus Cr | 0.864257 | $B = 0.0790147 + 35.8864 * Cr$ | 74.69% | 0.0000 |
| B versus Pb | 0.558384 | $B = 0.209114 + 4.58646 * Pb$ | 31.18% | 0.0160 |
| Cd versus Pb | 0.674231 | $Cd = -0.00186872 + 0.100329 * Pb$ | 45.46% | 0.0022 |
| Cr versus Mo | 0.516053 | $Cr = 0.00678 + 0.371658 * Mo$ | 26.63% | 0.0284 |
| Mo versus Pb | 0.70817 | $Mo = 7.96074E^{-7} + 0.194512 * Pb$ | 50.15% | 0.0010 |

Se observa que las relaciones entre parámetros más fuertes se producen teniendo como elemento al zinc o al potasio. En concreto la relación entre el zinc y el selenio presenta un coeficiente de correlación $r^2=0.9465$ y el modelo ajustado que resulta de las dos variables es capaz de explicar el 89.58% de la variabilidad del zinc. También el potasio

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

frente al selenio presenta una alta correlación ($r^2=0.9532$) y la ecuación estadísticamente significativa resultante es capaz de explicar el 90.86% de la variabilidad del potasio.

El zinc forma parte de algunas enzimas, es agente antioxidante y permitir un crecimiento normal. Según Tomar *et al.* (2022) los elementos sinérgicos con el zinc son el cromo, magnesio y manganeso, y los elementos antagonistas son el calcio, cobre, hierro y fósforo. En el presente estudio se ha encontrado que las concentraciones en cromo de las flores de *Allium* se incrementan cuando aumentan las concentraciones en zinc, pero no se han encontrado relaciones negativas o antagónicas, significativamente estadísticas, pudiendo existir interacciones negativas que no lleguen al nivel de significación.

El potasio influye en las bombas reguladoras del organismo, y en la capacidad para concentrar la orina y la motilidad intestinal. Se sabe que el potasio interactúa con casi todos los macronutrientes, por lo que su absorción, concentración y utilización está estrechamente relacionada con la disponibilidad y absorción de otros nutrientes. Los elementos sinérgicos con el potasio son el calcio, hierro, magnesio, sodio, zinc, manganeso y los nutrientes antagonistas el cobre y sodio (Tomar *et al.*, 2022). Estas interacciones coinciden con las encontradas en las concentraciones de las flores de *Allium* estudiadas.

El selenio es indirectamente responsable de mantener intactos los suministros del cuerpo de la vitamina C, el glutatión y la vitamina E. Es un elemento constitutivo de todo el sistema de defensa que protege al organismo vivo de la acción nociva de los radicales libres. Tomar *et al.* (2022) indica QUE Los elementos sinérgicos del selenio son calcio, hierro, manganeso, sodio y zinc, aunque no se cita relaciones antagónicas, mientras que en este trabajo se ha relacionado antagonismo con el sodio.

Además, el cobre es un micronutriente esencial necesario para los sistemas hematológico y neurológico. Además, es necesario para el crecimiento y formación del hueso, ayuda en la incorporación de hierro en la hemoglobina, en la absorción de hierro del tracto gastrointestinal y en la transferencia de hierro de los tejidos al plasma. Los elementos sinérgicos del cobre son calcio, hierro, sodio, selenio, zinc y el antagónico el potasio (Tomar *et al.*, 2022), aunque en el presente trabajo se ha encontrado que a medida que se incrementan las concentraciones en cobre también lo hacen las de potasio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3. Resultados de la fracción volátil de las flores de *Allium*

4.3.1. Resultados descriptivos de la fracción volátil de las flores de *Allium*

En el presente estudio se han identificado 37 componentes químicos volátiles en las flores de *Allium* analizadas, aunque la distribución de los compuestos varía de unas flores a otras. Las familias de componentes químicos volátiles que se han detectado en las flores estudiadas son los compuestos del benceno y los compuestos heterocíclicos (tabla 18), monoterpenos y ácidos carboxílicos y derivados (tabla 19), aldehídos de cadena media y alcoholes (20), alcanos y cetonas (tabla 21) y los componentes mayoritarios que son los componentes órgano sulfurados (tabla 22). Los valores de las tablas muestran los resultados de las tres repeticiones para cada tipo de flor.

En esta parte del estudio de la fracción volátil de las flores de *Allium*, no se ha incluido el perfil aromático de las flores de puerro, ya que sufrieron mucho en la postcosecha y el análisis de aromas no ha sido representativo.

Tabla 18. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los compuestos del benceno y compuestos heterocíclicos detectados en las flores de *Allium*.

| Tipo de flor | Componentes aromáticos (%) | | | | | |
|------------------|----------------------------|--------------|-------------------|----------|---------|---------------------------|
| | Compuestos del benceno | | | | | Compuestos heterocíclicos |
| | Estireno | Benzaldehído | Alcohol bencílico | Estragol | Anetol | 2-pentilfurano |
| Ajo ornamental | ND | 24958735 | 3606603 | ND | ND | ND |
| | ND | 14342269 | tr | ND | ND | ND |
| | ND | 14036872 | tr | ND | ND | ND |
| Cebollino | ND | 1342813 | 4698029 | 14309028 | 2114682 | 2242979 |
| | ND | 2321146 | 1587593 | 27129326 | 1892331 | 7772846 |
| | ND | 7631898 | 3152446 | 27676462 | tr | 10654660 |
| Cebolla blanca | 2074854 | 22842104 | 10799665 | ND | ND | 5965115 |
| | 2335577 | 28209027 | tr | ND | ND | 1849864 |
| | 735092 | 12107352 | 5582581 | ND | ND | 3511630 |
| Cebolla roja | 27416 | 6537776 | 2476634 | ND | ND | 5767475 |
| | 1987455 | 5367943 | tr | ND | ND | 8059688 |
| | 2371500 | 11588173 | 2742846 | ND | ND | 5881866 |
| Puerro silvestre | ND | ND | tr | ND | ND | 7707426 |
| | ND | ND | tr | ND | ND | 5142579 |
| | ND | ND | tr | ND | ND | 3668697 |

ND: Compuesto no detectado; tr: Compuesto en concentraciones trazas (<0.01%)

El estireno sólo se he encontrado en las flores de cebolla (roja y blanca). El estireno, conocido también como vinilbenceno, feniletano o cinameno, es un hidrocarburo aromático, líquido a temperatura ambiente, amarillo o incoloro que se evapora fácilmente

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

y posee un olor dulce y balsámico. Se trata de un compuesto que se encuentra en una alta variedad de alimentos, como frutas, hortalizas, nueces, bebidas y algunas carnes contienen niveles bajos de estireno. Este componente no es frecuente en el análisis de componentes volátiles de flores comestibles (Marchioni *et al.*, 2020). Tampoco se ha encontrado como componentes volátiles de las flores del género *Allium* (Ivanova *et al.*, 2009; Putnik *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2021), aunque en pequeñas concentraciones se ha detectado en flores comestibles de caléndula y cosmos (Fernandes *et al.*, 2019c).

El benzaldehído se ha detectado en todas las flores de las especies estudiadas, excepto en las flores de puerro silvestre, siendo el componente aromático mayoritario del grupo de los compuestos del benceno. Este componente se encuentra en algunos frutos secos, tales como las almendras amargas, siendo el causante del sabor y olor tan característico de estos frutos. Este componente se ha detectado en flores comestibles de clavel (Schade *et al.*, 2001) y de un tipo de pensamiento Johnny Jump (Fernandes *et al.*, 2019c). Zhang *et al.* (2021) encontraron este componente en la caracterización de los componentes volátiles de *Allium tenuissimum* L. y Putnik *et al.* (2019) no lo nombran en su revisión, ya que se centran en los compuestos derivados del azufre.

El alcohol bencílico también llamado α -hidroxitolueno, bencilcarbinol, bencilmetil alcohol, bencilmetanol, bencenometanol, se ha detectado íntegramente en las flores de cebollino y de forma leve en las flores de ajo ornamental y de cebolla (blanca y roja). Esta sustancia tiene un olor agradable y se encuentra formando parte de los aromas de muchas frutas y de las rosas (Hussain *et al.*, 2019).

El estragol es un éter aromático isómero de posición del anetol. Es un componente de diferentes especies vegetales, como el anís, hinojo, laurel, estragón y albahaca, que tiene un sabor mentolado. En el presente estudio sólo ha sido detectado en las flores de cebollino y en otros trabajos se ha relacionado con flores comestibles de albahaca (Marchioni *et al.*, 2020) y de pensamiento (Fernandes *et al.*, 2019c).

El anetol es un compuesto aromático al que se debe el sabor distintivo a regaliz del anís, del hinojo y del anís estrellado. Solamente se ha detectado de forma leve en las flores de cebollino. Otros autores lo han relacionado en flores de lila (Mlcek y Rop, 2011).

De los compuestos heterocíclicos, el 2-pentilfurano se ha encontrado como componente aromático en todas las flores de *Allium* estudiadas, excepto en el ajo ornamental. Se trata de un compuesto heterocíclico volátil formado por la autooxidación del ácido linolénico y asociado principalmente con el sabor del aceite de soja y que presenta aromas frutales y a verde. Algunos autores (Ge *et al.*, 2019) lo han encontrado en aceite esencial de especies de camelia y muestra actividad antioxidante y antibacteriano. Zhang *et al.*

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

(2021) también lo han encontrado en cuatro flores de cebolla silvestre (*Allium tenuissimum* L.) de cuatro localizaciones diferentes.

La familia de los monoterpenos (tabla 19) ha sido identificada por cuatro componentes en las flores de *Allium* estudiadas. El p-cimeno se ha detectado en las flores de cebolla (blanca y roja) y de puerro silvestre, el limoneno se ha encontrado en todas las flores de *Allium*, excepto en las de cebollino, y los isómeros (E)- β -ocimeno y (Z)- β -ocimeno se han encontrado en todas las flores estudiadas, siendo el isómero trans (Z) el monoterpeno que se encuentra de forma mayoritaria en estas flores.

Tabla 19. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los monoterpenos y ácidos carboxílicos y ésteres detectados en las flores de *Allium*.

| Tipo de flor | Componentes aromáticos (%) | | | | | | |
|------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|
| | Monoterpenos | | | | Ácidos carboxílicos y ésteres | | |
| | p-cimeno | Limoneno | (E)- β -ocimeno | (Z)- β -ocimeno | Acetato de (Z)-3-hexenilo | Acetato de hexilo | Ácido nonanoico |
| Ajo ornamental | ND | 6706405 | 5722956 | 48408913 | 11206533 | tr | ND |
| | ND | 4431400 | 2641342 | 33520796 | 13101826 | tr | ND |
| | ND | 7240987 | 8133589 | 53693176 | 4854015 | tr | ND |
| Cebollino | ND | ND | 36701079 | 214824342 | 6921952 | 1324960 | 2425784 |
| | ND | ND | 148448998 | 802560586 | 8503273 | 2618961 | 4073326 |
| | ND | ND | 141369384 | 792803682 | 4967587 | tr | 6126098 |
| Cebolla blanca | 3714774 | 18947107 | 7411770 | 71034649 | ND | ND | ND |
| | 654274 | 4165554 | 1792248 | 37448825 | ND | ND | ND |
| | 1752212 | 11222958 | 6557408 | 87492474 | ND | ND | ND |
| Cebolla roja | 1497781 | 14010100 | 11763734 | 118480941 | ND | ND | ND |
| | 1768029 | 15237797 | 23671232 | 244893161 | ND | ND | ND |
| | 1286618 | 10470879 | 17594753 | 175736006 | ND | ND | ND |
| Puerro silvestre | 5325620 | 120219869 | 34053298 | 441650037 | 6270964 | ND | 2845022 |
| | 4551145 | 73761159 | 5686678 | 73369922 | 4391064 | ND | 2783234 |
| | 3632980 | 55852586 | 4327008 | 61417248 | tr | ND | 15419372 |

ND: Compuesto no detectado; tr: Compuesto en concentraciones trazas (<0.01%)

En general, estos compuestos monoterpénicos se caracterizan por tener un olor agradable dulce y herbal, y aromas mentolados y cítricos. Son compuestos con acción antiinflamatoria (Pereira *et al.*, 2020) y se han encontrado en muchas de las flores comestibles (Mlcek y Rop, 2011; Usami *et al.*, 2013; Marchioni *et al.*, 2020), en concreto, los isómeros del β -ocimeno actúan como defensa para las plantas gracias, en parte, a su actividad antifúngica.

De los componentes de los ácidos carboxílicos sólo se ha detectado el ácido nonanoico también llamado ácido pelargónico, en las flores de cebollino y de puerro silvestre. Este ácido orgánico produce aromas oleosos, a rancio y desagradables. Son componentes

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

que pueden aparecer en el enranciamiento de los aceites esenciales de las plantas, pero no suelen ser comunes en las flores frescas. En el caso concreto de las flores de cebollino y puerro silvestre las concentraciones encontradas son bajas.

Los componentes esterificados detectados en las flores de *Allium* son el acetato de (Z)-3-hexenilo y el acetato de hexilo. El primer componente muestra una descripción del olor a verde afrutado, dulce, parecido a un plátano verde y agrega frescura natural a las flores delicadas, como los narcisos. La descripción del sabor es a notas afrutadas, dulce, verde, característico de la pera. Este componente se ha detectado en el ajo ornamental, en el cebollino y en el puerro silvestre en menor medida. Por su parte el acetato hexil es el aroma característico de la fruta. Se caracteriza por un olor dulce, afrutado, parecido a bayas y peras, floral y verde. Este componente se ha detectado de forma leve en las flores de puerro silvestre. Estos compuestos se han encontrado como componentes del aroma de las frutas y en flores del jazmín (Hussain *et al.*, 2019) y de rosa (Zhou *et al.*, 2020).

Los aldehídos de cadena media (tabla 20) presentes en los aromas de las flores de *Allium* han sido el hexanal, el isómero (E)-2-hexenal, el heptanal, el nonanal y el decanal. La presencia en las flores de *Allium* estudiadas ha sido variada, destacando que en las flores de cebollino estos componentes de la familia de los aldehídos no han sido detectados. El hexanal y (E)-2-hexenal son aldehídos de seis átomos de carbono, utilizados en la industria de los aromas para producir sabores frutales. Sus aromas tienen notas frescas y recuerdan a frutas (manzana verde dulce y cítricos) y a hierba recién cortada. Se han detectado en las flores de cebolla (blanca y roja) y de puerro silvestre. Este componente se ha detectado en los aceites de camelia (Ge *et al.*, 2019), en flores comestibles de caléndula (Fernandes *et al.*, 2019c) y en flores del género *Allium*, en concreto en las flores de *A. tenuissimum* (Zhang *et al.*, 2021). El (E)-2-hexenal ha sido detectado en hojas de *Allium ursinum* (Ivanova *et al.*, 2009) y en el presente estudio de forma muy leve en las flores de cebolla roja.

El heptanal es un aldehído endógeno procedente de la oxidación de los lípidos de la membrana. Se caracteriza por un olor afrutado penetrante. En las flores de *Allium* se ha detectado exclusivamente en las de cebolla (blanca y roja). No hay indicios de la presencia de heptanal en las flores de *Allium*, atendiendo a la bibliografía consultada.

El nonanal es un aldehído graso saturado que surge formalmente de la reducción del grupo carboxílico del ácido nonanoico. Es un componente aromático que recuerda el olor fresco en composiciones florales como la rosa y el jazmín. El sabor recuerda a la cáscara de cítricos y notas florales verdes. Se ha detectado en todas las flores de *Allium*

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

estudiadas, excepto en las de cebollino. En la bibliografía consultada se ha detectado en los aceites de camelia (Ge *et al.*, 2019), en las flores comestibles de clavel (Schade *et al.*, 2001), de salvia (Marchioni *et al.*, 2020), de caléndula, de cosmos y de pensamiento (Fernandes *et al.*, 2019c). Zhang *et al.* (2021) también indican la presencia de este componente aromático en cuatro flores de cebolla silvestre (*Allium tenuissimum* L.) procedentes de diferentes localizaciones.

Tabla 20. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los aldehídos de cadena corta y los alcoholes detectados en las flores de *Allium*.

| Tipo de flor | Componentes aromáticos (%) | | | | | | |
|------------------|----------------------------|---------------|----------|----------|----------|------------------|-----------|
| | Aldehídos de cadena media | | | | | Alcoholes | |
| | Hexanal | 2-(E)-hexenal | Heptanal | Nonanal | Decanal | (Z)-3-hexen-1-ol | 1-hexanol |
| Ajo ornamental | ND | ND | ND | 5983062 | 9268930 | ND | ND |
| | ND | ND | ND | 7369970 | 10237647 | ND | ND |
| | ND | ND | ND | 9076536 | 12896462 | ND | ND |
| Cebollino | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cebolla blanca | 6182962 | ND | 2003766 | 2394769 | 24941218 | 3676030 | ND |
| | tr | ND | 299292 | 16344970 | 5575778 | tr | ND |
| | 4443684 | ND | 300103 | 46203810 | 19533640 | 4744896 | ND |
| Cebolla roja | 3153468 | 923020 | 424043 | 47635684 | 33412265 | ND | ND |
| | 2259681 | tr | 1919298 | 46613860 | 29780169 | ND | ND |
| | 11190912 | tr | tr | 33439994 | 26079331 | ND | ND |
| Puerro silvestre | 4836934 | ND | ND | 30908711 | 5708126 | 179573585 | 33913961 |
| | 6230446 | ND | ND | 29579651 | 3223250 | 97095095 | 17303783 |
| | 2075793 | ND | ND | 17465175 | 2858302 | 71927876 | 10072806 |

ND: Compuesto no detectado; tr: Compuesto en concentraciones trazas (<0.01%)

El decanal es otro aldehído graso saturado que surge formalmente de la reducción del grupo carboxílico del ácido cáprico. Tiene un papel como agente antifúngico, pero también se emplea como componente aromático por sus notas florales, verdes, grasas, y a limón. Se ha encontrado en todas las flores de *Allium*, excepto en las de cebollino. En otras flores comestibles se ha encontrado en salvia (Marchioni *et al.*, 2020), en las flores de malva (Usami *et al.*, 2013) y en las flores de camelia (Ge *et al.*, 2019). El trabajo de Ivanova *et al.* (2009) sobre composición aromática de hojas y flores de *Allium ursinum* muestra que este componente está presente en las flores de esta especie.

Los alcoholes han tenido una baja representación como componentes aromáticos de las flores de *Allium*. El alcohol (Z)-3-hexen-1-ol también conocido como alcohol de hojas, se ha detectado levemente en las flores de la cebolla blanca y en las de puerro silvestre. Este compuesto se caracteriza por mostrar un olor intenso a hierba y hojas verdes recién

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

cortadas. Se produce en pequeñas cantidades por la mayoría de las plantas y actúa como un atrayente para muchos insectos depredadores. También el cis-3-hexen-1-ol es un componente muy importante del aroma de frutas y verduras. Por último, el 1-hexanol es un alcohol orgánico con la cadena de seis de carbono, presente en el olor a césped recién cortado. En el caso de las flores estudiadas sólo se ha detectado en las flores de puerro silvestre. Estos alcoholes también se han encontrado en los aromas de las flores comestibles de clavel (Schade *et al.*, 2001), malva (Usami *et al.*, 2013) y de camelia (Ge *et al.*, 2019), pero no hay referencias de su presencia en los estudios consultados de aromas de flores de *Allium*.

Se han encontrado tres compuestos cetónicos en las flores de *Allium* estudiadas (tabla 21). La 3-pentanona, o dietilcetona, la 3-octanona y la acetofenona. La primera es una cetona líquida incolora con un olor similar al de la acetona; que sólo se ha encontrado levemente en las flores de puerro silvestre. La 3-octanona es un compuesto que se encuentra en una variedad de matrices vegetales, tales como plantas, hierbas aromáticas y frutas, como lavanda, romero y frutas de nectarina. La descripción del olor de este componente está relacionada con el champiñón dulce, lavanda y hierbas frescas, y el sabor es de notas afrutadas, de queso y lácteos y frutas exóticas. Este compuesto aromático se ha encontrado en las flores de cebolla (blanca y roja) y en las de cebollino.

Tabla 21. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los alcanos y cetonas detectados en las flores de *Allium*.

| Tipo de flor | Componentes aromáticos (%) | | | | |
|------------------|----------------------------|------------|-------------|-----------|-------------|
| | Cetonas | | | Alcanos | |
| | 3-pentanona | 3-octanona | Acetofenona | Tridecano | Tetradecano |
| Ajo ornamental | ND | ND | ND | ND | ND |
| | ND | ND | ND | ND | ND |
| | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cebollino | ND | 2812144 | ND | ND | ND |
| | ND | 7625816 | ND | ND | ND |
| | ND | 9640330 | ND | ND | ND |
| Cebolla blanca | ND | 5741125 | 6107315 | ND | 11359628 |
| | ND | tr | 1599704 | ND | 2214262 |
| | ND | 3718228 | 2159671 | ND | 8133024 |
| Cebolla roja | tr | 9093390 | 1494710 | ND | 11592873 |
| | tr | 8226634 | 1421358 | ND | 8216179 |
| | tr | 8742422 | 919809 | ND | 8079079 |
| Puerro silvestre | 10528909 | ND | ND | 1696320 | 18640425 |
| | 10075507 | ND | ND | tr | 8928067 |
| | tr | ND | ND | tr | 12684452 |

ND: Compuesto no detectado; tr: Compuesto en concentraciones trazas (<0.01%)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acetofenona es la cetona aromática más simple. Se trata de un precursor en la preparación de numerosas fragancias que se asemejan a la almendra, la cereza, la madreselva, el jazmín y la fresa. En las flores de *Allium* estudiadas sólo se ha detectado en las flores de cebolla (blanca y roja). Estos componentes cetónicos se han encontrado en flores de aloe vera (Martínez-Sánchez *et al.*, 2020). En los trabajos de Zhang *et al.* (2021) sobre componentes aromáticos de cuatro flores de cebolla silvestre (*Allium tenuissimum* L.) se indica la presencia de otros componentes de naturaleza cetónica diferentes a los detectados en este estudio.

Los alcanos detectados en las flores de *Allium* han sido el tridecano y el tetradecano. Ambos son hidrocarburos de cadena simple saturadas con fórmula química de trece o catorce átomos de carbono o una mezcla de ellos. Estos compuestos tienen un papel como metabolito vegetal y aromáticamente son un componente oleoso. El tridecano se ha encontrado muy levemente en las flores de puerro silvestre, mientras que el tetradecano se ha detectado en las flores de cebolla (blanca y roja) y en las de puerro silvestre, que han demostrado tener presencia de componentes más oleosos. Estos componentes aromáticos se presentan en mayor o menor concentración en algunas flores comestibles (Marchioni *et al.*, 2020). Ivanova *et al.* (2009) detectan los dos alcanos en las flores de *Allium ursinum*, mientras que Zhang *et al.* (2021) encuentra el tridecano en dos de las flores de cebolla silvestre (*Allium tenuissimum* L.) que estudian.

Las flores de *Allium* se han caracterizado por la alta presencia compuesto donde el átomo de azufre está presente en la formulación, caracterizando el aroma global de este género de plantas, en cualquiera de sus partes (hojas, bulbos y flores). La tabla 22 muestra los componentes detectados en cada una de las flores estudiadas, así como su concentración.

En total se han detectado doce componentes, principalmente sulfuros, en concreto disulfuros, trisulfuros y tetrasulfuros, con los radicales metilo, propilo o alilo. Hay componentes como el disulfuro de metil propilo, el disulfuro de dipropilo y el trisulfuro de metil propilo que se han detectado en todas las flores estudiadas. Las flores del ajo ornamental junto con las de cebollino son las que más complejidad aromática han mostrado, con un mayor número de componentes aromáticos de esta naturaleza. Y las flores de puerro silvestre las de menor presencia de sulfuros en su composición. Además, los componentes de disulfuro y trisulfuro de dialilo sólo se han detectado en las flores del ajo ornamental. Estas grandes diferencias en la composición química de los volátiles de naturaleza de azufre fundamentalmente dependen de diferentes factores como el momento de recolección, los factores genéticos y los ambientales (Abu-Lafi *et al.*, 2004).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 22. Componentes aromáticos (%) de la familia química de los compuestos órgano sulfurados detectados en las flores de *Allium*.

| Componentes aromáticos (%) | Tipo de flor | | | | |
|-----------------------------|----------------|------------|----------------|--------------|------------------|
| | Ajo ornamental | Cebollino | Cebolla blanca | Cebolla roja | Puerro silvestre |
| Disulfuro de dimetilo | 161250308 | 114198681 | 9605434 | 13732337 | ND |
| | 115306182 | 144118979 | 813223 | 15317420 | ND |
| | 278069167 | 21618624 | 5480810 | 9862544 | ND |
| Disulfuro de alil metilo | 1525544130 | 23060377 | 15938257 | 5173204 | ND |
| | 1124665391 | 9476494 | tr | 4802812 | ND |
| | 1306465762 | 7918317 | tr | 2345704 | ND |
| Disulfuro de metil propilo | 281504883 | 1347894350 | 286876686 | 306175812 | 66379232 |
| | 234102447 | 1186893936 | 81872380 | 316441004 | 22663749 |
| | 179087783 | 460483130 | 123731129 | 200201901 | 22696093 |
| Trisulfuro de dimetilo | 50006617 | 51212883 | 18016987 | 27131556 | ND |
| | 48560377 | 54079016 | 1542581 | 27936179 | ND |
| | 65173724 | 16390215 | 12506834 | 26608891 | ND |
| Disulfuro de dialilo | 3477164071 | ND | ND | ND | ND |
| | 2190469839 | ND | ND | ND | ND |
| | 2022282258 | ND | ND | ND | ND |
| Disulfuro de dipropilo | 289473854 | 5085894444 | 1792228170 | 1393446867 | 1303975781 |
| | 227635698 | 4908363799 | 738027803 | 1245890247 | 500342555 |
| | 107275960 | 2753300237 | 990138176 | 1003848941 | 386135855 |
| Trisulfuro de alil metilo | 271048896 | 7688706 | ND | ND | ND |
| | 304696059 | 5092442 | ND | ND | ND |
| | 340633513 | 3864505 | ND | ND | ND |
| Trisulfuro de metil propilo | 50729117 | 442667869 | 116763283 | 114512133 | 35960898 |
| | 59251069 | 212304112 | 14461806 | 92021346 | 114363147 |
| | 59103646 | 69969553 | 62663289 | 58680290 | 13182434 |
| Tetrasulfuro de dimetilo | tr | 10647983 | ND | 1960004 | ND |
| | tr | 8104622 | ND | tr | ND |
| | tr | 1939652 | ND | 2010870 | ND |
| Trisulfuro de dipropilo | ND | 1079920742 | 644685688 | 580600120 | 563127758 |
| | ND | 640539360 | 103196663 | 210419694 | 131512583 |
| | ND | 147103317 | 258011648 | 360059368 | 86684872 |
| Tetrasulfuro de dialilo | 23132368 | ND | ND | ND | ND |
| | 20550342 | ND | ND | ND | ND |
| | 16151647 | ND | ND | ND | ND |
| Tetrasulfuro de dipropilo | ND | 58683797 | 14932680 | 17164131 | 10490647 |
| | ND | 15813847 | 4394584 | 8808537 | 4537231 |
| | ND | 3757918 | 11673201 | 6795132 | 4440873 |

ND: Compuesto no detectado; tr: Compuesto en concentraciones trazas (<0.01%)

Los compuestos órgano sulfurados presentes en las flores de *Allium* han sido relacionados con diferentes efectos beneficiosos y protectores del organismo, principalmente por la actividad antimicrobiana, antitrombótica, antitumoral, antiartrítica e

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

hipoglucemiantes (Sengupta *et al.*, 2004; Snoussi *et al.*, 2016), debido a los derivados alílicos que inhiben los efectos de estas enfermedades.

Ivanova *et al.* (2009) detectan 16 componentes órgano sulfurados en las flores de *Allium ursinum*, mientras que Zhang *et al.* (2021) encuentra 12 componentes en las cuatro flores de cebolla silvestre (*Allium tenuissimum* L.) que estudian.

En general se trata de moléculas de bajo peso molecular, muy volátiles y principalmente contribuyen al sabor y olor pungente y acre de las partes comestibles de las especies de liliáceas, presentando algunas de ellas propiedades alérgicas. La gran mayoría se suelen emplear como aditivos alimentarios que recuerdan a la cebolla y ajo, empleándose en elaboraciones con queso, carnes, sopas, e incluso para potenciar sabores salados.

A modo de resumen la tabla 23 muestra el total de los componentes, englobados por la suma individual de los componentes individuales presentes en cada familia química, para cada una de las flores de *Allium* estudiadas.

Tabla 23. Composición global de la fracción volátil, en función de la familia química, en las flores de *Allium*.

| Familia de compuestos | Flor de <i>Allium</i> | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|------------|----------------|--------------|------------------|
| | Ajo ornamental | Cebollino | Cebolla blanca | Cebolla roja | Puerro silvestre |
| Compuestos del benceno | 18981493 | 31285251.3 | 28228750.7 | 11033247.7 | 0.00 |
| Heterocíclicos | 0.00 | 6890161.7 | 3775536.3 | 6569676.3 | 4503248.3 |
| Aldehídos de cadena media | 18277535.7 | 0.00 | 42741330.7 | 78943908.3 | 34295462.7 |
| Monoterpenos | 56833188 | 712236024 | 84064751 | 212137010 | 294615850 |
| Ácidos carboxílicos y ésteres | 9720791.3 | 12320647 | 0.00 | 0.00 | 10569885.3 |
| Alcoholes | 0.00 | 0.00 | 2806975.3 | 0.00 | 136629035 |
| Alcanos | 0.00 | 0.00 | 7235638 | 9296043.7 | 13983088 |
| Cetonas | 0.00 | 6692763.3 | 6442014.3 | 9966107.7 | 6868138.7 |
| Compuestos órgano sulfurados | 4943111703 | 6297667302 | 1769187104 | 2017315681 | 1088831236 |

La figura 32 muestra la representación porcentual de los componentes agrupados por las familias químicas detectadas, frente al total de la composición química volátil para cada tipo de flor de *Allium* estudiada.

Se observa que la familia química de componentes volátiles mayoritaria de las flores del género *Allium* estudiadas es la de compuestos órgano sulfurados. Estos compuestos representan prácticamente el 98% de la fracción volátil de las flores de ajo ornamental, el 89% de los componentes aromáticos de las flores de cebollino, el 91% de los aromas de las flores de la cebolla blanca y el 86% de los de las flores de cebolla roja, y en las flores del puerro silvestre donde la fracción es la más baja, ocupan el 68.5% del total de los componentes de la fracción volátil de estas flores.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

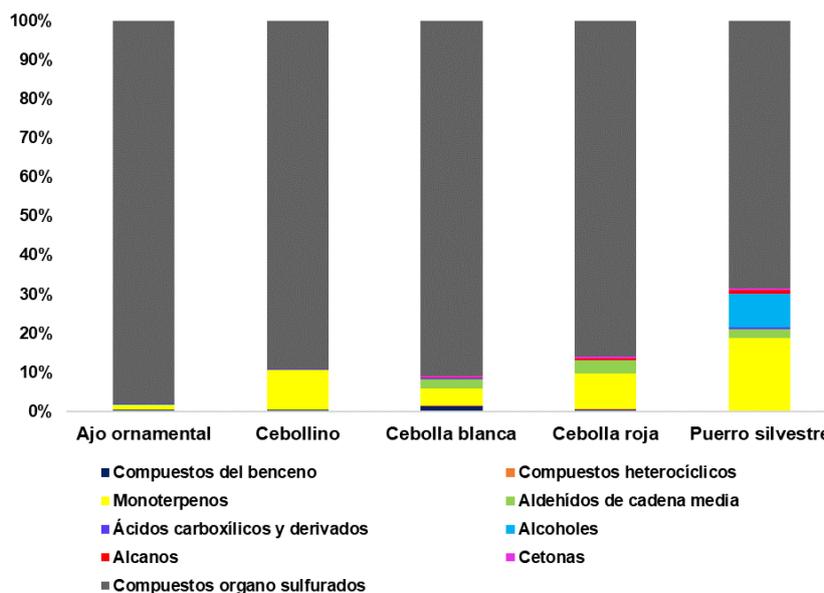


Figura 32. Contenido total de la fracción volátil, agrupada por familias químicas, de las flores de *Allium*.

Las flores de la cebolla blanca y las flores de puerro silvestre son las que presentan mayor complejidad desde el punto de vista aromático, ya que en su composición están presentes el total de componentes químicos de la fracción volátil, excepto ácidos carboxílicos y/o ésteres en el caso de las flores de la cebolla blanca y de compuestos del benceno para el caso de las flores de puerro silvestre.

La familia de los alcoholes son los componentes que se encuentran con una escasa representación frente al total, únicamente se encuentran en las flores de la cebolla blanca y del puerro silvestre, aunque en estas últimas se trata del grupo químico que se encuentra en tercera posición en la composición porcentual. En la práctica totalidad de las flores de *Allium* estudiadas se observa que la familia química que tiene mayor presencia después de los componentes sulfurados son los monoterpenos.

Los resultados de Zhang *et al.* (2021) coinciden en que las cantidades de compuestos que contienen azufre (75.19%) son las más importantes, cuantitativamente, en las flores de *A. tenuissimum*, seguidas por los aldehídos (21.96%), aunque la presencia de los aldehídos puede ser la mayoritaria en otros tipos de flores (Chen *et al.*, 2020).

4.3.2. Diferencias significativas en la fracción volátil de las flores de *Allium*

Las diferencias entre los componentes volátiles se muestran para los componentes que han sido significativos en algunos de los componentes y que permiten la comparación entre tipos de flores.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los compuestos del benceno se han encontrado diferencias estadísticamente significativas (p -value=0.0175) para el benzaldehído (figura 33). Se observa que la concentración de este componente en las flores de cebolla blanca es significativamente superior a las concentraciones de las flores de cebollino y cebolla roja.

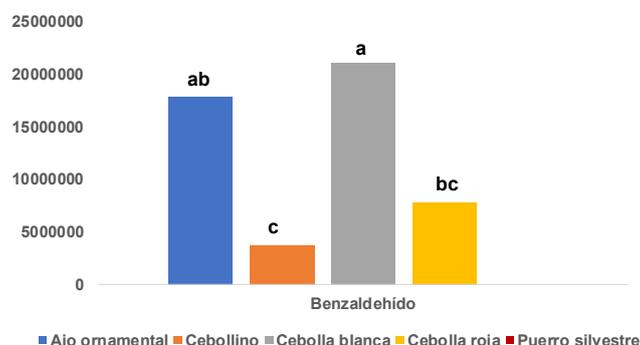


Figura 33. Concentración en benzaldehído en las flores de *Allium*. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

En la familia de los monoterpenos se han encontrado diferencias estadísticamente significativas (figura 34). Las concentraciones de p-cimeno son significativamente superiores en las flores de puerro silvestre (p -value=0.0255), las concentraciones de limoneno también son significativamente superiores en las flores de puerro silvestre (p -value=0.0016), las concentraciones de (E)- β -ocimeno son significativamente superiores en las flores de cebollino (p -value=0.0062) y las concentraciones del isómero (Z)- β -ocimeno también son significativamente superiores en las flores de cebollino (p -value=0.0224).

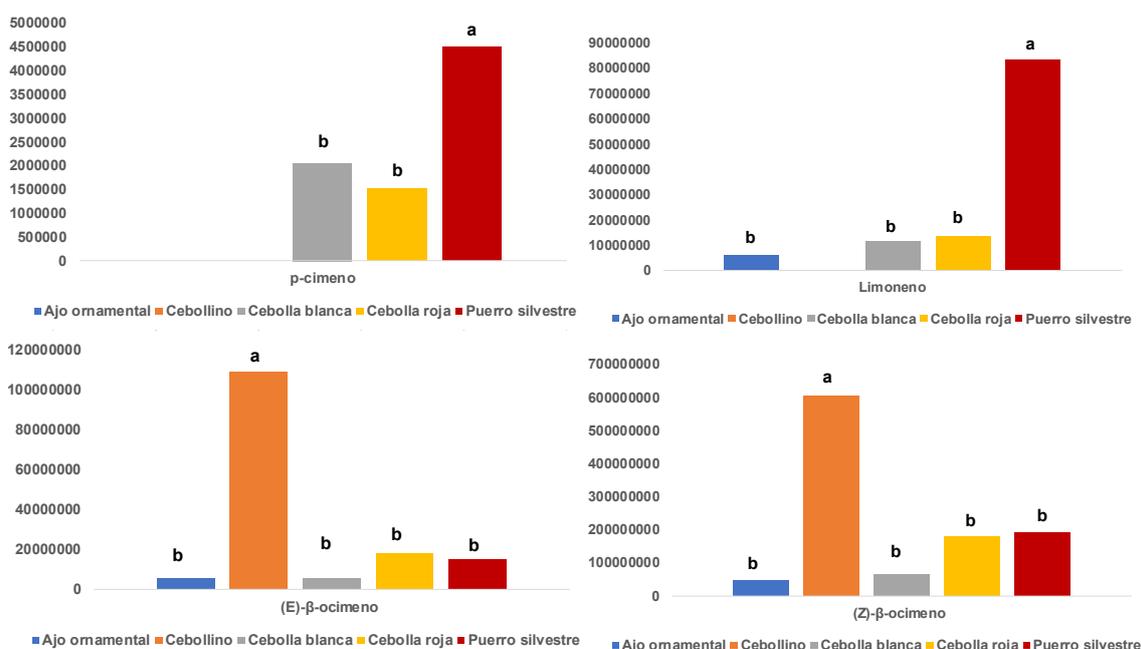


Figura 34. Concentración de componentes de la familia de los monoterpenos en las flores de *Allium*. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para el mismo componente.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la familia de los aldehídos se han encontrado diferencias estadísticamente significativas (figura 35). Las concentraciones del nonanal son significativamente superiores en las flores de cebolla roja (p -value=0.0509) frente a las concentraciones de las flores de ajo ornamental. Las concentraciones del decanal son significativamente superiores en las flores de cebolla roja (p -value=0.0024) frente a las concentraciones de este componente en el resto de las flores donde se ha detectado, y las concentraciones de las flores de cebolla blanca difieren frente a las concentraciones de puerro silvestre.

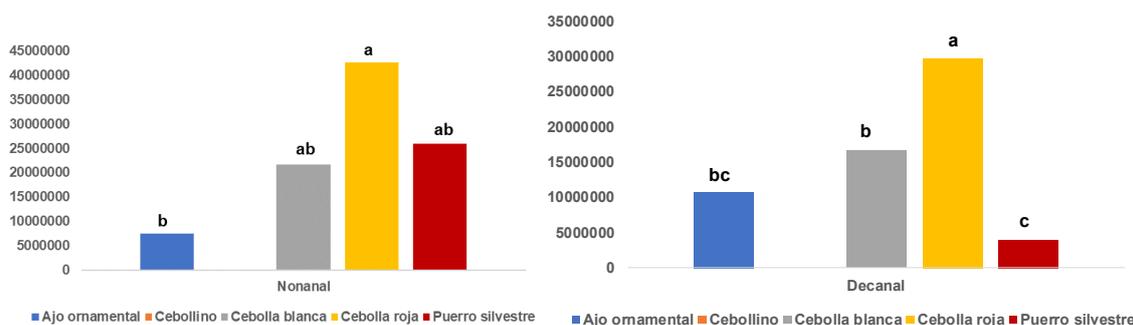


Figura 35. Concentración en nonanal y decanal en las flores de *Allium*. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para el mismo componente.

En la familia de los compuestos órgano sulfurados se han encontrado diferencias estadísticamente significativas (figura 36). Las concentraciones del disulfuro de dimetilo son significativamente superiores en las flores de ajo ornamental (p -value=0.0101) frente a las concentraciones de las flores de cebolla (blanca y roja). Las concentraciones del disulfuro de alil metilo son significativamente superiores en las flores de ajo ornamental (p -value=0.0000) frente a las concentraciones de este componente en el resto de las flores donde se ha detectado. Las concentraciones en disulfuro de metil propilo son significativamente superiores en las flores de cebollino (p -value=0.0025) frente a las concentraciones de este componente en el resto de las flores de *Allium*. Las concentraciones en trisulfuro de dimetilo son significativamente superiores en las flores de ajo ornamental (p -value=0.0122) frente a las concentraciones de este componente en las flores de cebolla (blanca y roja), pero no difieren de las concentraciones de las flores de cebollino. Las concentraciones de disulfuro de dipropilo son significativamente superiores (p -value=0.0002) en las flores de cebollino, sin encontrar diferencias significativas entre las concentraciones de este compuesto para el resto de las flores de *Allium* estudiadas. También las concentraciones del trisulfuro de metil propilo presentan diferencias estadísticamente significativas entre los valores de las flores de cebollino frente a los niveles de este componente en las flores de cebolla blanca, ajo ornamental y puerro silvestre.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resto de compuestos aromáticos presentes en el grupo de los componentes sulfurados o bien no muestran diferencias estadísticamente significativas o bien no presentan contraste con otras flores por carecer algunas flores de alguno de los componentes aromáticos de esta naturaleza.

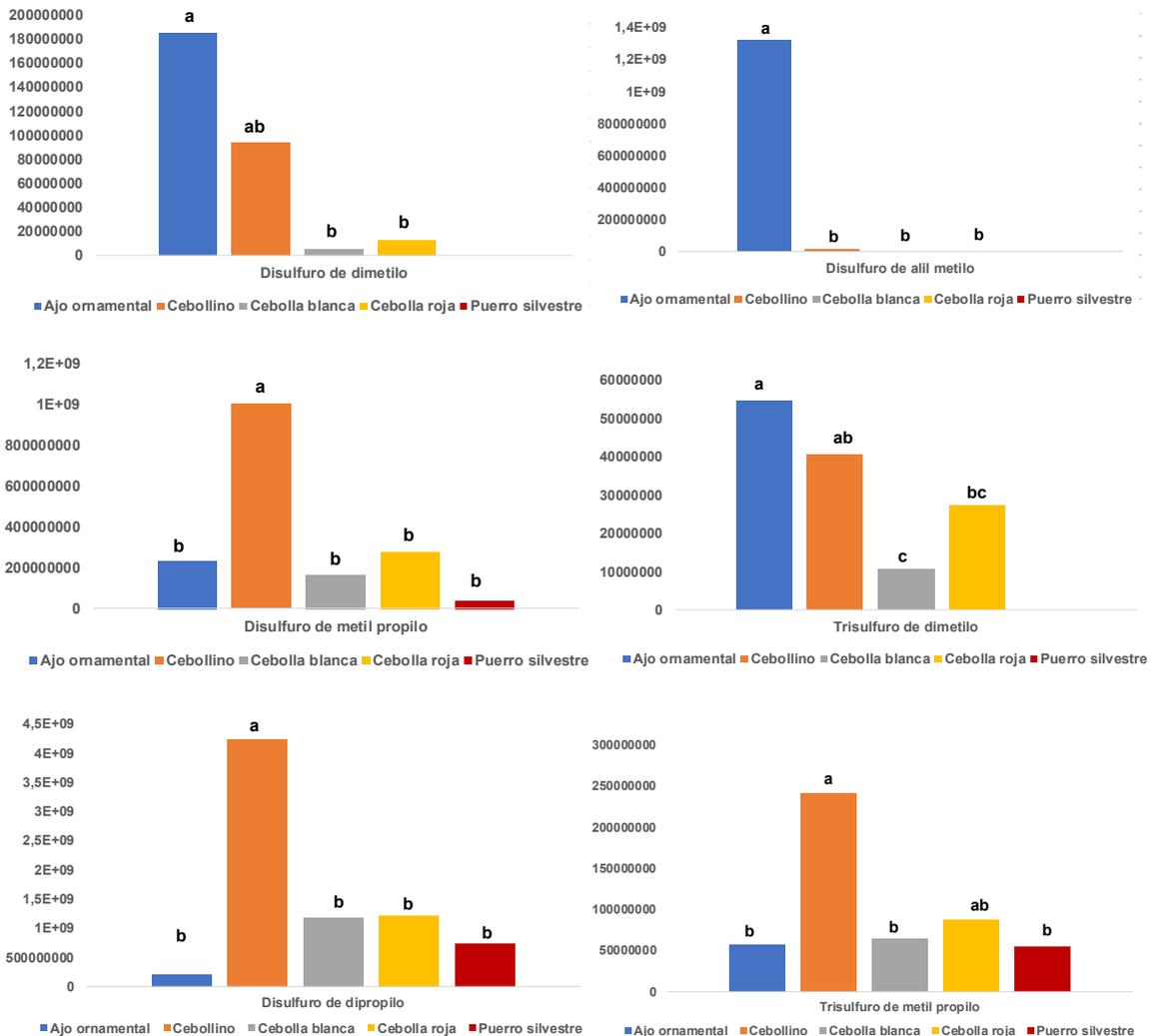


Figura 36. Concentración de componentes de la familia de los órgano sulfurados en las flores de *Allium*. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para el mismo componente.

Los resultados indican que la química de la fracción volátil de las flores estudiadas es compleja, con unos 37 compuestos diferentes que contribuyen a los efectos aromáticos. La característica más importante y singular es su alto contenido en sustancias órgano sulfuradas.

El azufre es un nutriente importante para todos los organismos. Las especies de *Allium* tienen una alta biodiversidad en la captación, metabolismo y acumulación de azufre. Dependiendo de la especie de *Allium*, y bajo diferentes condiciones, los tiosulfatos pueden descomponerse para formar componentes como mono-, di-, tri-, tetrasulfuros de dialilo, metil alilo, propilo y dietilo, encontrados en el presente trabajo (Rose *et al.*, 2005).

4.4. Análisis de componentes principales

Para completar el estudio se realiza un análisis de componentes principales, con el fin de conocer que grupo de parámetros de los estudiados están relacionados entre sí. La técnica empleada para ello es el análisis factorial. El análisis factorial es una técnica multivariante que utiliza un procedimiento que permite descomponer una matriz de correlaciones en unos pocos factores que son combinación lineal de los parámetros analizados en las flores de *Allium*, y que explican las correlaciones entre dichos parámetros.

El análisis factorial se utiliza para el examen y la interpretación de las correlaciones encontradas entre un grupo de parámetros con la finalidad de descubrir los posibles factores comunes a todos ellos. Los parámetros que tienen la máxima correlación entre sí y que son además suficientemente independientes de otros, se agrupan en factores. Cada factor está constituido por una combinación lineal de un subconjunto de los parámetros originales y es independiente de los otros factores.

Para la búsqueda de esta distribución se ha realizado un modelo, trabajando con las 33 variables estudiadas en la composición de las flores de *Allium*: las correspondientes al análisis de la composición nutricional (humedad, grasa, proteína, fibra, contenido en minerales totales o cenizas e hidratos de carbono), los valores de los 16 elementos minerales individuales, los parámetros de los componentes bioactivos (polifenoles y actividad antioxidante) y los 9 componentes encontrados en la fracción volátil, procedentes de la agrupación en función de las familias químicas. Se han extraído cinco componentes de la función factorial, que en conjunto representan el 92.47% de la variabilidad en los datos originales. Este resultado permite visualizar la nube de datos por donde se agruparán las variables.

Del diagrama de dispersión se observa que las flores estudiadas se pueden clasificar en cuatro categorías (figura 37), las que presentan bajos valores de la componente 1, de la componente 2 y de la componente 3 (representado con el color verde) se caracterizan principalmente por sus altos contenidos en fibra, mercurio y ácidos carboxílicos y ésteres y con estos criterios se clasificarían las flores de ajo ornamental (*Tulbaghia violacea* Harv.). En un segundo grupo se agruparían las flores que presentan altos valores de la componente 3 y bajos de la componente 1 y de la componente 2 (representado con el color azul), este grupo se caracteriza por flores que presentan altos valores de materia seca, contenido en hidratos de carbono y contenido de la fracción volátil de la familia de los alcoholes, y principalmente se encaja en este grupo las flores de puerro (*Allium porrum*) y de puerro silvestre (*Allium ampeloprasum*).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tercer grupo de correlaciones se dan en las flores de *Allium* que tienen alto valor de la componente 1 y bajo valor de la componente 2, mientras que la componente 3 se encuentra con un peso cercano a cero, es decir, con poca contribución de la variable en ese componente, y se relacionan con flores comestibles de *Allium* con alto contenido en cenizas, proteína, sodio y componentes volátiles de la familia de las cetonas y de los heterociclos (representado por el color violeta), en esta categoría se situarían las flores de las cebollas (blanca y roja) (*Allium cepa* L.). Un último grupo se caracteriza por mostrar altos valores de la componente 1 y de la componente 3 y bajos valores de la componente 2, en este grupo se situarían las flores con alto contenido en boro, cromo, zinc, y el grupo de los componentes aromáticos de los monoterpenos (representado por el color rojo), estando representado por las flores de cebollino (*Allium schoenoprasum*) (figura 38).

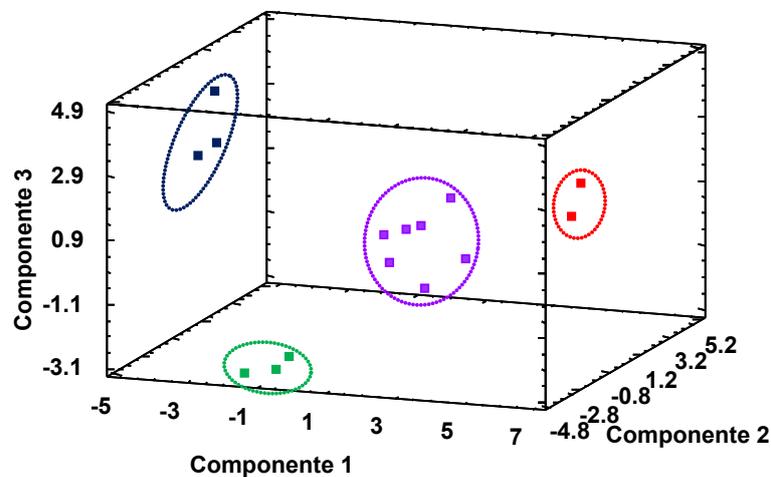


Figura 37. Diagrama de dispersión de los pesos de tres componentes principales en las flores comestibles de *Allium*.

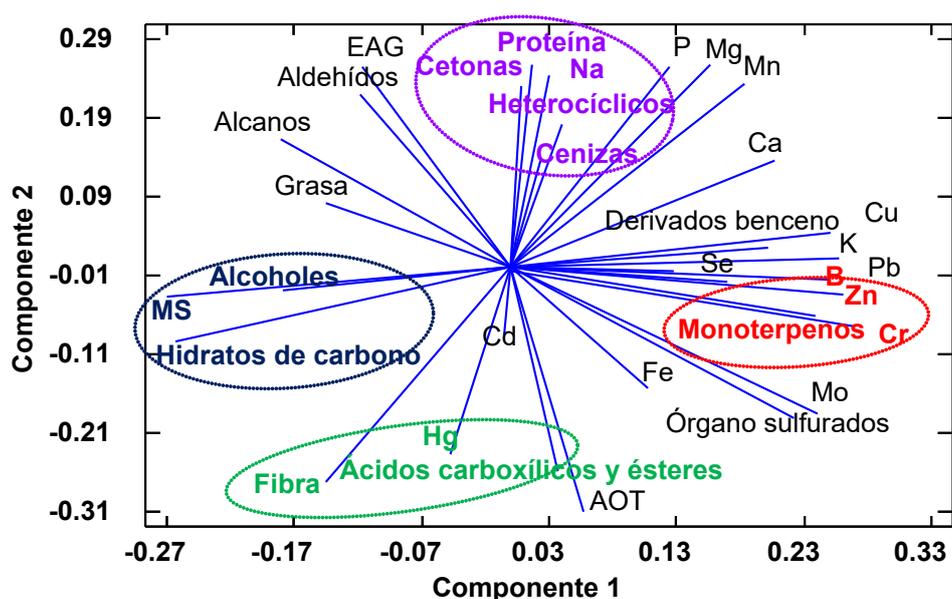


Figura 38. Diagrama de dispersión de los pesos de las componentes principales y variables en las flores comestibles de *Allium*.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es destacable que el grupo de los componentes órgano sulfurados que tienen una importante fuerza en la composición de la fracción aromática de las flores estudiadas no influya en la caracterización de las flores, ya que esta presencia es un factor común a todas las flores estudiadas.

Por último, se ha realizado un análisis de conglomerados (análisis *cluster*) que es una técnica estadística multivariante que consigue agrupar las variables estudiadas, tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. Se trata de un método basado en criterios geométricos y se utiliza fundamentalmente como una técnica exploratoria, descriptiva pero no explicativa.

Se han utilizado las 33 variables estudiadas en la composición de las flores de *Allium*: las correspondientes al análisis de la composición nutricional (humedad, grasa, proteína, fibra, contenido en minerales totales o cenizas e hidratos de carbono), los valores de los 16 elementos minerales individuales, los parámetros de los componentes bioactivos (polifenoles y actividad antioxidante) y los 9 componentes encontrados en la fracción volátil, procedentes de la agrupación en función de las familias químicas. Por lo que la solución *cluster* resultante (figura 39) puede ser bastante robusta.

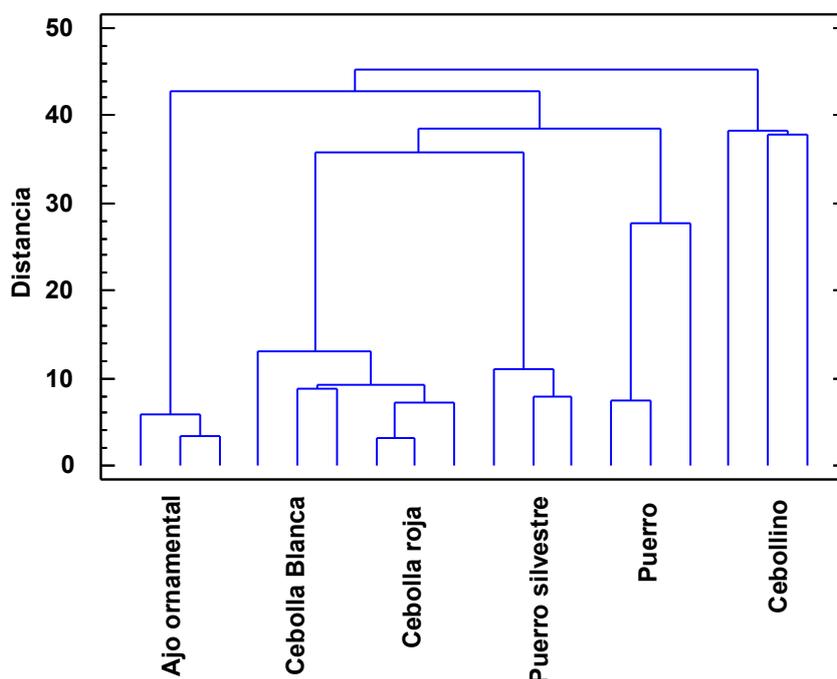


Figura 39. Diagrama de conglomerados resultante de las flores comestibles de *Allium*.

Se observa que se ha formado un conglomerado donde las flores de cebollino no presentan conexión con el resto de flores estudiadas. Por su parte, las flores de ajo ornamental también se distancian del grupo de flores de las cebollas y los puerros. Observándose que las flores del puerro se distancian de las de cebolla y puerro silvestre

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

y por último las flores de cebolla (blanca y roja) se agrupan en un conglomerado común, distanciándose de las flores de puerro silvestre.

Las distancias encontradas parecen tener lógica para la clasificación de las flores de *Allium*, aunque sorprende el acercamiento del puerro silvestre a las cebollas de cultivo común.

4.5. Elaboraciones gastronómicas usando flores de *Allium*

En este apartado se muestran las elaboraciones realizadas con el empleo de las flores de *Allium* estudiadas. Se han realizado dos tipos de elaboraciones, por un lado, recetas de comida con potencialidad para incluir en recetas de restauración, pero con un grado de dificultad bajo y que también puede ser elaboradas a nivel doméstico. Por otro lado, se han aplicado transformaciones cárnicas. Las flores se han empleado principalmente en dos formatos, secas y pulverizadas y enteras en fresco, principalmente como decoración. Pero el potencial de aplicación en cocina puede ser más amplio, incluso incluyendo algunas elaboraciones dulces.

Las elaboraciones ensayadas se muestran en el formato de receta, indicando los ingredientes y la elaboración que requiere cada una, incluyendo un diagrama de flujo en las elaboraciones cárnicas y resaltando el uso de la flor empleada.

4.5.1. Suprema de pollo en falso praliné de quinua y crocante de banana y flores de cebolla

Ingredientes:

150 g Suprema de pollo

15 g **Flor de cebolla roja pulverizada**

30 g Mantequilla con sal

90 g Quinua cocida

40 g de azúcar morena

50 g de banana verde

100 mL Vino blanco

Sal & pimienta c/n

Para decorar brotes de eneldo crocante y frambuesas

Procedimiento:

Marinar durante 3 horas como mínimo la suprema de pollo en el vino blanco y salpimentar, posterior rebozar la suprema con la **flor de cebolla** pulverizada y sofreír lentamente con mantequilla en una sartén de base gruesa.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el falso praliné de quinua, mezclar la quinua con la azúcar morena y extender sobre un molde antiadherente, logrando una capa no mayor a 0.5 cm, y hornear a 180 °C durante 30 minutos.

Laminar las bananas en *slice* y freírlas al aire. Cuando estén fritas y frías, triturar, agregar sal y pimienta. Emplatar siguiendo el ejemplo (figura 40) empleando eneldo y frambuesa en la decoración.

La **flor de cebolla** en el rebozado aporta el pungente de los aromas de la cebolla y el dulce y floral de la flor.



Figura 40. Suprema de pollo en falso praliné de quinua y crocante de banana y flores de cebolla.

4.5.2. Champiñón al grill rellenos de risotto de cebada, con flor de ajo, aire de limón con malvarrosa y esferas de extracto de granada

Ingredientes:

150 g Champiñones

30 g **Flor de ajo pulverizada**

40 g queso mozzarella andino

90 g Cebada pelada y cocida

20 mL crema de leche

300 mL zumo de limón en infusión de malvarrosa y **flor de ajo**

2 g lecitina de soya

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

100 mL zumo de granada
1 g de alginato de sodio
4 g de sales de calcio
400 mL de agua
c/n Sal&pimienta
c/n orégano

Procedimiento:

Descorazonar los champiñones y rellenar con una mezcla de cebada cocida y crema, sal, pimienta y **flor de ajo pulverizada**, cubrir con queso mozzarella andino rallado, y colocar en el grill durante 20 minutos hasta gratinar, espolvorear con orégano.

Mezclar el zumo de limón en infusión de malvarrosa y **flor de ajo** con 2 g lecitina de soya, batir enérgicamente con batidor de varillas delgado hasta generar cúmulo de burbujas estables.

Elaborar una mezcla de zumo de granada con alginato de sodio y reposar unos minutos, hacer una disolución de sal de calcio en el agua. Con ayuda de una jeringa o pipeta, dosificar gotas de la mezcla de zumo de granada con alginato de sodio en la disolución de sal de calcio en el agua. Ir retirando las esferas elaboradas con ayuda de una micro-espumadera y pasarlas clarificando por agua limpia. Emplatar siguiendo el ejemplo (figura 41).



Figura 41. Champiñón al grill rellenos de risotto de cebada, con flor de ajo, aire de limón con malvarrosa y esferas de extracto de granada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este plato es muy refrescante pero el ajo le combina muy bien con el sabor del champiñón y la cebada, la sustitución del bulbo de ajo por la flor de ajo contribuye a incrementar la frescura, aportando las notas florales de la flor de ajo.

4.5.3. Picaña en chimichurri de flor de puerro y de ajo ornamental con patatas *sous vide*

Ingredientes:

250 g Picaña (tapilla de ternera)

100 g Patatas peladas

15 g Mantequilla de cabra

10 g Cebolla encurtida

20 g Cebolla fresca

15 g Perejil cresco

15 g Ajo fresco

15 g Flor de puerro fresco

60 mL Aceite de oliva

c/n Sal Kosher

c/n Pimienta recién molida

Pétalos de ajo ornamental

Procedimiento:

Sellar al vacío las patatas con mantequilla de cabra y someter a cocción *sous vide* durante 3 o 4 horas.

Llevar a la parrilla la picaña, sellar y cubrir de sal Kosher y pimienta recién molida, se sugiere marcar con ayuda de un termómetro a la temperatura de 55-60 °C para obtener la cocción de la carne en un término medio (al punto), o tres cuartos a una temperatura interna de 66-71 °C.

Para el chimichurri, picar finamente la cebolla fresca, el perejil cresco, ajo fresco y el **flor de puerro fresco**, mezclar con el aceite de oliva virgen extra y envasar para generar un macerado de al menos 1 hora.

Para el emplatado, acondicionar la picaña napada de chimichurri, las papas cocidas y cortadas, guarnecido de cebollas encurtidas y decorar con pétalos de **ajo ornamental** (figura 42).

En este plato se contrasta el potencial de la ternera con los sabores pungentes del chimichurri suavizado con el aceite de oliva. Las flores de ajo ornamental ayudan a potenciar los sabores pungentes que contrastan en esta elaboración.



Figura 42. Picaña en chimichurri de flor de puerro y de ajo ornamental con patatas *sous vide*.

4.5.4. Timbal de pescado con puré de zanahoria amarilla con mashua y flor de cebollino

Ingredientes:

150 g Mezcla de pescado (pulpo, calamar, cangrejo, corvina, etc.)

50 mL Vino blanco

15 mL Salsa de ostras

5 g **Flor de cebollino en polvo**

30 g Mantequilla

20 g Puré de aguacate

10 g Virutas de queso maduro ahumado

70 g Puré de zanahoria amarilla y mashua

50 mL Crema de leche

30 mL Salsa de tomate cherrys con almidón

5 Flores de cebollino

c/n Sal

c/n Pimienta recién molida

Procedimiento:

Saltear la mezcla de pescado mezclados con el polvo de **flor de cebollino** y mantequilla y salpimentar. Añadir la salsa de ostras y finalmente el vino blanco.

Homogenizar el puré de zanahoria amarilla y mashua con la crema de leche y salpimentar.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emplatar con ayuda de un cilindro de acero, depositando en la base puré de zanahoria, seguido de una lámina de puré de aguacate y encima la mezcla de pescado. En la parte superior espolvorear virutas del queso ahumado. Decorar con las flores de **flor de cebollino** y gotear con la salsa de tomates cherrys (figura 43).

Al usar la **flor de cebollino** se incluyen los aromas de las especies de *Allium* de forma no invasiva, como lo haría un ajo o una cebolla. La flor fresca incluye frescura en boca y contrasta con el queso ahumado, consiguiendo mayor complejidad de los aromas.



Figura 43. Timbal de pescado con puré de zanahoria amarilla con mashua y flor de cebollino.

4.5.5. Ceviche de mejillones y gambas, acidulado en lima con flor de cebolla roja

Ingredientes:

- 200 g Mejillones y gambas
- 5 g **Flor de cebolla roja en polvo**
- 40 g Cebolla roja cortada en juliana muy fina
- 150 mL Zumo de lima
- 15 mL Zumo de limón
- 10 g Perejil picado fresco
- 10 mL Aceite de oliva virgen extra
- 30 g Tomate de textura firme
- 50 mL Vino blanco
- 30 g Mantequilla
- 1 Plátano verde

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

c/n Sal

c/n Pimienta recién molida

Procedimiento:

Cocer los mejillones y las gambas juntamente con el vino blanco, la mantequilla, el **polvo de flor de cebolla roja**, sal y pimienta recién molida.

Laminar el plátano verde en *slice* largos y freír las láminas en aceite abundante.

Para el emplatado mezclar la cebolla con el fondo acidulado (tomate, lima, limón y **flor de cebolla**). Agregar al fondo los mejillones limpios y las gambas peladas. Decorar con un chorrito de aceite de oliva, espolvorear con el perejil recién picado y guarnecer con las frituras de plátano verde (chifle). Rectificar el sabor con sal y pimienta recién molida (figura 44).

La **flor de cebolla roja** fortalece los sabores pungentes de la cebolla en el ceviche, a la par que proporciona aromas dulces, contrastando con la frescura de la mezcla de los zumos cítricos.



Figura 44. Ceviche de mejillones y gambas, acidulado en lima con flor de cebolla roja.

4.5.6. Gambas *sous vide* con flor de ajo y crocante de verde, gel de espárragos, salsa de agridulce de ají rocoto y encurtidos de rábanos

Ingredientes:

90 g Gambas de calibre pequeño

20 g Mantequilla

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5 g **Flor de ajo en polvo**

200 g Plátano verde pelado y rallado en hilo

200 mL Zumo de espárrago

10 g Agar-agar

10 g Rábanos encurtidos

15 g Salsa de ají rocoto agridulce

Flor de ajo fresca y brotes de eneldo

c/n Sal

c/n Pimienta recién molida

Procedimiento:

Envasar al vacío Las gambas peladas untadas de mantequilla, la **flor de ajo en polvo** y sal. Cocer a baja temperatura en agua recirculante durante tres horas.

Dar forma ovalada y semi-delgada (0.5 cm) al plátano verde rallado agregando sal y pimienta y freir en aceite abundante.

Hacer una dilución de agar agar y el zumo del espárrago previamente blanqueado, agregar sal y pimienta, extender una fina capa en un tapete silicona y refrigerar hasta que gelifique.

Emplatar la preparación (figura 45), brocheando a lo largo del plato con la salsa de ají agridulce, agregar como base el crocante de verde, la gelificación de espárrago y sobre esta las gambas *sous vide*, guarnecer con los rábanos encurtidos y decorar con flor de ajo ornamental y brotes de eneldo.

La **flor de ajo ornamental** y el eneldo del final van a aportar rusticidad que contrasta con la dulzura de las gambas en fusión con la mantequilla, con un regusto persistente.



Figura 45. Gambas *sous vide* con flor de ajo y crocante de verde, gel de espárragos, salsa de agridulce de ají rocoto y encurtidos de rábanos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.7. Quenelles de almidón de achira con pak choi, tentáculos de calamar, flores de cebolla y crocantes de quinua con amaranto

Ingredientes:

150 g Almidón de achira
50 mL Caldo de ave
60 mL Zumo de hojas de pak choi
80 g Tentáculos de calamar
20 g Mantequilla
5 g **Flores de cebolla roja o blanca en polvo**
40 g Quinua
40 g Amaranto
30 g Tomate
c/n Sal
c/n Pimienta recién molida

Procedimiento:

Mezclar el almidón de achira con zumo de pak choi, el fondo de ave, salpimentar e incluir la **flor de cebolla** en polvo y cocer hasta obtener un puré denso pero maleable.

Cocer los tentáculos de calamar en agua salpimentada, sin llegar a sobrepasar los 90 °C, mediante el asustando en la cocción (sumergiendo y extrayendo al calamar del agua caliente, al menos en tres ocasiones).

Picar los tentáculos cocidos y saltear con mantequilla y **flores de cebolla**. Remojar durante 2 h en agua el amaranto y la quinua, escurrirla y deshidratarlas en placa de horno durante 1 hora a 70 °C. Una vez seco, freír en aceite abundante hasta obtener la textura crujiente.

Para el emplatado dar forma de *quenelles* al puré, con ayuda de dos cucharas, juntar a cada una, una porción de calamar, un tomate tajado y una **flor de cebolla**, y guarnecer con los crocantes de quinua y amaranto (figura 46).

La neutralidad gustativa del *quenelle* se potencia con la flor de cebolla que combina a la perfección con el calamar y la frescura del tomate.



Figura 46. Quenelles de almidón de achira con pak choi, tentáculos de calamar, flores de cebolla y crocantes de quinua con amaranto.

4.5.8. Filete de lenguado y vegetales al vapor con flor de cebollino, envuelto de achira

Ingredientes:

250 g Filete de lenguado
20 g **Flor de cebollino en polvo**
20 g Cebolla cortada en juliana
10 g Pimiento rojo cortado en juliana
4 Hojas de achira
30 g Tomate
c/n Sal rosa Himalaya
c/n Pimienta recién molida

Procedimiento:

Salpimentar los filetes de lenguado y añadir la flor de cebollino en polvo. Limpiar las hojas de achira y colocar sobre el anverso una cama de julianas de cebolla y rodajas de tomate. Sobre la juliana colocar uno o dos filetes de lenguado y encima del lenguado la juliana de pimiento morrón rojo en sentido diagonal. Cerrar el envuelto con una segunda hoja para impedir pérdida de líquidos y cocer al vapor durante 30 minutos.

El emplatado se puede realizar *in situ*, abriendo el envuelto directamente en el momento del consumo (figura 47).

Para potenciar los sabores sobre la juliana de pimiento rojo se puede poner una capa de flores de cebollino, que inundará la carne del lenguado y aromatizará las verduras del envuelto con toques verdes y ligeramente pungentes.



Figura 47. Filete de lenguado y vegetales al vapor con flor de cebollino, envuelto de achira.

4.5.9. Caldo de pollo saborizado y perfumado con flores de cebolla

Ingredientes:

Caldo:

- 120 g Carne de pollo
- 15 mL Aceite de oliva virgen extra
- 10 g **Flor de cebolla fresca**
- 20 g Cebollino
- ½ Diente de ajo triturado
- 2 L de agua
- 1 Zanahoria cortada en dados
- 1 Tallo de apio
- 1 Rama de cilantro
- 10 g Pimentón
- c/n Sal
- c/n Pimienta recién molida

Sopa:

- 90 g Yuca pelada y cortada en cubos
- 1 Zanahoria grande rallada
- 80 g Pechuga de pollo desmenuzada, cocida en el caldo (opcional)
- ½ Taza de cilantro picado

Procedimiento:

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Colocar en una cacerola el aceite y sofreír el cebollino, el ajo, la mitad de las **flores de cebolla** y **el pollo**. Una vez sofrito, incorporar el agua, la zanahoria cortada en dados, el tallo de apio, la rama de cilantro y el pimentón rojo y cocer durante 35 minutos. Si es necesario, despumar la cocción.

Transcurrido este tiempo, añadir la yuca pelada y cortada en cubos y cocer durante 30 minutos. Por último, añadir la pechuga de pollo desmenuzada o cortada y la otra mitad de las **flores de cebolla** para perfumar, salpimentar al gusto y emplatar en caliente en un plato hondo, espolvoreando con cilantro picado (figura 48).



Figura 48. Caldo de pollo saborizado y perfumado con flores de cebolla.

4.5.10. Tortillas de maíz con flor de ajo rellenas de queso fresco, ají y café de chuspa

Ingredientes:

200 g Harina de trigo integral

40 g Mantequilla

3 g **Flor de ajo pulverizada**

100 g Queso fresco

10 mL Esencia de achiote

c/n Sal

c/n Pimienta recién molida

2 Ajís rocotos

15 mL Zumo limón

15 g Cebolla

1 Rama de cilantro

1 Tomate mediano de ensalada

5 g Comino en polvo

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

c/n Sal

c/n Pimienta recién molida

50 g Café tostado y molido medio

45 g Panela

Flores de ajo

10 g Queso rallado

Procedimiento:

Para la elaboración de las tortillas, mezclar 100 mL de agua tibia con la harina, la **flor de ajo pulverizada**, la mantequilla y amasar hasta homogenizar la masa. Por otro lado desmenuzar el queso fresco y aromatizar con la esencia de achiote, sal y pimienta. Realizar porciones de masa de aproximadamente 40 g y dar forma de nidos, para rellenar su interior con el queso fresco desmenuzado, sellar y dar forma a la tortilla, evitando rupturas o perforaciones.

Poner la tortilla sobre una plancha caliente hasta que se dore por ambos lados.

Para la salsa, introducir en un mortero o en un procesador de alimentos, el ají en trocitos y moler, agregando 200 mL de agua fría y el resto de los ingredientes (zumo de limón, la cebolla picada, la rama de cilantro picada, el tomate, el comino y salpimentar).

Para el café de chuspa, colocar en una cacerola 250 mL de agua con la panela hervir hasta que rompa ebullición, bajar la potencia del fuego y agregar el café, reposar 5 minutos y colar a través de chuspa.

Servir las tortillas espolvoreadas de queso y **flores de ajo**, guarnecido de ají de piedra y café de chuspa (figura 49).



Figura 49. Tortillas de maíz con flor de ajo rellenas de queso fresco, ají y café de chuspa.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La flor de ajo pulverizado aporta a la masa de la tortilla, un ligero toque pungente, pero también floral, que se potencia con la flor fresca del final. Los aromas tostados del café van a contrastar con los azufrados de la flor del ajo.

4.5.11. Salchicha artesanal con flor de cebolla roja pulverizada

La salchicha es un producto elaborado que en esta receta se realiza con una emulsión de carne de cerdo, de ternera y grasa aderezada con diferentes especias, embutida en la tripa y sometida a procesos de cocción y enfriamiento. La innovación introducida en esta elaboración ha sido incorporar la flor de cebolla como aromatizante (figura 50). Obteniendo como resultado un producto con matices a cebolla, pero más suave y combinado con aromas florales. Aunque se ha empleado la flor de cebolla roja, también se puede utilizar la flor de cebolla blanca en esta elaboración.



Figura 50. Salchicha artesanal con flor de cebolla roja pulverizada (izquierda) y chorizo artesanal con flor de ajo pulverizada.

Como ingredientes en la elaboración se ha empleado:

- 1 kg Carne de cerdo
- 600 g Carne de ternera
- 400 g Grasa de cerdo
- 35 g **Flor de cebolla roja pulverizada**
- 44 g Sal
- 2.4 g Nuez moscada
- 1.3 g Pimienta blanca
- 1.3 g Pimienta negra
- 4 g Ajo fresco
- 5.2 g Orégano

La figura 51 muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración de la salchicha.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

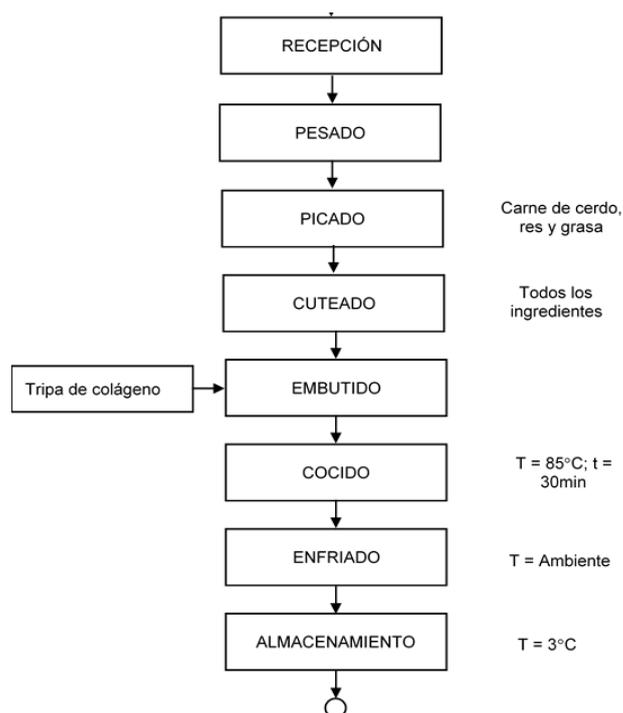


Figura 51. Proceso de elaboración de salchicha artesanal con flor pulverizada de cebolla roja.

4.5.12. Chorizo artesanal con flor de ajo pulverizada

El chorizo a nivel latinoamericano, en la gran mayoría de los casos es un producto elaborado que se comercializa en fresco, para elaboraciones en plancha o similares. La materia prima fundamental son las carnes de cerdo, ternera y la grasa animal, condimentando con diferentes especias. En España la principal elaboración y consumo es como producto curado, al aire o ahumado, y la materia prima principal es la carne de cerdo picada y adobada con especias y pimentón.

La innovación que se introduce en esta elaboración artesanal es incluir la **flor de ajo** pulverizada, además a los ingredientes y procesos tradicionales latinoamericanos se le incluye un curado o maduración (figura 50).

Como ingredientes en la elaboración se han empleado:

900 g Carne de cerdo

300 g Grasa

15 g **Flor de ajo pulverizada**

20 g Sal

0.5 mL Vino blanco

1 g Pimienta negra

0.5 g Semillas de hinojo

Tripa natural

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 52 muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración del chorizo.

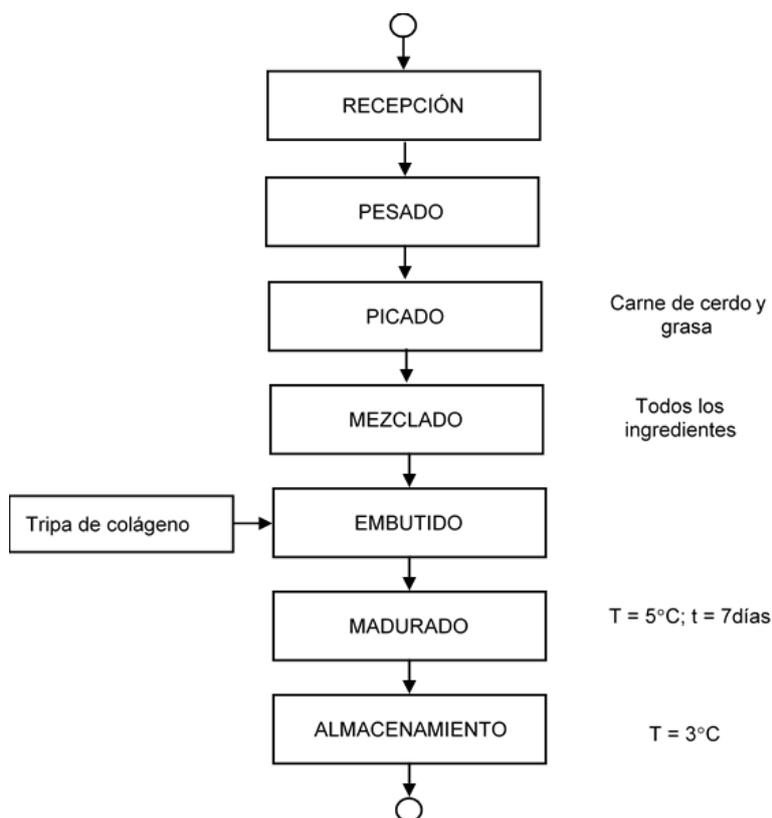


Figura 52. Proceso de elaboración de chorizo artesanal curado empleando flor de ajo pulverizada.

El resultado ha sido un chorizo artesanal curado con sabores suaves a ajo, pero con regusto alto de este *Allium*, incorporando aroma fresco y florales.

4.5.13. Lomo artesanal curado en seco aromatizado con pimientas y flores de cebollino y puerro

El curado en seco es la conservación de la carne mediante sal y algunas especias con la finalidad de alargar el tiempo de vida útil, evitando que los microorganismos o bacterias penetren en la carne y descompongan el producto. Este tipo de transformación alimentaria de la carne emplea una gran cantidad de sal que permite extraer el agua de las células por osmosis. Además, las especias que también contribuyen a la conservación de la carne le dan un sabor más agradable y original al producto final, incrementando el valor añadido a la carne original. La innovación realizada ha consistido en incorporar dos tipos de flores de *Allium* en polvo, en concreto de cebollino y de puerro, que aportan complejidad al sabor neutro del curado tradicional de la carne con sal (figura 53).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ingredientes en la elaboración se han empleado:

250 g Lomo de cerdo

Sal gruesa c/n (cubrir pieza)

Azúcar 20% de la cantidad de sal

3.5 g Flor de cebollino pulverizada

3.5 g Flor de puerro pulverizada

2.9 g Pimienta dulce

0.6 g Pimienta negra



Figura 53. Lomo artesanal curado con pimientas y flores de cebollino y puerro pulverizadas.

El resultado es una carne curada de tonalidad blanquecina (Figura X), con sabores complejos procedentes de la mezcla de las pimientas y las flores de *Allium* (cebollino y puerro) y potenciado con la sal.

La figura 54 muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración del lomo curado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

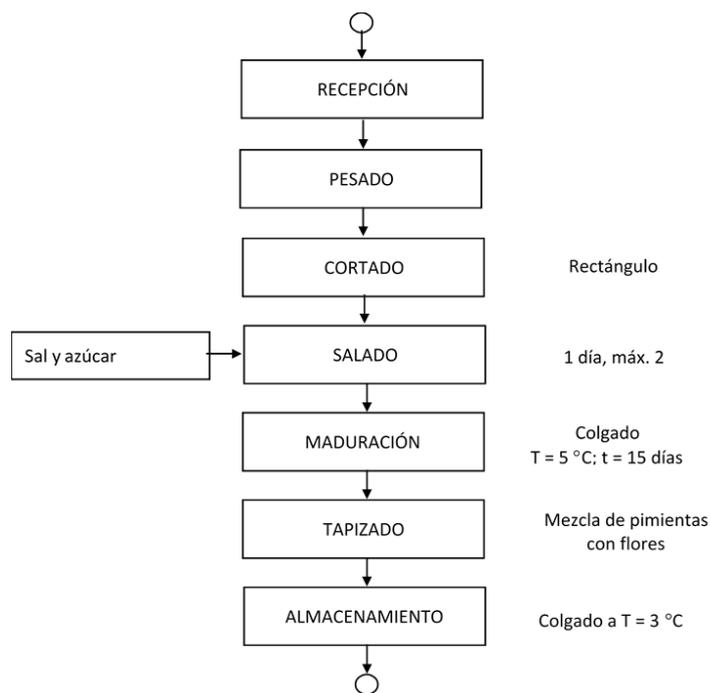


Figura 54. Proceso de elaboración de lomo artesanal curado a las pimientos con flores de cebollino y puerro pulverizadas.

4.5.14. Jamón cocido artesanal con flor de cebolla blanca pulverizada

El jamón cocido o jamón de york es un tipo de transformación donde la carne se somete a un proceso de cocción. Las materias primas más empleadas son la carne de cerdo ligeramente picada o entera y su grasa, formando una pieza o bloque, que se lleva a la cocción, respetando la forma y se consume bajo el formato de la forma resultante de la cocción (figura 55) o laminada. A la carne solamente se le incluye sal en la cocción. Como innovación en esta elaboración se incluye **flor de cebolla blanca** en polvo.

Como ingredientes en la elaboración se han empleado:

1000 g carne de cerdo

2.5 g de sal

0.4 g de azúcar

0.7 g **Flor de cebolla blanca pulverizada**

10 mL agua

El resultado es una carne aromatizada ligeramente con sabores de cebolla y toques florales con un alto grado de aceptación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Figura 55. Jamón cocido artesanal con flor de cebolla blanca pulverizada.

La figura 56 muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración del jamón cocido artesanal aromatizada con flor de cebolla blanca.

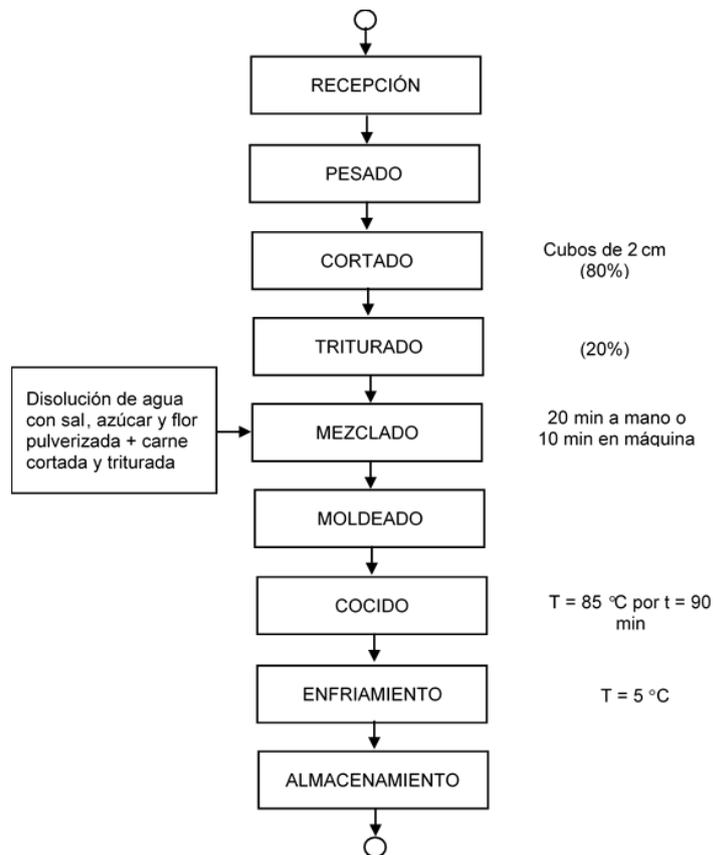


Figura 56. Proceso de elaboración de jamón cocido artesanal con flor de cebolla blanca pulverizada.

5. CONCLUSIONES



5. CONCLUSIONES

Atendiendo a la composición de las flores estudiadas y de los beneficios para la salud de los componentes fisiológicamente activos de estas flores, las principales conclusiones del presente trabajo son:

1. Las flores de las plantas comunes del género *Allium* (cebollino, cebolla blanca, cebolla roja y puerro) y las flores del ajo ornamental y del puerro silvestre poseen importantes cualidades como diversidad de colores, formas, texturas, tamaños, aromas y valor nutricional. Independientemente de las tendencias personales hacia el consumo, el conjunto de características organolépticas de estas flores comestibles favorece la aceptabilidad de las mismas como alimento, pudiéndose incrementar su consumo futuro de forma potencial.
2. Las flores de las plantas comunes del género *Allium* (cebollino, cebolla blanca, cebolla roja y puerro) y las flores del ajo ornamental y del puerro silvestre han presentado un buen perfil nutricional y relaciones que explican una alta variabilidad de los resultados. El agua es el componente principal de estas flores comestibles y los hidratos de carbono son los macronutrientes primarios. Estas flores son fuente de fibra e incluso de proteínas, con muy bajo contenido de lípidos, así como bajo aporte energético, por lo que satisfacen diversas demandas dietéticas, incluidas las vegetarianas y veganas.
3. Las propiedades funcionales del género *Allium* provienen del alto contenido y del perfil de compuestos bioactivos. La pigmentación morada, de los pétalos de algunas de las flores estudiadas puede estar relacionada con el mayor contenido en polifenoles, sobre todo en la flor de puerro. La mayor actividad antioxidante de las flores de ajo ornamental y cebollino posiblemente está relacionada con la mayor presencia de sustancias orgánicas derivadas del azufre. La potente actividad antioxidante de las flores de *Allium* estudiadas y su relación con actividades biológicas notables se ajusta adecuadamente a la tendencia actual de búsqueda de alimentos naturales y saludables, con propiedades nutraceuticas.
4. Las concentraciones en metales pesados de las flores de las plantas comunes del género *Allium* (cebollino, cebolla blanca, cebolla roja y puerro) y las flores del ajo ornamental y del puerro silvestre han sido imperceptibles, por lo que la ingesta de estas flores es segura, respecto a la posibilidad de acumulación de este tipo de elementos. La única flor que ha mostrado una leve capacidad de concentrar estos elementos es la de cebollino, pudiéndose emplear como fuente biorremediadora ante la posibilidad de acumulación de metales pesados.

5. CONCLUSIONES

5. La mayor densidad mineral se presenta en las flores de cebollino, principalmente por la acumulación de fósforo, potasio y oligoelementos como el zinc, siendo la característica más influyente en la clasificación y diferenciación de estas flores frente al resto de las estudiadas.
6. El análisis de componentes principales ha permitido clasificar y separar las flores estudiadas de *Allium* en cuatro grupos lógicos, caracterizados por el mayor contenido en los diferentes parámetros.
7. El uso de las flores de *Allium*, como materia prima en elaboraciones gastronómicas, ha sido una herramienta útil como sustitución de los bulbos y hojas de estas especies. Las innovaciones organolépticas, en los diferentes productos cárnicos transformados, que las flores aportan en estas elaboraciones han sido toques aromáticos sutiles, pero no molestos, como los característicos al género *Allium*. La fracción volátil de las flores, para cada una de las elaboraciones gastronómicas presentadas, aportan el conjunto de aromas frescos y dulces de las flores, junto con algunos aromas pungentes característicos del género *Allium*, dando lugar a sabores innovadores en los platos tradicionales o en preparaciones tipo *gourmet*, con una amplia gama de posibilidades en el desarrollo de alimentos funcionales.
8. El conocimiento de la composición nutricional, bioactiva y de la fracción volátil de las flores comestibles de las plantas comunes del género *Allium* (cebollino, cebolla blanca, cebolla roja y puerro) y las flores del ajo ornamental y del puerro silvestre es un instrumento de alto valor para el desarrollo de recetas culinarias, en los centros de formación en gastronomía, a través de la formulación de recetas saludables, nutricionalmente equilibradas y organolépticamente atractivas.
9. Las altas concentraciones de los componentes órgano sulfurados de las flores comestibles de las especies de *Allium* suministran propiedades bioactivas, caracterizando a estas flores con un alto potencial nutracéutico.
10. Se necesitan más estudios de biodisponibilidad para comprender el efecto nutricional y sobre la salud de las flores de *Allium*, así como de los componentes específicos y la concentración activa de los compuestos órgano sulfurados para funciones fisiológicas. Estas investigaciones deberían centrarse en la comprensión de los mecanismos y la base de las relaciones estructura-actividad, así como los efectos toxicológicos de los compuestos bioactivos aislados de las flores comestibles de *Allium*. Así como la creación de un manual de buenas prácticas para el manejo adecuado (cultivo, manejo y preparación) de las flores comestibles para su comercialización.

6. BIBLIOGRAFÍA



6. BIBLIOGRAFÍA

- Abbet C, Mayor R, Roguet D, Spichiger R, Hamburger M, Potterat O. (2014). Ethnobotanical survey on wild alpine food plants in Lower and Central Valais (Switzerland). *Journal of Ethnopharmacology*, 151(1): 624-634. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.022>
- Abu-Lafi S, Dembicki JW, Goldshlay P, Hanus LO, Dembitsky VM. (2004). The use of the "Cryogenic" GC/MS and on-column injection for study of organosulfur compounds of the *Allium sativum*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17: 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.09.002>
- Adamczyk-Szabela D, Lisowska K, Romanowska-Duda Z, Wolf WM. (2020). Combined cadmium-zinc interactions alter manganese, lead, copper uptake by *Melissa officinalis*. *Scientific reports*, 10(1): 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58491-9>
- Adeoye O, Pitan O, Akinkunmi O, Akinyemi O. (2020). Synergistic interactions between honeybee *Apis mellifera* L. and flower colour of sunflower in response to NPK fertilizer application. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management*, 13(4). <https://ejesm.org/doi/v13i4.10>
- Akihisa T, Yasukawa K, Oinuma H, Kasahara Y, Yamanouchi S, Takido M, Kumaki K, Tamura T. (1996). Triterpene alcohols from the flowers of compositae and their anti-inflammatory effects. *Phytochemistry*, 43: 1255–1260. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(96\)00343-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(96)00343-3)
- Akihisa T, Franzblau SG, Ukiya M, Okuda H, Zhang F, Yasukawa K, Suzuki T, Kimura Y. (2005). Antitubercular activity of triterpenoids from asteraceae flowers. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28: 158-160. <https://doi.org/10.1248/bpb.28.158>
- Alley RL, Alley TR. (1998). The influence of physical state and color on perceived sweetness. *J. Psychol.*, 132(5): 561-568. <https://doi.org/10.1080/00223989809599289>
- Antarkar S, Sharma A, Bhargava A, Gupta H, Tomar R, Srivastava S. (2019). Physico-chemical and Nutritional Evaluation of Cookies with Different Levels of Rosehip and Hibiscus Powder Substitution. *Archives of Current Research International*, 1-10. <https://doi.org/10.9734/acri/2019/v17i330109>
- AOAC 985.35. (2005). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Virginia.
- Aremu AO, Van Staden J. (2013). The genus *Tulbaghia* (Alliaceae)—A review of its ethnobotany, pharmacology, phytochemistry and conservation needs. *J. Ethnopharmacol.*, 149: 387–400. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.06.046>
- Barash CW. (1998). The flavors of flowers. *Herb companion*, 10(4): 32-37.
- Barceló Coll J, Nicolás Rodrigo G, Sabater B, Sánchez R. (1992). *Fisiología vegetal*. Ed. Pirámide, S.A. Madrid. 662 pp.
- BEDCA (2013). Base de Datos Española de Composición de Alimentos. AESAN/BEDCA v 1.0. <https://bedca.net/bdpub/>. Acceso agosto de 2022.
- Behe BK, Campbell B, Dennis J, Hall C, Lopez R, Yue C. (2010). Gardening consumer segments vary in ecopractices. *HortScience*, 45(10): 1475–1479. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.10.1475y>
- Bengoechea ML, Sancho AI, Bartolomé B, Estrella I, Gómez-Cordovés C, Hernández MT. (1997). Phenolic composition of industrially manufactured purees and concentrates from peach and apple fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(10), 4071-4075.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Berdonces JL. (2001). Gran enciclopedia de las plantas medicinales. El Dioscórides del siglo XXI. Barcelona. Tikal ediciones.
- Bermúdez Camacho G. (2016). Catálogo de flores comestibles (Doctoral dissertation, Facultad en Ciencias de la Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Gastronomía-UNICACH).
- Bhattacharyya S, Roychowdhury A, Ghosh S. (2008). Lutein content, fatty acid composition and enzymatic modification of lutein from marigold (*Tagetes patula* L.) flower petals. *Journal of the Indian Chemical Society*, 85: 942-944.
- Bilia AR, Salvini D, Mazzi G, Vincieri FF. (2001). Characterization of calendula flower, milk-thistle fruit, and passion flower tinctures by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Chromatographia*, 53: 210-215.
- Bohra M, Visen A. (2018). Nutraceutical Properties in Flowers. In: *Nutraceuticals and Innovative Food Products for Healthy Living and Preventive Care*. IGI Global: 217-235.
- Bonomelli C, Ruiz R. (2010). Effects of foliar and soil calcium application on yield and quality of table grape cv. 'Thompson Seedless'. *Journal of plant nutrition*, 33(3): 299-314. <https://doi.org/10.1080/01904160903470364>
- Botanical-online. (2022). Flores silvestres comestibles. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/alimentos/plantas-comestibles-lista>
- Bulduk I. (2020). Determination of trace element levels in flowers and leaves of *vicia faba* by ICP-MS. *Progress in Chemical and Biochemical Research*, 3(3): 221-228. <https://doi.org/10.33945/SAMI/PCBR.2020.3.4>
- Butnariu M, Coradini CZ. (2012). Evaluation of biologically active compounds from *Calendula officinalis* flowers using spectrophotometry. *Chemistry central journal*, 6:35. <http://journal.chemistrycentral.com/content/6/1/35>
- Camefort M. (1972). *Morphologie des Végétaux Vasculaires*. Segunda edición. Doin, Éditeurs.
- Castañeda-Ovando A, Galán-Vidal CA, Pacheco-Hernández ML, Rodríguez JA, Páez-Hernández ME. (2009). Evaluación del contenido de metales y su efecto en la estabilidad de antocianinas. *CyTA-Journal of Food*, 7(3): 225-232. <https://doi.org/10.1080/19476330903092837>
- Castillo H. (1999). Aspectos ecofisiológicos del cultivo de cebolla. In: Tapia, M. eds. *El Cultivo de la Cebolla*. Santiago, Universidad de Chile pp 19-24.
- Centurión HD, Espinosa MJ, Poot MJE, Cázares CJG. (2003a). *Cultura alimentaria de la región Sierra de Tabasco*. Editorial UJAT, Colección José Ma. Pino Suárez. 48-49 pp.
- Centurión HD, Cázares CJG, Espinosa MJ, Poot-Matu JE, Mijangos CMA. (2003b). Aprovechamiento alimentario de inflorescencia en la región Sierra del estado de Tabasco. *Polibotánica*, 15: 89-97.
- Chen W, Gast KLB, Smithey S. (2000). The effects of different freeze-drying processes on the moisture content, color and physical strength of roses and carnations. *Sci. Hortic.*, 84: 321-323. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00106-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00106-5)
- Chen XM, Hu C, Raghubeer E, Kitts DD. (2010). Effect of high pressure pasteurization on bacterial load and bioactivity of *Echinacea purpurea*. *J. Food Sci.*, 75(7): 613-618. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01753.x>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Chen GL, Chen SG, Xie YQ, Chen F, Zhao YY, Luo CX, Gao YQ. (2015). Total phenolic, flavonoid and antioxidant activity of 23 edible flowers subjected to in vitro digestion. *Journal of Functional Foods*, 17: 243-259. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.028>
- Chen NH, Wei S. (2017). Factors influencing consumers' Attitudes towards the consumption of edible flowers. *Food Quality and Preference*, 56: 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.001>
- Chen Q, Xu B, Huang W, Amrouche AT, Maurizio B, Simal-Gandara J, ... Lu B. (2020). Edible flowers as functional raw materials: A review on anti-aging properties. *Trends in Food Science & Technology*, 106: 30-47. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.023>
- Chen W, Zhao L, Liu L, Li X, Li Y, Liang G, ... Yu D. (2021). Iron deficiency-induced transcription factors bHLH38/100/101 negatively modulate flowering time in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Science*, 308: 110929. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.110929>
- Chensom S, Okumura H, Mishima T. (2019). Primary screening of antioxidant activity, total polyphenol content, carotenoid content, and nutritional composition of 13 edible flowers from Japan. *Preventive nutrition and food science*, 24(2), 171. <https://doi.org/10.3746/pnf.2019.24.2.171>
- Chitrakar B, Zhang M, Bhandari B. (2019). Edible flowers with the common name "marigold": Their therapeutic values and processing. *Trends in Food Science & Technology*, 89: 76-87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.008>
- Christian KR, Jackson JC. (2009). Changes in total phenolic and monomeric anthocyanin composition and antioxidant activity of three varieties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) during maturity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(7), 663-667. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.05.007>
- Cunningham E. (2015). What nutritional contribution do edible flowers make? *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(5), 856. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.03.002>
- Davies MJ. (2016). Protein oxidation and peroxidation. *Biochem. J.*, 473: 805-825. <https://doi.org/10.1042/BJ20151227>
- Dell'Agli M, Busciala A, Bosisio E. (2004). Vascular effects of wine polyphenols. *Cardiovasc. Res.*, 63: 593-602. <https://doi.org/10.1016/j.cardiores.2004.03.019>
- Del Angel-Pérez AL, Alfonso MBM. (2004). Totonac homegardens and natural resources in Veracruz, Mexico. *Agriculture and Human Values*, 21(4): 329-346. <https://doi.org/10.1007/s10460-004-1219-9>
- Domínguez-López A, Remondetto E, Navarro-Galindo S. (2008). Thermal kinetic degradation of anthocyanins in a Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. cv. Criollo). *Int J Food Sci Technol*; 43(2): 322-325. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01439.x>
- Dorozko J, Kunkulberga D, Sivicka I, Kruma Z. (2019). The influence of various drying methods on the quality of edible flower petals. In *Proceedings of the 13th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food, Nutrition, Well-Being"*, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Jelgava, Latvia, 2-3 May 2019; Volume 1, pp. 182-187.
- Doyon M, Labrecque, JA. (2008). Functional foods: A conceptual definition. *Brit. Food J.*, 110: 1133-1149. <https://doi.org/10.1108/00070700810918036>
- Duarte G. (2009). Definición de Flores. Definición ABC. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/flores.php>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Evans RD. (1993). Flowers as food. *Small Farm Today*, 10(2): 18-21.
- Faizi S, Siddiqi H, Bano S, Naz A, Lubna A, Mazhar K, Nasim S, Riaz T, Kamal S, Ahmad A, Khan SA. (2008). Antibacterial and Antifungal Activities of Different Parts of *Tagetes patula*: Preparation of Patuletin Derivatives. *Pharmaceutical Biology*, 46:5, 309-320, <https://doi.org/10.1080/13880200801887476>
- Feás X, Vázquez-Tato MP, Estevinho L, Seijas JA, Iglesias A. (2012). Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules*, 17(7): 8359-8377. <https://doi.org/10.3390/molecules17078359>
- Fernandes L, Casal S, Pereira JA, Saraiva JA, Ramalhosa E. (2017a). Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 60: 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.03.017>
- Fernandes L, Casal S, Pereira JA, Pereira E, Ramalhosa E, Saraiva JA. (2017b). Effect of high hydrostatic pressure on the quality of four edible flowers: *Viola × Wittrockiana*, *Centaurea cyanus*, *Borago officinalis* and *Camellia japonica*. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 52: 2455-2462. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13530>
- Fernandes L, Casal S, Pereira JA, Pereira EL, Saraiva JA, Ramalhosa E. (2018). Effect of alginate coating on the physico-chemical and microbial quality of pansies (*Viola × wittrockiana*) during storage. *Food Science and Biotechnology*, 27(4): 987–996. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0326-0>
- Fernandes L, Ramalhosa E, Baptista P, Pereira JA, Saraiva JA, Casal SI. (2019a). Nutritional and nutraceutical composition of pansies (*Viola × wittrockiana*) during flowering. *Journal of food science*, 84(3): 490-498. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14482>
- Fernandes L, Saraiva JA, Pereira JA, Casal S, Ramalhosa E. (2019b). Post-harvest technologies applied to edible flowers: A review: Edible flowers preservation. *Food Reviews International*, 35(2): 132-154. <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1473422>
- Fernandes L, Casal S, Pereira JA, Malheiro R, Rodrigues N, Saraiva JA, Ramalhosa E. (2019c). Borage, calendula, cosmos, Johnny Jump up, and pansy flowers: volatiles, bioactive compounds, and sensory perception. *European Food Research and Technology*, 245(3): 593-606. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3183-4>
- Filippini S, Cilloni M, Malavoti F, Violi C, Malagoli M, Tesauo I, Bottecchi A, Ferrari L, Vescovi M, Vincetti M. (2018). Dietary intake of cadmium, chromium, copper, manganese, selenium and zinc in a Northern Italy community. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50: 508-517. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.03.001>
- Flores JS, Canto-Aviles GCO, Flores-Serrano AG. (2001). Plantas de la flora yucatanense que provocan alguna toxicidad en el humano. *Revista Biomédica*, 12 (2): 86-96. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v12i2.261>
- Franco M, Chocarro C, Santiveri F, Ballesta A. (2009). Producción potencial del cebollino en cultivo sin suelo bajo invernadero en el valle del Ebro. *Actas del VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas*: 516-520.
- Friedman H, Vinokur Y, Rot I, Rodov V, Goldman G, Reznick N, Hagiladi A, Umiel N. (2005). *Tropaelum majus* L. as edible flowers growth and postharvest handling. *Adv. Hort. Sci* 19 (1): 3-8.
- Friesen N, Fritsch RM, Pollner S, Blattner FR. (2000). Molecular and morphological evidence for an origin of the aberrant genus *Milula* within Himalayan species of

6. BIBLIOGRAFÍA

- Allium* (Alliaceae). Mol. Phylogenet. Evol. 17(2): 209–218. <https://doi.org/10.1006/mpev.2000.0844>
- Friesen N, Fritsch RM, Blattner FR. (2006). Phylogeny and new intrageneric classification of *Allium* (Alliaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences. *Aliso*, 22: 372–395.
- Fritsch RM, Keusgen M. (2006). Occurrence and taxonomic significance of cysteine sulphoxides in the genus *Allium* L. (Alliaceae). *Phytochemistry*, 67(11): 1127–1135. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.03.006>
- Fu MR, Mao LC. (2008). In vitro antioxidant activities of five cultivars of daylily flowers from China. *Natural Product Research*, 22: 584–591. <https://doi.org/10.1080/14786410701592828>
- Fu MR, He Z, Zhao Y, Yang J, Mao L. (2009). Antioxidant properties and involved compounds of daylily flowers in relation to maturity. *Food Chemistry*, 114, 1192–1197. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.072>
- García Herrera P. (2014). Plantas silvestres de consumo tradicional en España: caracterización de su valor nutricional y estimación de su actividad antifúngica. Facultad de Farmacia - Universidad Complutense de Madrid.
- García-Mateos R, Lucas B, Zendejas M, Soto-Hernández M, Martínez M, Sotelo A. (1996). Variation of total nitrogen, nonprotein nitrogen content, and types of alkaloids at different stages of development in *Erythrina americana* seeds. *J Agric Food Chem.*, 44: 2988–2991. <https://doi.org/10.1021/jf9600768>
- García-Pérez ME, Niokhor DP, Stevanovic T. (2008). Comparative study of antioxidant capacity of yellow birch twigs extracts at ambient and high temperatures. *Food chemistry*, 107(1): 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.026>
- Garzón GA, Wrolstad RE. (2009). Major anthocyanins and antioxidant activity of nasturtium flowers (*Tropaelum majus*). *Food Chemistry*, 114, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.013>
- Ge L, Lin B, Mo J, Chen Q, Su L, Li Y, Yang K. (2019). Composition and antioxidant and antibacterial activities of essential oils from three yellow *Camellia* species. *Trees*, 33(1): 205–212. <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1769-x>
- Ghosh D. (2013). A feast of flowers. *Resonance*, 18(11): 1004–1014. <https://doi.org/10.1007/s12045-013-0127-y>
- Gomes S, Belo AT, Alvarenga N, Dias J, Lage P, Pinheiro C, Pinto-Cruz C, Bras T, Duarte MF, Martins AP. (2019). Characterization of *Cynara cardunculus* L. flower from Alentejo as a coagulant agent for cheesemaking. *International Dairy Journal*, 91: 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.09.010>
- Gómez C, Egas A. (2014). Análisis histórico del sector florícola en el Ecuador y estudio del mercado para determinar su situación actual. (Tesis de Licenciatura). Quito: USFQ. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3323/1/110952.pdf>
- González-Barrio R, Periago MJ, Luna-Recio C, Garcia-Alonso FJ, Navarro-González I. (2018). Chemical composition of the edible flowers, pansy (*Viola wittrockiana*) and snapdragon (*Antirrhinum majus*) as new sources of bioactive compounds. *Food Chemistry*, 252: 373–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.102>
- Granato D, Carochi M, Barros L, Zabetakis I, Mocan A, Tsoupras A, Gomes Cruz A, Pimentel TC. (2022). Implementation of Sustainable Development Goals in the dairy sector: Perspectives on the use of agro-industrial side-streams to design functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 124: 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.009>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Gruenwald J. (2009). Novel botanical ingredients for beverages. *Clin. Dermatol.*, 27: 210-216. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2008.11.003>
- Guimarães R, Barros L, Carvalho AM, Ferreira IC. (2010). Studies on chemical constituents and bioactivity of *Rosa micrantha*: An alternative antioxidants source for food, pharmaceutical, or cosmetic applications. *J. Agric. Food Chem.*, 58: 6277–6284. <https://doi.org/10.1021/jf101394w>
- Grzeszczuk M, Wesółowska A, Jadczyk D, Jakubowska B. (2011). Nutritional value of chive edible flowers. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 10(2): 85-94.
- Grzeszczuk M, Stefaniak A, Pachłowska A. (2016). Biological value of various edible flower species. *Acta Sci. Pol. Hortoru.*, 15(2): 109-119. <https://doi.org/10.24326/asphc.2020.4.10>
- Grzeszczuk M, Wesółowska A. (2018). Composition of essential oils and some antioxidants in flowers of three *Chrysanthemum* cultivars. *Journal of Elementology*, 23(4): 1331-1342. <https://doi.org/10.5601/jelem.2018.23.1.1543>
- Grzeszczuk M, Stefaniak A, Meller E, Wysocka G. (2018). Mineral composition of some edible flowers. *Journal of Elementology*, 23(1): 151-162. <https://doi.org/10.5601/jelem.2017.22.2.1352>
- Guiné RP, Florença SG, Ferrão AC, Bizjak MČ, Vombergar B, Simoni N, Vieira V. (2021). Factors affecting eating habits and knowledge of edible flowers in different countries. *Open Agriculture*, 6(1): 67-81. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0208>
- Hardy G. (2000). *Nutraceuticals and Functional Foods: Introduction and Meaning*. Nutrition, 16: 688-698.
- Haston E, Richardson JE, Stevens PF, Chase MW, Harris DJ. (2009). The Linear Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2): 128-131. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.01000.x>
- Hernández I, Alegre L, van Breusegem F, Munné-Bosch S. (2009). How relevant are flavonoids as antioxidants in plants?. *Trends in Plant Science*, 14(3): 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.12.003>
- Hettiarachchi MP, Balas J. (2004). Effects of cold storage on post-harvest keeping quality of gloriosa (*Gloriosa superba* L.) flowering stems. *Trop. Agric. Res. Ext.*, 7: 88-94.
- Hidalgo ALA. (2008). Estudio de cuatro flores comestibles y su aplicación en la gastronomía [disertación]. Facultad de turismo y preservación ambiental, hotelería y gastronomía. Quito.
- Hogan E, Kelly AL, Sun DW. (2005). High Pressure Processing of foods: An overview. In: *Emerging Technologies for Food Processing*, Sun, D.-W. Ed.; Elsevier: California, 3-32.
- Holm F. (2003). *New Functional Food Ingredients Cardiovascular Health*. Food Group Denmark, Skødstrup, Denmark. 8-31 pp.
- Hopkins AL, Lamm MG, Funk JL, Ritenbaugh C. (2013). *Hibiscus sabdariffa* L. in the treatment of hypertension and hyperlipidemia: A comprehensive review of animal and human studies. *Fitoterapia*, 85: 84-94. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.01.003>
- Hunter DC, Zhang J, Stevenson LM, Skinner MA. (2008). Fruit-based functional foods II: The process for identifying potential ingredients. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 43: 2123-2129. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01854.x>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Hussain N, Ishak I, Harith NM, Kuan GLP. (2019). Comparison of bioactive compounds and sensory evaluation on edible flowers tea infusion. *Italian Journal of Food Science*, 31(2).
- Ibrahim ME (2017). Trials on the application of fertilization combined with plant hormone spraying for improving the production of carnation absolute oil. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8 (4): 1284-1290.
- Ivanova A, Mikhova B, Najdenski H, Tsvetkova I, Kostova I. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of wild garlic *Allium ursinum* of Bulgarian origin. *Natural product communications*, 4(8): 1934578X0900400808.
- Jakubczyk K, Koprowska K, Gottschling A, Janda-Milczarek K. (2022). Edible Flowers as a Source of Dietary Fibre (Total, Insoluble and Soluble) as a Potential Athlete's Dietary Supplement. *Nutrients*, 14(12), 2470. <https://doi.org/10.3390/nu14122470>
- Jan SA, Shinwari ZK, Malik M, Ilyas M. (2018). Antioxidant and anticancer activities of *Brassica rapa*: a review. *MOJ Biol Med*, 3(4), 175-178. <https://doi.org/10.15406/mojbm.2018.03.00094>
- Jang M, Cai L, Udeani GO, Slowing KV, Thomas CF, Beecher CW. (1997). Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. *Science*, 275: 218-220.
- Ji HF, Du AL, Zhang LW, Xu CY, Yang MD, Li FF. (2012). Effects of drying methods on antioxidant properties in *Robinia pseudoacacia* L. *J Med Plants Res.*, 6: 3233-3239. <https://doi.org/10.5897/JMPR12.107>
- Jograna MB, Patil DS, Kotwal SV. (2020). Digitalis Species a Potent Herbal Drug: A Review on Their Pharmacognosy and Pharmacological Activities. *Journal of Current Pharma Research*, 10(4): 3821-3831.
- Jungmin L, Rennaker Ch, Wrolstad E. (2008). Correlation of two anthocyanin quantification methods: HPLC and spectrophotometric methods. *Food Chem.*, 110: 782–786. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.010>
- Kaisoon O, Konczak I, Siriamornpun S. (2012). Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand. *Food Research International*, 46: 563–571. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.016>
- Kaneko K. (2021). Appetite regulation by plant-derived bioactive peptides for promoting health. *Peptides*, 144: 170608. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2021.170608>
- Kara D. (2009). Evaluation of trace metal concentrations in some herbs and herbal teas by principal component analysis. *Food Chem.*, 114: 347-354.
- Karou D, Dicko MH, Simpore J, Traore AS. (2005). Antioxidant and antibacterial activities of polyphenols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso. *African journal of biotechnology*, 4(8): 823-828.
- Kaur S, Das M. (2011). Functional foods: An overview. *Food Science and Biotechnology*, 20(4), 861-875. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0121-7>
- Keast RS. (2016). Effects of sugar and fat consumption on sweet and fat taste. *Current opinion in behavioral sciences*, 9: 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.12.003>
- Kelley KM, Behe BK, Biernbaum JA, Poff KL. (2001). Consumer ratings of edible flower quality, mix, and color. *HortTechnology*, 11(4): 644-647.
- Kelley KM, Behe BK, Biernbaum JA, Poff KL. (2002). Combinations of colors and species of containerized edible flowers: Effect on consumer preferences. *Hortscience.*; 37(1): 218-221.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Kelley KM, Cameron AC, Biernbaum JA, Poff KL. (2003). Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. *Postharvest Biol. Technol.*, 27: 341-344. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00096-0)
- Khandagale K, Krishna R, Roylawar P, Ade AB, Benke A, Shinde B, Singh M, Gawande SJ, Rai A. (2020). Omics approaches in *Allium* research: Progress and way ahead. *PeerJ* 8:e9824 <https://doi.org/10.7717/peerj.9824>
- Kim HO, Durance TD, Scaman CH, Kitts DD. (2000). Retention of caffeic acid derivatives in dried *Echinacea purpurea*. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 4182-4186. <https://doi.org/10.1021/jf000245v>
- Kim SH, Joo MH, Yoo SH. (2009). Structural identification and antioxidant properties of major anthocyanins extracted from omija (*Schizandra chinensis*) fruit. *Journal of Food Science*, 74(2): 134-140. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01049.x>
- Koike A, Barreira JCM, Barros L, Santos-Buelga C, Villavicencio ALCH, Ferreira ICFR. (2015). Edible flowers of *Viola tricolor* L. as a new functional food: Antioxidant activity, individual phenolics and effects of gamma and electron beam irradiation. *Food Chem.*, 179: 6–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.123>
- Kohlmeier L, Kark JD, Gomez-Gracia E, Martin BC, Steck SE, Kardinaal AFM, Ringstad J, Thamm M, Masaev V, Riemersma R, Martin-Moreno JM, Huttunen JK, Kok FJ. (1997). Lycopene and myocardial infarction risk in the EURAMIC study. *Am. J. Epidemiol.*, 146: 618-626.
- Komochi, S. (1990). Bulb dormancy and storage physiology. In: Rabinowitch, H and Brewster, J. eds. *Onions and allied crops*. Boca Raton, CRC. Vol 1 pp 89-111.
- Kosztolnyik L. (1996). Selling edible flowers. *Natural Food Merchandiser*, 17(7): 74.
- Kou L, Turner ER, Luo Y. (2012). Extending the shelf life of edible flowers with controlled release of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science*, 77(5): 188–193. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02683.x>
- Krarup C, Moreira I. (1998). Hortalizas de estación fría. *Biología y diversidad cultural*. Universidad Católica de Chile, VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. Disponible en: http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498
- Kubec R, Krejčová P, Mansur L, García N. (2013). Flavor precursors and sensory-active sulfur compounds in alliaceae species native to South Africa and South America. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(6), 1335-1342. <https://doi.org/10.1021/jf305179p>
- Kucekova Z, Mlcek J, Humpolicek P, Rop O. (2013). Edible flowers—antioxidant activity and impact on cell viability. *Central European Journal of Biology*, 8(10): 1023–1031. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0212-y>
- Kumaran A, Karunakaran RJ. (2007). Antioxidant activity of *Cassia auriculata* flowers. *Fitoterapia*, 78(1), 46-47. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.09.031>
- Lara-Cortés E, Osorio-Díaz P, Jiménez-Aparicio A, Bautista-Baños S. (2013). Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles. *Revisión. Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(3): 197–208.
- Lara-Cortés E, Martín-Belloso O, Osorio-Díaz P, Barrera-Necha LL, Sánchez-López JA, Bautista-Baños S. (2014). Antioxidant capacity nutritional and functional composition of edible dahlia flowers. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XX (1), 101–116. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.07.024>
- Le Roy K, Vergauwen R, Cammaer V, Yoshida M, Kawakami A, Van Laere A, Van den Ende W. (2007). Fructan 1- exohydrolase is associated with flower opening in

6. BIBLIOGRAFÍA

- Campanula rapunculoides. *Funct Plant Biol.*: 34: 972-983. <https://doi.org/10.1071/FP07125>
- Leja M, Mareczek A, Wyżgolik G, Klepacz-Baniak J, Czekońska K. (2007). Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food chemistry*, 100(1): 237-240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.047>
- Lin SD, Sung JM, Chen CL. (2011). Effect of drying and storage conditions on caffeic acid derivatives and total phenolics of *Echinacea purpurea* grown in Taiwan. *Food Chem.*, 125: 226-231. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.006>
- Liu D, Shi J, Ibarra A, Kakuda Y, Xue SJ. (2008). The scavenging capacity and synergistic effects of lycopene, vitamin E, vitamin C, and β carotene mixtures on the DPPH free radical. *LWT-Food Sci. Technol.*, 41: 1344-1349. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.08.001>
- Liu D, Lv XX. (2019). Effect of blueberry flower pulp on sensory, physicochemical properties, lactic acid bacteria, and antioxidant activity of set-type yogurt during refrigeration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(1): e13856. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13856>
- Lockowandt L, Pinela J, Roriz CL, Pereira C, Abreu RM, Calhella RC, Alves MJ, Barros L, Bredol M, Ferreira IC. (2019). Chemical features and bioactivities of cornflower (*Centaurea cyanus* L.) capitula: The blue flowers and the unexplored non-edible part. *Industrial Crops and Products*, 128: 496-503. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.059>
- Loizzo MR, Pugliese A, Bonesi M, Tenuta MC, Menichini F, Xiao J, Tundis R. (2015). Edible flowers: a rich source of phytochemicals with antioxidant and hypoglycemic properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(12): 2467-2474. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03092>
- Luczaj L, Pieroni A, Tardío J, Pardo-de-Santayana M, Sõukand R, Svanberg I, Kalle R. (2012). Wild food plant use in 21 st century Europe, the disappearance of old traditions and the search for new cuisines involving wild edibles. *Acta societatis botanicorum poloniae*, 81(4): 359-370. <https://doi.org/10.5586/asbp.2012.031>
- Lyra CC, Vieira RF, Oliveira C, Santos SC, Seraphin JC, Ferri PH. (2008). Intraspecific variability in the essential oil composition of *Lychnophora ericoides*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 19: 842-848.
- Maisuthisakul P, Pasuk S, Ritthiruangdej P. (2008). Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(3): 229-240. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.11.005>
- Manzanero-Medina GI, Pérez-Herrera A, Lustre-Sánchez H, Vásquez-Dávila MA, Santos-Sánchez NF, Sánchez-Medina MA. (2018). Ethnobotanical and nutritional study of quelites sold in two traditional markets of Oaxaca, Mexico. *BioRxiv*, 453225. <https://doi.org/10.1101/453225>
- Marchioni I, Najar B, Ruffoni B, Copetta A, Pistelli L, Pistelli L. (2020). Bioactive compounds and aroma profile of some Lamiaceae edible flowers. *Plants*, 9(6): 691. <https://doi.org/10.3390/plants9060691>
- Mărghitaş LA, Stanciu OG, Dezmirean DS, Bobiş O, Popescu O, Bogdanov S, Campos MG. (2009). In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*, 115(3): 878-883. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.014>
- Martínez-Sánchez A, López-Cañavate ME, Guirao-Martínez J, Roca MJ, Aguayo E. (2020). Aloe vera Flowers, a Byproduct with Great Potential and Wide Application,

6. BIBLIOGRAFÍA

- Depending on Maturity Stage. *Foods*, 9(11): 1542. <https://doi.org/10.3390/foods9111542>
- Martínez-Tomé M, Murcia MA, Mariscal M, Lorenzo M, Gómez-Murcia V, Bibiloni M, Jiménez-Monreal AM. (2015). Evaluation of antioxidant activity and nutritional composition of flavoured dehydrated soups packaged in different formats. Reducing the sodium content. *Journal of food science and technology*, 52(12): 7850-7860. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1940-y>
- McCormick S. (2004). Control of male gametophyte development. *The Plant Cell*, 16 (suppl 1), S142-S153. <https://doi.org/10.1105/tpc.016659>
- McGuire S. (2016). Scientific report of the 2015 dietary guidelines advisory committee. Washington, DC: Us departments of agriculture and health and human services, 2015. *Advances in nutrition*, 7(1), 202-204. <https://doi.org/10.3945/an.115.011684>
- Meléndez-Martínez AJ, Vicario IM, Heredia FJ. (2004). Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. *Arch Latinoam Nutr.*, 54: 149-154.
- Melillo L. (1994). Diuretic plants in the paintings of Pompeii. *American Journal of Nephrology*, 14: 423-425.
- Mlcek J, Rop O. (2011). Fresh edible flowers of ornamental plants—a new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Science & Technology*, 22(10): 561-569. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.006>
- Moodley K, Joseph K, Naidoo Y, Islam S, Mackraj I. (2015). Antioxidant, antidiabetic and hypolipidemic effects of *Tulbaghia violacea* Harv. (wild garlic) rhizome methanolic extract in a diabetic rat model. *BMC Complement. Altern. Med.*, 15, 408. <https://doi.org/10.1186/s12906-015-0932-9>
- Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. (2000). *Harper's Biochemistry*, 25 th Edition, McGraw-Hill, Health Profession Division, USA.
- Navarro-González I, González-Barrio R, García-Valverde V, Bautista-Ortín AB, Periago MJ. (2015). Nutritional composition and antioxidant capacity in edible flowers: Characterisation of phenolic compounds by HPLC-DAD-ESI/MSn. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(1): 805-822. <https://doi.org/10.3390/ijms16010805>
- Nguyen NH, Driscoll HE, Specht CD. (2008). A molecular phylogeny of the wild onions (*Allium*; *Alliaceae*) with a focus on the western North American center of diversity. *Mol. Phylogenet. Evol.* 47(3): 1157-1172. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.12.006>
- Newman SE, O'Connor AS. (2009). *Edible flowers*. Colorado: Colorado State University Extension. <http://www.ext.colostate.edu/pubs/garden/07237.html>
- Nicolau AI, Gostin AI. (2016). Safety of edible flowers. In: V. Prakash, O. Martín-Belloso, L. Keener, S.B. Astley, S. Braun, H. McMahon, & H. Lelieveld, (Eds.), *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*. United States: Academic Press. 395-419.
- Nicolson SW, Nepi M, Pacini E. (2007). *Nectaries and nectar*. Dordrecht: Springer. The Netherlands. 396 pp.
- Nilsback ME, Zisserman A. (2008). Automated flower classification over a large number of classes. In *2008 Sixth Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image Processing*. IEEE, 722-729.
- Nnam NM, Onyeke NG. 2003. Chemical composition of two varieties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.), calyces and the drinks made from them. *Plants Food Hum Nutr.*, 58: 1-7. <https://doi.org/10.1023/B:QUAL.0000040310.80938.53>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Nowicka P, Wojdyło A. (2019). Anti-hyperglycemic and anticholinergic effects of natural antioxidant contents in edible flowers. *Antioxidants*, 8(8): 308. <https://doi.org/10.3390/antiox8080308>
- Oh SY, Du SH, Kim SJ, Hong J. (2008). Rapid determination of floral aroma compounds of lilac blossom by fast gas chromatography combined with surface wave sensor. *Journal of Chromatography*, 1183: 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.01.024>
- Ohmiya, A. (2011). Diversity of carotenoid composition in flower petals. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 45(2): 163-171.
- Osimitz TG, Franzosa JA, Maciver DR, Maibach HI. (2006). Pyrethrum allergic contact dermatitis in humans-Real? common?, or not documented? An evidence-based approach. *Cutaneous and Ocular Toxicology*, 25: 287-308. <https://doi.org/10.1080/15569520601013392>
- Özcan MM, Akbulut M. (2007). Estimation of minerals, nitrate and nitrite contents of medicinal and aromatic plants used as spices, condiments and herbal tea. *Food Chem.*, 106: 852-858. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.045>
- Peraita-Costa I, Carrillo Garcia P, Morales-Suárez-Varela M. (2022). Is there an association between β -carotene and breast cancer? A systematic review on breast cancer risk. *Nutrition and Cancer*, 74(1), 39-54. <https://doi.org/10.1080/01635581.2020.1865422>
- Pereira AM, Cruz RRP, Gadelha TM, da Silva ÁGF, da Costa FB, Ribeiro WS. (2020). Edible flowers: beauty, health and nutrition. *Research, Society and Development*, 9(7): e336972994-e336972994. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7>
- Petrovska BB, Cekovska S. (2010). Extracts from the history and medical properties of garlic. *Pharmacogn. Rev.*, 4: 106–110. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.65321>
- Pinakin DJ, Kumar V, Suri S, Sharma R, Kaushal M. (2020). Nutraceutical potential of tree flowers: a comprehensive review on biochemical profile, health benefits, and utilization. *Food Research International*, 108724. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108724>
- Pintao AM, Pais MSS, Coley H, Kelland LR, Judson IR. (1995). In vitro and in vivo antitumor activity of benzyl isothiocyanate: a natural product from *Tropaelum majus*. *Planta Med.* 61: 233-236. <https://doi.org/10.1055/s-2006-958062>
- Pires TC, Dias MI, Barros L, Ferreira IC. (2017). Nutritional and chemical characterization of edible petals and corresponding infusions: Valorization as new food ingredients. *Food Chemistry*, 220, 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.026>
- Pires TC, Dias MI, Barros L, Calhelha RC, Alves MJ, Oliveira MBP, Santos-Buelga C, Ferreira IC. (2018). Edible flowers as sources of phenolic compounds with bioactive potential. *Food Research International*, 105: 580-588. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.014>
- Pires TC, Barros L, Santos-Buelga C, Ferreira IC. (2019). Edible flowers: Emerging components in the diet. *Trends in Food Science & Technology*, 93: 244-258. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.020>
- Pojer E, Mattivi F, Johnson D, Stockley CS. (2013). The case for anthocyanin consumption to promote human health: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5): 483-508. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12024>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Powell SR. (2000). The antioxidant properties of zinc. *The Journal of nutrition*, 130(5), 1447S-1454S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1447S>
- Prasad AS, Bao B, Beck FW, Kucuk O, Sarkar FH. (2004). Antioxidant effect of zinc in humans. *Free Radical Biology and Medicine*, 37(8), 1182-1190. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.07.007>
- Prenesti E, Berto S, Daniele PG, Toso S. (2007). Antioxidant power quantification of decoction and cold infusions of Hibiscus sabdariffa flowers. *Food Chemistry*, 100(2), 433-438. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.063>
- Putnik P, Gabrić D, Roohinejad S, Barba FJ, Granato D, Mallikarjunan K, Lorenzo, JM, Kovačević DB. (2019). An overview of organosulfur compounds from *Allium* spp.: From processing and preservation to evaluation of their bioavailability, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. *Food chemistry*, 276: 680-691. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.068>
- Qiu L, Zhang M, Ju R, Wang Y, Chitrakar B, Wang B. (2020). Effect of different drying methods on the quality of restructured rose flower (*Rosa rugosa*) chips. *Drying Technology*, 38(12): 1632-1643. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1653318>
- Quintero Herrera M. (2016). Caracterización genética de especies pertenecientes al género *Allium*, de importancia comercial, distribuidas en los departamentos de Risaralda, Antioquia Quindío, Huila, Boyacá y Cundinamarca. Tesis de Maestría en Biología Vegetal. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira/Universidad del Quindío/Universidad de Caldas.
- Quinteros Fernández BR, Utrera Velázquez AI. (2019). Estudio de la flor comestible pensamiento (*viola tricolor*), Para la gastronomía gourmet, cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Universidad Regional Autónoma De Los Andes. 23 pp. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/9859>
- Randhir R, Shetty K. (2005). Developmental stimulation of total phenolics and related antioxidant activity in light-and dark-germinated corn by natural elicitors. *Process Biochemistry*, 40(5): 1721-1732. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.06.064>
- Raigón Jiménez MD, Zambrano-Núñez TM. (2019). Condiciones de conservación para las flores comestibles en producción ecológica. En Actas de XXVII Jornadas Técnicas de SEAE. VI Congreso Valenciano de Agricultura Ecológica. Gandía, España: Sociedad Española de Agricultura Ecológica. 456 - 462.
- Raigón Jiménez MD, García-Martínez MD, Zambrano-Núñez TM. (2018). Plantas de flores comestibles para huertos urbanos. En Actas del III Congreso Estatal de Huertos Ecológicos Urbanos y Periurbanos. Ciudades que Alimentan. Valencia, Spain: Sociedad Española de Agricultura Ecológica / Sociedad Española de Agroecología (SEAE). (42 - 42).
- Rao LG, Guns E, Rao AV. (2003). Lycopene: Its role in human health and disease. *Agro Food Industry Hi-Tech.*, 14: 25-30.
- Ražić S, Dogo S, Slavković L, Popović A. 2005. Inorganic analysis of herbal drugs. Part I. Metal determination in herbal drugs originating from medicinal plants of the family Lamiaceae. *J. Serb. Chem. Soc.*, 70(11): 1347-1355. <https://doi.org/10.2298/JSC0511347R>
- Roldàn E, Sánchez-Moreno C, Ancos BD, Cano MP. (2008). Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. *Food Chem.*, 108: 907-916. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.058>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Rop O, Mlcek J, Jurikova T, Neugebauerova J. (2012). Edible Flowers-A new Promising source of Mineral Elements in Human Nutrition. *Molecules*, 17: 6672-6683. <https://doi.org/10.3390/molecules17066672>
- Rose P, Whiteman M, Moore PK, Zhu YZ. (2005). Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: the chemistry of potential therapeutic agents. *Natural product reports*, 22(3): 351-368. <https://doi.org/10.1039/B417639C>
- Salinas-Moreno Y, Zúñiga-Hernández ARE, Jiménez-de la Torre LB, Serrano-Altamirano, V, Sánchez-Feria C. (2012). Color en cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y su relación con características fisicoquímicas en sus extractos acuosos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(3): 395-407. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.08.038>
- Sánchez Sanaguano LF. (2021). Evaluación de la fertilidad y productividad de los suelos con prácticas de agricultura de conservación en la microcuenca del río Sicalpa. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 86 pp. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15652/1/13T00934.pdf>
- Saurabh V, Barman K. (2020). Flowers: a potential source of human nutrition. *Journal of Postharvest Technology*, 8(1): 75-81.
- Schade F, Legge RL, Thompson JE. (2001). Fragrance volatiles of developing and senescing carnation flowers. *Phytochemistry*, 56: 703e710. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00483-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00483-0)
- Schwab W, Davidovich-Rikanati R, Lewinsohn E. (2008). Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *Plant J.*, 54: 712–732. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2008.03446.x>
- Sengupta A, Chosh S, Bhattacharjee S. (2004) *Allium* vegetables in cancer prevention: an overview. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 5, 229-230;
- Shahidi F. (2009). Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods. *Trends Food Sci. Tech.*, 20: 376-387. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.08.004>
- Siriamornpun S, Kaisoon O, Meeso N. (2012). Changes in colour, antioxidant activities and carotenoids (lycopene, β -carotene, lutein) of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) resulting from different drying processes. *J. Funct. Foods.*, 4: 757-766. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.05.002>
- Siró I, Kàpolna E, Kàpolna B, Lugasi A. (2008). Functional food. Product development, marketing, and consumer acceptance-A review. *Appetite*, 51: 456-467. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.060>
- Skrajda MN. (2017). Phenolic compounds and antioxidant activity of edible flowers. *Journal of Education, Health and Sport*, 7(8): 946–956. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.995637>
- Snoussi M, Trabelsi N, Dehmeni A, Benzekri R, Bouzlama L, Hajlaoui B, ... Papetti A. (2016). Phytochemical analysis, antimicrobial and antioxidant activities of *Allium roseum* var. *odoratissimum* (Desf.) Coss extracts. *Industrial Crops and Products*, 89: 533–542. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.048>
- Sotelo A, López-García S, Basurto-Peña F. (2007). Content of nutrient and antinutrient in edible flowers of wild plants in Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(3): 133–138. <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0053-9>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Spiteller G. (2005). The relation of lipid peroxidation processes with atherogenesis: a new theory on atherogenesis. *Molecular nutrition & food research*, 49(11): 999-1013. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200500055>
- Stefaniak A, Grezeszczuk ME. (2019). Nutritional and biological value of five edible flower species. *Not. Bot. Horti Agrobi.*, 47: 128-134. <https://doi.org/47.15835/nbha47111136>
- Stephan UW. (2002). Intra-and intercellular iron trafficking and subcellular compartmentation within roots. *Plant and Soil*, 241(1): 19-25.
- Sugawara T, Igarishi K. (2009). Cultivar variation in flavonoid components and radical scavenging activity of polyphenol fractions among edible chrysanthemum flowers. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, 56: 600-604. <https://doi.org/10.3136/nskkk.56.600>
- Sytar O, Kumar A, Latowski D, Kuczynska P, Strzałka K, Prasad MNV. (2013). Heavy metal-induced oxidative damage, defense reactions, and detoxification mechanisms in plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(4): 985-999. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1169-6>
- Szkudelska K, Szkudelski T. (2010). Resveratrol, obesity, and diabetes. *Eur. J. Pharmacol.*, 635: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2010.02.054>
- Tai CY, Chen BH. (2000). Analysis and Stability of Carotenoids in the Flowers of Daylily (*Heemerocallis d isticha*) as Affected by Various Treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(12), 5962-5968. <https://doi.org/10.1021/jf000956>
- Takahashi JA, Rezende FAGG, Moura MAF, Dominguet LCB, Sande D. (2020). Edible flowers: Bioactive profile and its potential to be used in food development. *Food Research International*, 129, 108868. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108868>
- Tanji A, Nassif F. (1995). Edible weeds in Morocco. *Weed Technology*, 9(3): 617-620.
- Tardío J, Pascual H, Morales R. (2005). Wild food plants traditionally used in the province of Madrid. *Econ Bot* 59(2): 122-136.
- Terpilowska S, Siwicki AK. (2019). Pro-and antioxidant activity of chromium (III), iron (III), molybdenum (III) or nickel (II) and their mixtures. *Chemico-Biological Interactions*, 298: 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2018.10.028>
- Tinello F, Mihaylova D, Lante A. (2020). Valorization of onion extracts as anti-browning agents. *Food Science and Applied Biotechnology*, 3(1), 16-21. <https://doi.org/10.30721/fsab2020.v3.i1.87>
- Tomar P, Virginia P, Sana A. (2022). Mineral Interactions with Other Nutrients. *International Journal of Research in Engineering and Science*, 10 (4): 38-42.
- Torija ME, Matallana MC, Chalup N. (2013). El ajo y la cebolla: de las medicinas antiguas al interés actual. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural Sección Biología*, 107: 29-37.
- TRAXCO (2022). Cultivo de flores comestibles. Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/produccion-agricola/cultivar-flores-comestibles>
- Tresserra-Rimbau A, Lamuela-Raventos RM, Moreno JJ. (2018). Polyphenols, food and pharma. Current knowledge and directions for future research. *Biochem. Pharmacol*, 156: 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2018.07.050>
- Tundis R, Loizzo MR, Menichini F. (2010). Natural products as alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibitors and their hypoglycaemic potential in the treatment of

6. BIBLIOGRAFÍA

- diabetes: An update. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 10: 315–331. <https://doi.org/10.2174/138955710791331007>
- Universo, E. (2017). Ferran Adriá, el mejor chef del mundo, crea plato con rosas únicas de Ecuador. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/2009/11/11/1/1382/ferran-adria-mejor-chef-mundo-crea-plato-rosas-unicas-ecuador.html>
- Ukiya M, Akihisa T, Yasukawa K, Tokuda H, Suzuki T, Kimura Y. (2006). Anti-inflammatory, anti-tumor-promoting, and cytotoxic activities of constituents of marigold (*Calendula officinalis*) flowers. *Journal of Natural Products*, 69: 692–1696. <https://doi.org/10.1021/np068016b>
- United States Department of Agriculture (2018). USDA National Nutrient Database for Standard Reference. USDA Food Composition Databases. Beltsville, MD, USA: Nutrient Data Laboratory.
- Usami A, Kashima Y, Marumoto S, Miyazawa M. (2013). Characterization of aroma-active compounds in dry flower of *Malva sylvestris* L. by GC-MS-O analysis and OAV calculations. *Journal of oleo science*, 62(8): 563-570.
- Vallejo Villalobos JR, Peral Pacheco D, Carrasco Ramos MC. (2008). Las especies del género “Allium” con interés medicinal en Extremadura. *Medicina naturista*, 2(1): 3-8.
- Vanderjagt TJ, Ghattas R, Vanderjagt DJ, Crossey M, Glew RH. (2002). Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants. *Life Sci.*, 70(9): 1035-1040. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(01\)01481-3](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(01)01481-3)
- Velázquez Soto I. (2001). Flores e insectos en la dieta prehispánica y actual de México. *Rev. Entomología. Net.* http://www.alberto-peralta.com/e_books/Flores_insectos_dieta_prehispanica.pdf
- Villalta AM, Ergun M, Berry AD, Shaw N, Sargent SA. (2004). Quality changes of yellow summer squash blossoms (*Curcubita pepo*) during storage. *Acta Hort.*, 659: 831-834. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.659.108>
- Villavicencio ALCH, Heleno SA, Calhelha RC, Santos-Buelga C, Barros L, Ferreira ICFR. (2018). The influence of electron beam radiation in the nutritional value, chemical composition and bioactivities of edible flowers of *Bauhinia variegata* L. var. candida alba Buch. Ham from Brazil. *Food Chem.*, 241: 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.093>
- Vinokur Y, Rodov V, Reznick N, Goldman G, Horev B, Umiel N, Friedman H. (2006). Rose petal tea as an antioxidant-rich beverage: cultivar effects. *Journal of food science*, 71(1): S42-S47. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb12404.x>
- Von Helversen O, Winter Y. (2005). Glossophagine bats and their flowers: costs and benefits for plants and pollinators. En: *Bat ecology*. Ed. Thomas H. Kunz and M. Brock Fenton. Capítulo 8. University of Chicago Press. Chicago/Londres: 346-397.
- Voon HC, Rajeev B, Karim AA, Rosma A. (2013). Composition of tree peony (*Paeonia suffruticosa*) and Chinese apple flower (*Malus* spp.) buds. *Int. Food Res. J.*, 20(3): 1173-1179.
- Wikström N, Savolainen V, Chase MW. (2001). Evolution of the angiosperms: calibrating the family tree. *Proceedings of the Royal Society*, 268: 2211-2220.
- Willemse MTM, Van Went JL. (1984). The female gametophyte. In *Embryology of angiosperms*. Springer, Berlin, Heidelberg, 159-196.
- Wongwattanasathien O, Kangsadalampai K, Tongyongk L. (2010). Antimutagenicity of some flowers grown in Thailand. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 1045–1051. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.01.018>

6. BIBLIOGRAFÍA

- Xu Y. (2001). Perspectives on the 21st. century development of functional foods: bringing Chinese medicatet diet and functional foods. *International Journal of food Science and Technology*, 36: 229-242.
- Xu JM, Kamelin RV. (2000). *Allium L.* In *Flora of China*. Vol. 24. Edited by Z.Y. Wu and P.H. Raven. Science Press, Beijing, China, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, Mo. pp. 165–202.
- Yamagishi M, Shimoyamada Y, Nakatsuka T, Masuda K. (2010). Two R2R3-MYB genes, homologs of petunia AN2, regulate anthocyanin biosyntheses in flower tepals, tepal spots and leaves of Asiatic hybrid lily. *Plant and Cell Physiology*, 51(3): 463-474. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcq011>
- Yang PF, Yang YN, Feng ZM, Jiang JS, Zhang PC. (2019). Six new compounds from the flowers of *Chrysanthemum morifolium* and their biological activities. *Bioorganic chemistry*, 82: 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2018.10.007>
- Yassen AA, Habib AM, Sahar MZ, Khaled SM. (2010). Effect of different sources of potassium fertilizers on growth yield, and chemical composition of *Calendula officinalis*. *J. Am. Sci.*, 6(12): 1044-1048.
- Yildiz Ö, Eydurán SP. (2009). Functional components of berry fruits and their usage in food technologies. *Afr. J. Agr. Res.*, 4: 422-426.
- Zhang N, He Z, He S, Jing P. (2019). Insights into the importance of dietary chrysanthemum flower (*Chrysanthemum morifolium* cv. Hangju)-wolfberry (*Lycium barbarum* fruit) combination in antioxidant and anti-inflammatory properties. *Food Research International*, 116: 810-818. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.015>
- Zhang SS, Guo S, Zheng ZJ, Liu SJ, Hou YF, Ho CT, Bai NS. (2021). Characterization of volatiles in *Allium tenuissimum* L. flower by headspace-gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry, odor activity values, and the omission and recombination experiments. *LWT*, 151: 112144. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112144>
- Zhou C, Sun C, Chen K, Li X. (2011). Flavonoids, phenolics, and antioxidant capacity in the flower of *Eriobotrya japonica* Lindl. *International journal of molecular sciences*, 12(5): 2935-2945.
- Zhou L, Yu C, Cheng B, Wan H, Luo L, Pan H, Zhang Q. (2020). Volatile compound analysis and aroma evaluation of tea-scented roses in China. *Industrial Crops and Products*, 155: 112735. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112735>