

LOS ORGANISMOS ADHERENTES DEL PUERTO DE BARCELONA Y ENSAYOS
EFECTUADOS CON PINTURAS ANTIINCRUSTANTES

por

Enrique Morales y Enrique Arias

Dada la importancia económica que tiene la formación de adherencias orgánicas marinas sobre los cascos de las embarcaciones pesqueras, de recreo y cabotaje, y los problemas que plantean a los armadores y fabricantes de pinturas, hizo que se creara en el seno de la O.E.C.D.E., un grupo de expertos dedicados al estudio de dichos organismos. Estimulados por la necesidad de cooperar en tan vasto programa de investigación internacional, decidimos emprender los trabajos necesarios para aportar nuestra contribución al esfuerzo emprendido por otros países miembros de dicha organización, y cuyo objetivo primordial es reducir al máximo la merma económica que la formación de tales organismos ocasiona. De ella se tendrá idea si se toman en consideración los siguientes datos que extraemos de United States -Naval Institute- en Woods Hole Oceanographic Institution. Los datos a que nos referimos corresponden a investigaciones llevadas a cabo en mares de aguas templadas y determinan el efecto de las adherencias sobre buques, después de 6 meses de estar fondeados en puerto.

| Buques Tm | Pérdida de velocidad máxima en nudos | Porcentaje en aumento de consumo de combustible para mantener una velocidad de : | |
|-----------|---|--|----------|
| | | 10 nudos | 20 nudos |
| 35.000 | 1 1/2 | 45 | 40 |
| 23.000 | 1 1/4 | 45 | 40 |
| 10.000 | 1 1/4 | 50 | 45 |
| 1.850 | 2 | 50 | 35 |

En este informe se resumen las tres fases en que se ha proyectado este estudio. De la primera se exponen los trabajos y ensayos llevados a cabo hasta el momento. De la segunda los trabajos que se están efectuando y, por último, de la tercera, haremos mención de los trabajos que se preparan para el futuro.

Al iniciarse los trabajos, durante el año 1961-62, el programa trazado no tenía otro objeto que la obtención de datos de tipo hidrológico, susceptibles de ser ampliados, y la confección de un catálogo de los organismos adherentes que se encuentran en el puerto de Barcelona. Al mismo tiempo se prepararon los planos para la construcción de un flotador adecuado para que los futuros ensayos proporcionaran toda la información necesaria para la ecología de las adherencias encontradas, así como de las épocas de mínima y máxima fijación, y las condiciones hidrológicas requeridas por las distintas especies.

Siguiendo las normas preconizadas por la O.E.C.D.E., se hizo un es

tudio de las condiciones generales del puerto, teniendo muy presente el vertido de las aguas residuales de la ciudad en el recinto del mismo, producida por un total de 140 desagües, distribuidos en sus cinco dársenas y el antepuerto, que se descomponen en 24 grandes, 43 medianos y 73 pequeños.

El movimiento del agua es de muy poca importancia y su renovación muy lenta. Existe, no obstante, una corriente que entrando por la boca na circula adosada a la escollera o dique de Levante y recorre el perímetro interior del mismo, para salir por el lado opuesto. Esta corriente se advierte siempre en los cantiles de los muelles, donde accidentalmente puede llegar a alcanzar una velocidad de dos nudos. El movimiento de renovación horizontal por entrada de agua del exterior, se produce durante el verano. En sentido vertical tiene lugar cuando las temperaturas en superficie se igualan con las del fondo. No obstante el continuo tránsito de los buques produce, por la acción de las hélices, la mezcla del agua, por lo menos en superficie, durante todo el año.

Material y métodos para la recogida de datos

Las muestras de agua fueron recogidas, en un principio, en dos estaciones del interior del puerto y en una fuera del mismo, con objeto de poder efectuar comparaciones entre las estaciones elegidas en el recinto portuario y la correspondiente al exterior. En el segundo ciclo estudiado, la estación exterior fué suprimida y sustituida por otra que situamos en la dársena Nacional.

La estación nº 1 se situó en el centro del recinto portuario, entre las dársenas de San Beltrán y de la Industria. La estación nº 2 corresponde a la zona portuaria más próxima a la boca del mismo, con objeto de determinar la influencia del vertido de aguas residuales procedente de la cloaca general de Barcelona que desemboca, precisamente, en esta parte del Antepuerto.

En cada una de estas estaciones se ha procedido a tomar periódicamente, cada quince días, los siguientes datos a partir de muestras de aguas a 2 m de profundidad: determinaciones de salinidad y oxígeno disuelto, transparencia de las aguas, utilizando un disco de Secchi de 30 cm de ϕ , temperaturas en superficie mediante termómetro de mercurio, y a 1, 2, 5 y 10 m de profundidad, con termistor.

Los organismos catalogados han sido recogidos sobre los cascos de las embarcaciones que han limpiado fondos en el varadero.

Puesto que los ejemplares obtenidos, tanto animales como vegetales, proceden de embarcaciones de diversos tipos, y sólo tienen en común que fondean en el puerto, aunque en distintas dársenas, la información obtenida tiene únicamente valor documental. La periodicidad de estas muestras ha estado supeditada a las necesidades de los propietarios de dichas embarcaciones.

Se han tomado muestras de plancton de red, utilizando una manga biconica de seda Zurich de 70 hilos por cm lineal.

Es muy difícil en las condiciones expuestas determinar las fechas

de primera y última fijación de las distintas especies, y sus momentos de mínima y máxima adherencia. Esto se debe principalmente a varias circunstancias de las cuales consideramos como las más importantes las siguientes:

- 1º - La imposibilidad de disponer de embarcaciones que sirvan de testigo.
- 2º - No todas las embarcaciones acuden a limpiar fondos con la estricta puntualidad que un estudio de este tipo requiere.
- 3º - Tampoco puede asegurarse que la pintura de protección sea la misma, ni que lo sea la calidad y cantidad en todas las embarcaciones.
- 4º - No se puede comparar el grado de embarramiento que se haya producido en los distintos tipos de embarcaciones de las cuales nos hemos tenido que servir, puesto que mientras unas, las de pesca, navegan continuamente, las de recreo permanecen temporadas bastante amplias amarradas, y es sabido que la fijación de organismos es más abundante e intensa durante los períodos de inmovilidad.

Para subsanar las deficiencias advertidas en la primera fase del trabajo, se prosiguieron los ensayos a partir de agosto de 1962, utilizando para ello un flotador de 2'8 m de largo por 2'4 m de ancho capaz para contener 12 bastidores, en cada uno de los cuales se pueden colocar 7 placas de 15 x 20 cm. Se colocaron 12 placas testigo, sin pintar, retirándose una de ellas mensualmente, que a su vez fue reemplazada por otra nueva; su objeto era conocer la variación mensual de los organismos y los momentos de mínima y máxima fijación, así como la variación anual en todas las probetas que han permanecido sumergidas uno, dos... hasta doce meses.

Al mismo tiempo se obtuvieron extractos de pigmentos y se determinó la cantidad de fosfatos inorgánicos disueltos en el agua del puerto.

Datos hidrológicos

Los datos hidrológicos hallados a lo largo de los ciclos estudiados, muestran la influencia considerable de los aportes de aguas residuales procedentes de la cloaca general de Barcelona. Así, mientras los valores de salinidad y oxígeno son los más bajos, el contenido de fosfatos es el más elevado de todas las estaciones objeto de este estudio. Por lo que hace referencia a las temperaturas, muestran igualmente esta influencia hallándose valores ligeramente inferiores, particularmente en superficie.

Los valores más altos de las temperaturas se alcanzan en los meses de julio, agosto y septiembre, y vienen a ser del orden de los 24 a 26 ° C, coincidiendo con los meses de máximo embarramiento, y los mínimos se alcanzan en aquellos meses en los que dejan de hallarse larvas de organismos adherentes, con temperaturas que oscilan entre los 11 y 12 ° C, y son los meses de enero, febrero y marzo.

Considerando los valores registrados en cada una de las estaciones, observamos momentos, en la época invernal, en los que las temperaturas permanecen constantes en los diferentes niveles, mientras que en otros,

particularmente en los meses estivales, muestran variación desde la superficie al fondo, es decir, se observa una estratificación de las aguas.

Las diferencias de temperaturas entre las distintas estaciones que dan explicadas por su situación con respecto a la cloaca general de Barcelona.

La extinción de luz presenta valores máximos y mínimos del orden de los 6 y 0'5 m, respectivamente.

La absorción de estas aguas es muy superior a las del mar libre, debido principalmente a la gran cantidad de materia orgánica suspendida en forma de detritus, y en las épocas de máxima absorción al fitoplancton existente, siendo coincidentes los mínimos de absorción con los máximos de pigmentos hallados.

El % de saturación de oxígeno es considerablemente inferior en invierno que en verano, teniendo influencia la materia orgánica en descomposición, así como el contenido en plancton de las aguas.

La determinación de pigmentos del fitoplancton se ha efectuado tomando muestras de dos litros de agua obtenida a 2 m de profundidad, y los extractos se han conseguido en la forma habitual.

El problema que se presenta en las aguas del puerto, es distinto del que se encuentra en el mar libre del Mediterráneo, donde la cantidad de sales nutrientes es escasa, mientras que en el recinto portuario es de unas 50 veces superior al valor promedio hallado en aguas libres mediterráneas. En nuestro caso, la abundancia de sales nutrientes inorgánicas a lo largo del ciclo no puede constituir un factor limitante de la producción primaria del agua. Los valores hallados de los pigmentos disminuyen de octubre a enero y se incrementan desde marzo a septiembre correspondiéndose con las fechas de máxima iluminación. En el presente caso, la limitación estará relacionada con la energía luminosa y el número de horas de insolación.

La relación 430/665 nos indica la existencia de poblaciones estabilizadas con predominio de dinoflageladas durante los meses de invierno, y su disminución durante los meses estivales viene determinado por un aumento en la masa de diatomeas.

Resultados biológicos

Durante el primer ciclo de los trabajos se reunieron los datos necesarios para la confección de un catálogo de adherencias. Los organismos recogidos pueden distribuirse en dos grupos:

- a) Fauna adherente;
- b) Flora.

En el primer grupo, es decir, en el a), encontramos dos tipos: 1º los propiamente adherentes, y 2º, la fauna acompañante. En el segundo ciclo, estudiado en la forma indicada, obtuvimos comprobación de los datos hallados en el primero. Aunque no en su orden de aparición.

Los principales grupos de animales adherentes hallados, fueron los siguientes: Briozoos, con representantes tales como Bugula neritina y Bugula simplex. Crustáceos: de ellos, los de mayor interés, por adherirse fuertemente, son los Balanus, representados, en nuestro caso, por Balanus amphitrite. Moluscos, con Mytilus edulis, que es esporádico y en número reducido, habiéndose presentado siempre animales jóvenes. Anélidos que constituyen un grupo importantísimo entre los animales reconocidos en el puerto de Barcelona. Su casi totalidad pertenecen al género Serpula (Hydroides) norvegica, aunque se ha reconocido algún ejemplar de Serpula (Hydroides) uncinata. Por último, otro grupo encontrado, son las Ascidiias de las que tan sólo la forma Ciona intestinalis es embarrante.

Entre la fauna acompañante, constituida por diversos organismos de vida libre, se encontraron, entre las muestras estudiadas, Anélidos en cantidad variable, de los cuales caben señalar las siguientes familias de poliquetos: Afrodítidos, Esiónidos, Sílidos y Nereidos y, entre éstos, Nereis diversicolor. De todos ellos los más abundantes eran los Esiónidos.

Crustáceos: están representados por tres órdenes: Isópodos, Anfípodos y Decápodos, en total seis familias a las que pertenecen Sphaeroma sp. (al parecer, Serratum), Tanais sp., Idotea baltica, Elasmopus rapax, Eriothonius brasiliensis y Pachygrapsus marmoratus, representado este por ejemplares jóvenes y un adulto.

Moluscos: El Opisthobranchio Ancula gibbosa, es el único representante de este grupo que hemos encontrado. Normalmente vive sobre Ciona intestinalis y procede de una muestra rica en estas ascidiias.

Flora. - Se clasificaron ocho géneros. Entre ellos destacan por su abundancia Bryopsis plumosa, Ectocarpus cf. secundus, Enteromorpha intestinalis, Enteromorpha prolifica y Polysiphonia cf. nigra.

A partir de agosto de 1962, disponiendo del flotador se ha podido precisar que el período de máxima fijación tiene lugar entre los meses de mayo y noviembre, reduciéndose ésta a medida que lo va haciendo la temperatura y el contenido de fitoplancton y oxígeno, encontrándose el mínimo de fijación en los meses de enero a marzo.

La primera invasión tuvo lugar a finales de abril, apareciendo primero los Briozoos -Bugula neritina- que se fijaron en los bordes libres de las placas, al mismo tiempo lo hicieron los Ascidiados -Ciona intestinalis- que ocuparon el resto de las probetas. Ambos grupos de organismos se mantuvieron, aunque con menor intensidad, durante la mayor parte del año, pudiéndose situar el máximo de Ciona intestinalis, durante los meses de junio y julio.

Las comunidades adheridas sufrieron nuevas invasiones y no quedaron limitadas a un sólo estrato de organismos. Frecuentemente una o varias generaciones posteriores, se van adhiriendo a las ya establecidas, produciéndose así una fuerte competencia trófica, por el espacio y el oxígeno, siendo los organismos de más rápido desarrollo los que acaban triunfando. A las especies ya señaladas sigue una auténtica invasión de Cirrípedos -Balanus amphitrite- y de gusanos tubícolas Serpula (Hy-

droides) norvegica y en menor importancia de Briozoos, en este momento, se trata de Bugula simplex. Por lo observado hasta el presente, el crecimiento y desarrollo, es particularmente rápido cuando la temperatura del agua oscila alrededor de los 25 ° C.

Por último, sigue la fijación esporádica y en pequeña cantidad de Mytilus edulis, que tiene lugar durante los meses de agosto y septiembre, explicándose dicha fijación por la presencia en el Antepuerto del parque mejillonero.

Durante los meses de invierno, la mayoría de organismos mueren y dan lugar a putrefacciones apareciendo una gran cantidad de microorganismos, en su mayoría bacterias, que constituyen la base para la fijación de nuevos organismos.

Fitoplancton de red: Las muestras de plancton obtenidas desde 1961 a 1964 representan un total de 159 especies diferentes que se distribuyen como sigue: 2 Cianofíceas, 1 Silicoflagelada, 1 Flagelada, 82 Dinoflageladas, 72 Diatomeas y 1 Heteroconta.

Ensayos con pinturas marinas antifouling

Por las condiciones hidrológicas expuestas, así como por la gran existencia de larvas de organismos adherentes, las aguas del puerto de Barcelona son idóneas para la exposición de probetas pintadas y efectuar el estudio correspondiente del comportamiento de pinturas marinas antifouling.

Con la colaboración de distintas fábricas de pinturas marinas, Jotun-Valentine, S.A., Hempel Española, S.A., Pinturas y Derivados, S.L. y Urruzola, S.A., se han venido ensayando distintas fórmulas de pinturas antiincrustantes, con el fin de comprobar la calidad de las mismas en los períodos de máxima adherencia.

La exposición de probetas en condiciones naturales se realizó sumergiendo placas de acero inoxidable y de hierro a un metro de profundidad, convenientemente preparadas con los distintos tipos de pinturas antiincrustantes. Se procuró la utilización de probetas de acero inoxidable para evitar, en lo posible, que por deficiencias de pintado se formarían óxidos, que fuesen la causa de desprendimientos de pintura, y, en consecuencia, de los posteriores ataques de los organismos adherentes.

Conjuntamente con las probetas pintadas, se sumergieron probetas protegidas con pintura anticorrosiva atóxica con el fin de que actuasen como testigo.

Periódicamente, cada mes, se sacó una probeta testigo y otra de cada una de las pinturas objeto de ensayo, efectuándose el estudio de los organismos adherentes, al tiempo que se iban fotografiando con el fin de tener testimonio gráfico del desarrollo de las incrustaciones.

Una pintura antifouling consta, esencialmente, en su composición, de un disolvente, de una resina y de pigmentos tóxicos, generalmente sales de cobre y mercurio, aunque también se utilizan y ensayan

sales de zinc y plomo, así como compuestos orgánicos tóxicos, tales como bromoacetato de etilo, pentaclorofenol, etc., etc., si bien estos últimos, suelen entrar en proporciones muy inferiores a los primeramente citados.

La acción de esta clase de pinturas se basa en la cesión de las sales tóxicas de la película formada. La lixiviación depende de la cantidad y solubilidad del tóxico empleado y principalmente del tipo de resina utilizada. No es suficiente agregar grandes cantidades de sales de cobre y mercurio a una pintura, para que se tenga asegurada la calidad de la misma, lo esencial estriba en agregar una resina capaz de ceder estos iones dentro de unos valores críticos, por debajo de los cuales, las larvas de los organismos adherentes llegan a fijarse, y por encima de los mismos, y para valores excesivamente elevados, la pintura queda rápidamente exenta de la cantidad suficiente de tóxico, con la consiguiente acumulación de adherencias.

Es un hecho incuestionable que las pinturas antiincrustantes pierden gran parte del contenido de tóxico durante el período en que el barco permanece en movimiento. Esta parte de tóxico es malgastada y el tiempo efectivo de vida de una pintura se acorta extraordinariamente. Los ensayos realizados en el puerto, en donde las aguas tienen escaso movimiento, y los de laboratorio, que pretendemos llevar a efecto, no son exactamente comparables a lo que acontece en la realidad, si bien la información que con estas experiencias obtendremos nos permitirán tener una idea lo suficientemente clara sobre la calidad y futuro comportamiento de las pinturas antifouling.

De las cuarenta patentes que hasta el momento llevamos ensayadas, un porcentaje muy elevado de las mismas han dado un resultado francamente malo, pocas las de un resultado aceptable y muy escasas las que han tenido un comportamiento excelente.

En ciertas probetas, al poco tiempo de estar sumergidas, aparecen ennegrecidas y con la superficie totalmente incrustada. Estas pinturas, de lixiviación probablemente muy lenta, quedan recubiertas de una capa de bacterias sulfato reductoras, lo que ocasiona la formación de los sulfuros de cobre y mercurio correspondientes, ambos insolubles, reduciéndose considerablemente la acción tóxica sobre los organismos adherentes.

Otras pinturas, de rápida lixiviación, tienen una acción enérgica durante los dos primeros meses de exposición; posteriormente, pasado el período inicial, quedan totalmente incrustadas al quedar prácticamente agotada de sales tóxicas.

Con las pinturas que llevamos ensayadas, y las treinta y cinco que tenemos el proyecto llevar a efecto el presente año, tendremos una información, lo suficientemente completa, para poder hallar el valor crítico de lixiviación, idóneo para aguas mediterráneas, que nos permitirá conocer la calidad de una nueva fórmula de pintura, sin tener necesidad de recurrir a largos períodos de inmersión.

Es nuestra intención, conocido el comportamiento de las pinturas ensayadas en las balsas, efectuar las pruebas de lixiviación en el labora

torio, con el exclusivo objeto de hallar el valor crítico de cesión de tóxico para aguas mediterráneas. Estos ensayos comportan la inmersión por tiempo prolongado de probetas pintadas en agua de mar para poder efectuar el estudio de la cesión de cobre y mercurio a lo largo del ciclo de inmersión. Conocido el valor de la lixiviación diaria en agua de mar, probaremos lixivitaciones aceleradas, tipo ácido-alcalí o glicina, con objeto de hallar un factor de transformación entre el valor crítico para el agua de mar y el encontrado para las lixivitaciones aceleradas, que nos permita determinar con rapidez la calidad de una nueva fórmula de pintura antifouling, sin necesidad de recurrir a períodos amplios de inmersión, en condiciones naturales.

Por último, se realizarán ensayos con probetas de madera de pino sin proteger, para estudiar el ataque de los organismos adherentes, de acuerdo con los ensayos que se establecieron en la Reunión plenaria de la O.E.C.D.E., en junio de 1964.

D I S C U S I O N

SAN FELIU - En Castellón hemos realizado estudios sobre la hidrografía y zooplancton del puerto durante varios años. Creo sería interesante comparar los resultados obtenidos en dicho puerto y los de Barcelona.

ANDREU - Es curioso que el mejillón se reproduzca en el puerto de Barcelona justamente en la época de mayor reposo sexual del mejillón gallego.

¿Ha aparecido Pomatoceros entre los gusanos tubícolas?

Sería interesante saber si el mejillón incrustado corresponde a la forma atlántica o a la mediterránea.

MORALES - No hemos encontrado Pomatoceros.

No sé a ciencia cierta a qué forma pertenece el mejillón de las probetas utilizadas.

ARTE - Este mejillón nacido en el puerto procede de los mejillones de origen atlántico sembrados en las cuerdas de cultivo.