

ESTUDIO DE PINTURAS ANTIINCRUSTANTES

SOBRE CARENAS DE BARCOS

I. OPTIMIZACION DE FORMULACIONES OLEORRESINOSAS *

Dr. Vicente J. D. Rascio **

Ing. Quím. Carlos A. Giúdice ***

Ing. Quím. Juan C. Benítez

Tco. Quím. Mario Presta

- * Trabajo realizado con el aporte económico del LEMIT, del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) y del Servicio Naval de Investigación y Desarrollo (Programa ECMAR I).
- ** Director del CIDEPINT; Miembro de la Carrera del Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y del Comité International Permanent pour la Recherche sur la Préservation des Matériaux en Milieu Marin (COIPM).
- *** Responsable del Area "Estudios en Planta Piloto" del CIDEPINT.

INTRODUCCION

Para mantener la carena de una embarcación libre de "fouling" durante un período de tiempo predeterminado, es imprescindible el uso de pinturas antiincrustantes. Hasta el momento no se ha encontrado ningún otro método que sea efectivo tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Las pinturas mencionadas impiden la adherencia a la superficie sumergida tanto de aquellas especies que deterioran la película y provocan discontinuidad del esquema protector (el agua de mar accede al contacto con el metal produciendo la corrosión del mismo), como de los organismos voluminosos que oponen resistencia al desplazamiento de la embarcación y aumentan la fricción del agua sobre la carena.

En una etapa previa se han estudiado en balsas experimentales los diferentes parámetros involucrados en el comportamiento de las formulaciones antiincrustantes (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Las experiencias actuales corresponden a investigaciones realizadas en escala de planta piloto y a resultados logrados en ensayos efectuados sobre carenas de embarcaciones de la Armada Argentina (11). Se han introducido nuevos procesos y operaciones con el propósito de realizar un exhaustivo estudio de los parámetros de formulación, forma de aplicación y variables operativas de las embarcaciones.

La manera de actuar de las pinturas en estudio está basada en la liberación de pigmentos tóxicos por disolución de los mismos y del vehículo en el agua de mar. El control de la velocidad de disolución de la colofonia se realiza mediante el empleo de un plastificante adecuado (barniz fenólico); usualmente los tóxicos se disuelven más rápidamente que el vehículo, por lo que la solubilidad de éste determina la vida útil de la pintura.

La colofonia (Rosin WW) contiene aproximadamente 85 por ciento de ácidos resínicos (de los cuales el más importante es el ácido abiético). Los grupos carboxilo libres confieren carácter ácido a esta resina y solubilidad en soluciones alcalinas. Con el agua de mar (pH 8,2) forma resinatos solubles

con los iones sodio y potasio.

Los estudios en servicio, si bien se justifican por cuanto las condiciones experimentales son más adecuadas que las de una balsa, no permiten un diagnóstico acelerado del comportamiento de las pinturas, ya que se requieren lapsos no menores de 12 meses para su realización. Presentan además la desventaja de que las diferentes circunstancias de ensayo varían de un barco a otro: distintas condiciones operativas, exposición en zonas con diferente "fouling", dificultoso control de la uniformidad de aplicación y de las condiciones ambientales para la misma, que no siempre son las adecuadas, etc.

Como inconveniente secundario puede mencionarse el hecho de que, para obtener información durante el curso del ensayo se requieren equipos de buceo autónomo y de fotografía o de televisión submarina. En caso de no disponerse de los mismos, la observación sólo puede hacerse durante la entrada a dique de las embarcaciones.

VARIABLES ESTUDIADAS

Las variables estudiadas en escala de planta piloto en las distintas pinturas formuladas, corresponden a dos líneas diferentes de investigación.

1. VARIABLES QUE INVOLUCRAN PARAMETROS DE FORMULACION

Influencia del tipo y contenido de tóxico

Se utilizó óxido cuproso como tóxico fundamental, por ser su acción efectiva sobre la mayoría de los organismos marinos y por su precio relativamente bajo. Complementando la acción del mismo, en algunas formulaciones se empleó arseniato mercurioso, que proporciona mayor protección contra Cirripedios y algas. Asimismo el óxido de cinc es usado como tóxico de refuerzo en algunas de las muestras.

El diseño experimental elegido permitió comparar el com-

portamiento de pinturas antiincrustantes con alto y mediano contenido de material bioactivo y formuladas con y sin tóxico de refuerzo.

Influencia del contenido de inerte

Los extendedores inertes se emplean para complementar las propiedades de los pigmentos tóxicos y lograr una reducción de los costos sin incidir sobre la bioactividad de las pinturas.

Se utilizó para este fin carbonato de calcio, que cumple satisfactoriamente las exigencias mencionadas. Por su bajo peso específico reduce la sedimentación en el envase, y además, al hidrolizarse en agua de mar, influye sobre el pH de la interfase película de pintura/agua de mar y permite un mejor control del "fouling". La diagramación experimental contempla el empleo de contenidos variables de tiza. El estudio de la influencia del tipo de inerte está siendo desarrollado paralelamente y sus resultados serán objeto de una próxima comunicación.

Influencia de la composición química del vehículo y de su solubilidad en agua de mar

En las pinturas de vehículo soluble diseñadas, se disolvería inicialmente el tóxico superficial; a continuación lo harían las partículas restantes, una vez iniciada la disolución de la colofonia.

A fin de regular la solubilidad y con el objeto de aumentar la adherencia y otorgar flexibilidad al film, la colofonia fue plastificada con barniz fenólico.

Se experimentaron en esta etapa dos solubilidades diferentes, empleando relaciones colofonia barniz 3/1 y 5/1. La mayor solubilidad de matriz corresponde a esta última.

2. VARIABLES DE PINTADO SOBRE LA CARENA

Número de manos o espesor de película

Para estudiar la influencia de esta variable, en la mitad superior de los respectivos paneles, cada una de las dos manos

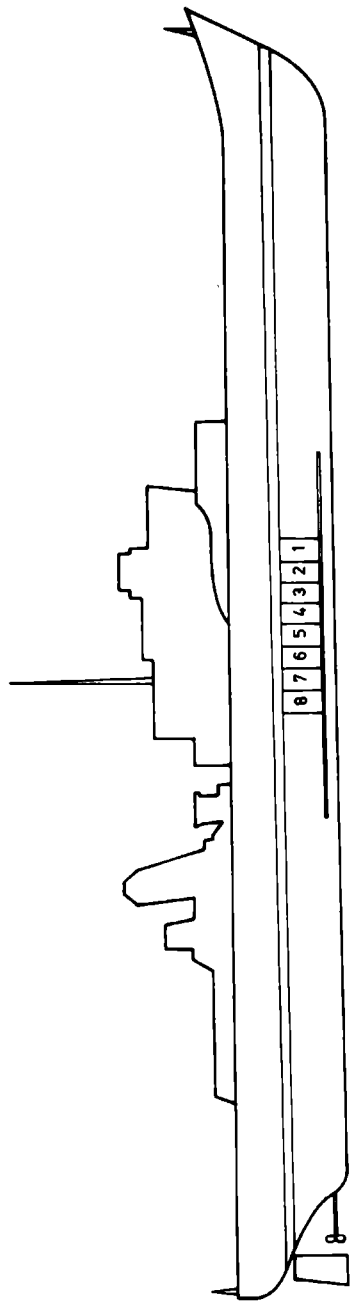


Fig. 1.- Disposición de los paneles pintados en el costado estribor del des-
tructor ARA Py

aplicadas fue reforzada con una nueva aplicación antes del secado de la pintura, con lo que se logró mayor espesor en dicha superficie.

Zona de aplicación en el casco

Las diferentes condiciones hidrodinámicas de flujo en las distintas zonas del casco, crean exigencias que prodrían llevar a un agotamiento más rápido o más lento de la pintura antiincrustante. Para establecer esta influencia, se seleccionaron zonas en los costados babor y estribor del buque, desde el centro hacia proa o popa, como se aprecia en los respectivos esquemas. Las pinturas fueron ordenadas en el costado babor invertidas con respecto al costado estribor (figuras 1, 2 y 3).

Condiciones operativas de la embarcación

Para la presente serie de experiencias se seleccionaron tres embarcaciones de características operativas diferentes:

- a) Un destructor, que navega durante lapsos bastante prolongados a lo largo del año, por lo que las condiciones experimentales presentan diferencias significativas con respecto a la balsa experimental; podría eventualmente llegarse a un agotamiento más rápido de la pintura que el previsto de acuerdo a los resultados logrados en balsa.
- b) Un crucero, cuyas condiciones operativas, con respecto al caso anterior, se relacionan fundamentalmente con tiempos de navegación menores y un mayor tiempo de estadía en puerto. De esta manera la acción agresiva del fouling podría incrementarse, pero se reduce la acción de solubilización por el flujo del agua sobre el casco, pudiendo por esto prolongarse la vida útil de la pintura.
- c) Un remolcador, que navega durante períodos prolongados, fundamentalmente dentro del puerto y a velocidades reducidas. Por estos motivos sería la condición experimental más parecida a la del ensayo en balsa.

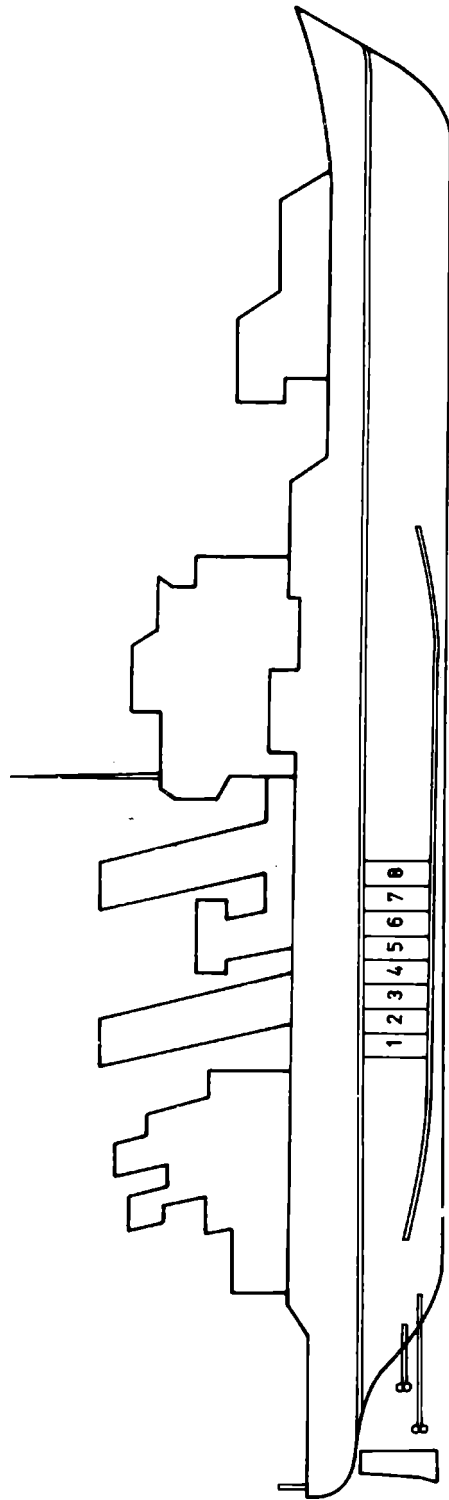


Fig. 2.- Disposición de los paneles pintados en el costado estribor del crucero ARA General Belgrano

FORMULACION DE LAS PINTURAS ANTIINCRUSTANTES

Se trabajó con ocho pinturas, cuyas características generales se presentan en la tabla I. Las pinturas 1 y 3 contienen como sustancia tóxica exclusivamente óxido cuproso; en esta última muestra el contenido de tóxico es inferior (60 %) al de la primera, habiendo sido reemplazado por carbonato de calcio; el vehículo correspondiente es el de menor solubilidad. Las muestras 2 y 4 son aproximadamente similares, habiéndose reemplazado en ambos casos 10 por ciento del óxido cuproso por óxido de cinc; la solubilidad del vehículo es igual a la de las dos ya citadas anteriormente.

En las muestras 5, 6, 7 y 8 se aplicó el mismo criterio de formulación, pero se empleó arseniato mercurioso como tóxico de refuerzo.

Las muestras 7 y 8 contienen además carbonato de calcio como extendedor. La solubilidad del vehículo es mayor que en el caso anterior.

Se emplearon diferentes aditivos para lograr condiciones adecuadas de bajo brillo y rápido secado de la película de pintura.

PREPARACION DE LAS PINTURAS ANTIINCRUSTANTES

Todas las muestras se prepararon primeramente en escala de laboratorio (1 litro) y una vez ajustada la formulación definitiva se pasó a escala de planta piloto.

Para tal fin, fue necesario estudiar el problema desde el punto de vista teórico y efectuar luego el cálculo de un reactor tanque agitado discontinuo, con características de prototipo (12).

Una vez determinados los parámetros característicos del mencionado reactor, se procedió a la fabricación de los diferentes componentes del vehículo (primeramente un standoil de lino y luego un barniz fenólico) (13, 14, 15, 16).

Los sistemas de control del reactor, permiten certificar características similares en los productos obtenidos en diferentes "batches".

Finalmente mediante el empleo de molinos a bolas se realizó la elaboración de las pinturas antiincrustantes. Los equipos utilizados tienen dos jarras de porcelana, de 26 litros de capacidad cada una.

APLICACION DE LAS PINTURAS SOBRE LA CARENA

Los paneles utilizados para las experiencias, ubicados a babor y estribor, tienen una superficie de aproximadamente 12 m² cada uno. En todos los casos se aplicaron dos manos de pintura antiincrustante a rodillo por los operarios de dique seco que realizan normalmente esa tarea, sobre el esquema anticorrosivo usualmente empleado por la Armada en los diques de la Base Naval de Puerto Belgrano (figura 4).

En la parte superior de cada panel se aplicaron otras dos manos de refuerzo con el objeto de obtener mayor espesor de película. El tiempo de secado entre mano y mano fue de 24 horas y la botadura se produjo 24 horas después de la última aplicación.

Cada panel requirió 6 litros de pintura, siendo el rendimiento de 4 m²/litro.

La superficie total pintada en cada embarcación osciló entre 100 y 130 m², para el conjunto de las muestras consideradas.

Las tareas mencionadas se realizaron en el destructor ARA Py (diciembre de 1975), en el crucero ARA General Belgrano (agosto de 1976) y en el remolcador ARA Guaycurú (junio.

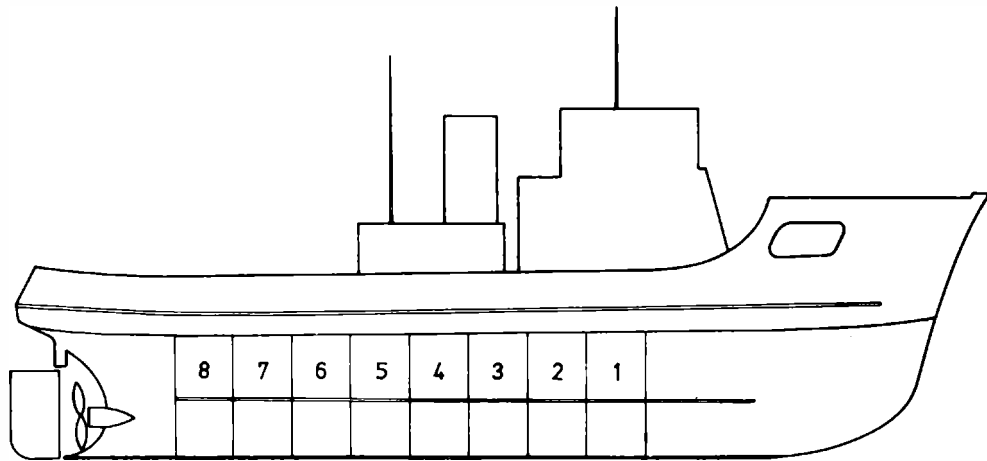


Fig. 3.- Disposición de los paneles pintados en el costado estribor del remolcador ARA Guaycurú

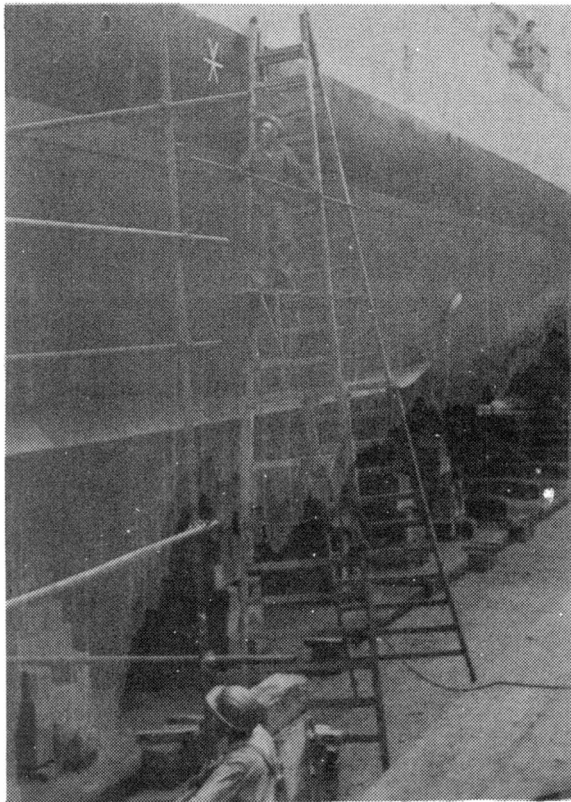


Fig. 4.- Vista de las operaciones de aplicación de las pinturas experimentales

de 1976).

RESULTADOS Y DISCUSION

El propósito fundamental de las investigaciones que ha iniciado nuestro grupo de trabajo, es el de desarrollar pinturas antiincrustantes altamente eficaces y de larga vida útil, que permitan mantener la superficie de la carena de naves de guerra o mercantes completamente libre de organismos de "fouling" durante lapsos prolongados. Paralelamente, dichas pinturas deberán tener el menor costo posible, pero compatibilizando el aspecto económico con el cumplimiento de los requisitos anteriormente mencionados.

Se ha insistido en formulaciones a base de óxido cuproso por entender que con este tóxico se pueden lograr tales objetivos y porque además es un producto que se fabrica en nuestro medio con moderna tecnología y óptima calidad.

El arseniato mercurioso que se utilizó en algunas de las muestras, ha sido preparado en el laboratorio poniendo a punto una técnica desarrollada a partir de la información bibliográfica existente (17). Su empleo en pequeñas cantidades permite, como ya se ha expresado, incrementar significativamente la bioactividad de estas pinturas principalmente frente a esporos de ciertos organismos vegetales (como es el caso del alga Enteromorpha intestinalis), que se muestran particularmente resistentes a la acción tóxica de los compuestos de cobre.

Otras propiedades que cumplen las formulaciones estudiadas, son las siguientes: tiempo de secado breve, pero compatible con el método de pintado a rodillo que se utiliza en los diques de carena de la Armada; facilidad de retoque de la película durante la aplicación; compatibilidad con cualquier esquema anticorrosivo; compatibilidad con las condiciones climáticas existentes en el dique en diferentes épocas del año; y, finalmente, adecuada estabilidad

T A B L A I
COMPOSICION DE LAS PINTURAS ANTIINCRUSTANTES EXPERIMENTADAS (g/100 g)

	Pintura nº							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pigmentos tóxicos y extendedores.....	50,6	50,6	50,6	50,6	54,9	54,7	54,9	54,7
Vehículo (sólidos).....	22,9	22,9	22,9	22,9	24,1	24,1	24,1	24,1
Aditivos.....	3,6	3,6	3,6	3,6	0,7	1,1	0,7	1,1
Disolventes y diluyentes.....	22,9	22,9	22,9	22,9	20,3	20,1	20,3	20,1

en el envase durante períodos prolongados.

En las pinturas a base de óxido cuproso su modo de acción involucra la disolución del tóxico (18, 19) con formación de un cloruro de cobre complejo; el "leaching rate" está controlado por la difusión de esta sustancia a través de la matriz a la capa de agua adyacente a la película de pintura.

Si además la matriz es soluble, como ocurre en el caso de las muestras utilizadas, se logra, para el cobre, un "leaching rate" no inferior a $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{día}$. Este es el nivel mínimo indispensable para controlar fundamentalmente la fijación de larvas de cirripedios (Balanus amphitrite, B. trigonus, etc.), aún cuando no asegura la obtención de superficies completamente libres de bacterias y de diatomeas, organismos éstos que constituyen lo que se denomina habitualmente "velo bacteriano" o "slime film". Estas especies no crean impedimentos importantes para la navegación y son en gran parte eliminadas durante el desplazamiento de la embarcación.

El mantenimiento de un "leaching rate" adecuado depende, en la práctica, no sólo de aspectos intrínsecos de la pintura y en particular de un adecuado balance de sus componentes, sino también del flujo de agua sobre la superficie pintada. La disolución de cobre es máxima en navegación y mínima en puerto, cuando la embarcación está en estado estacionario.

La mayor parte del tóxico en consecuencia se pierde sin cumplir su función específica, ya que por arriba de 4 nudos prácticamente no hay fijación, pero aún así se estima factible la obtención de productos oleorresinosos que cumplan eficazmente su acción protectora, en servicio, durante un lapso mínimo de dos años.

Esta primera serie de experiencias corresponde a las pinturas con mayor contenido de tóxico dentro de las series elaboradas (desde 50 hasta 30 por ciento sobre el producto). En otros ensayos actualmente en desarrollo se está trabajando con contenidos de tóxico inferiores a los mencionados.

Desde el punto de vista económico es también importante puntualizar que no se debe tener en cuenta exclusivamente el costo por litro de la pintura, como habitualmente hace el usuario en nuestro medio, sino que se deben considerar además todos los otros factores relacionados.

Para la Marina de Guerra el mantenimiento de la carena limpia y sin incrustaciones, es fundamental desde el punto de vista operativo y táctico.

Para los navíos mercantes, el espaciar la entrada a dique es fundamental. Además, en cualquiera de los dos casos, una protección antiincrustante eficaz reduce al mínimo las posibilidades de corrosión del casco.

Es por ello que debe producirse un cambio de criterio en los armadores nacionales, especialmente en el caso de las embarcaciones nuevas. Dentro del costo total que involucra una entrada a dique, el precio de la pintura antiincrustante es de poca significación porcentual si la misma es efectiva, frente a los costos sumados de alquiler de dique, mano de obra de limpieza de las superficies y eventuales reparaciones por corrosión de las mismas, mano de obra de aplicación, problemas generados por la salida de servicio de la embarcación (lucro cesante), etc.

Ello se complementa con el hecho de que una carena sin "fouling" representa una muy importante economía de combustible, que debe ser tenida en cuenta en esta época de crisis energética y de alto precio del petróleo. Esta economía compensa largamente, en un período de 18 a 24 meses, el mayor costo de tales pinturas.

Teniendo en cuenta que nuestro plan de investigaciones involucra experiencias sobre 10 a 12 embarcaciones como mínimo, y que recién al cabo de un lapso de tres años se podrán obtener conclusiones definitivas, en este artículo sólo se expondrán en forma objetiva los resultados obtenidos hasta el presente en las tres embarcaciones mencionadas anteriormente.

Si bien las experiencias tienen una duración aproximadamente igual en las embarcaciones mencionadas (15 meses en el destructor y en el remolcador y 12 en el crucero) debe hacerse notar que corresponden a períodos anuales diferentes y en consecuencia a distintas condiciones de agresividad del medio.

La mayor exigencia corresponde al ensayo en el destructor ARA Py realizado entre diciembre de 1975 y marzo de 1977. Estas pinturas han estado expuestas a dos períodos de "foul-

TABLA II. ESPECIES DE "FOULING" MAS IMPORTANTES REGISTRADAS
EN PUERTO BELGRANO, PERIODO 1971/72 (20, 21, 22)

ALGAS	Diatomeas Clorofitas (<u>Enteromorpha intestinalis</u>) Rodofitas (<u>Porphyra</u> sp.)
PROTOZOOS	
CELEENTERADOS	<u>Tubularia</u> sp.
ANELIDOS	<u>Halosydnella australis</u> <u>Syllis proluxa</u> Serpulidae juv.
CIRRIPIDIOS	<u>Balanus amphitrite</u> <u>Balanus</u> sp.
ANFIPODOS	<u>Corophinum</u> sp. <u>Caprella penantis</u> <u>Caprella equilibra</u>
BRAQUIUROS	<u>Cyrtograpsus angulatus</u> <u>Cyrtograpsus altimanus</u>
BRIOZOOS	<u>Bugula neritina</u> <u>Bugula</u> sp.
TUNICADOS	<u>Ciona intestinalis</u> <u>Botryllus schlosseri</u>

ing" altamente agresivos, de cuatro a cinco meses de duración cada uno, al comienzo y al final de la inmersión. Una idea de las condiciones del medio experimental se deduce de las especies registradas en el mismo, establecidas en un estudio previo (20, 21, 22) y que se indican en la tabla II.

Tanto en el crucero como en el remolcador, por haberse realizado el carenado en invierno, las pinturas han estado en una sola oportunidad frente al intenso "fouling" del período estival.

A pesar de ello, no se han observado diferencias significativas de comportamiento que puedan atribuirse a esa condición experimental.

Como los ensayos en el crucero y en el remolcador continuarán hasta la entrada normal a dique de dichas embarcaciones, en cumplimiento del plan de carenado de la Armada, existe la posibilidad de obtener todavía información complementaria de alto valor.

La experiencia en el destructor Py, en cambio, se dió por terminada luego de 15 meses.

En la tabla III se presentan los valores de fijación en las tres embarcaciones incluidas en esta serie experimental.

Considerando la totalidad de los paneles ensayados sólo en el caso de las pinturas 5 y 6, con fijación 1-2 en los paneles de estribor, se excede el valor 1, que es la máxima fijación admitida en nuestra experiencia. Esas mismas pinturas, sin embargo, en el costado babor, muestran respectivamente fijación 0 y 0-1.

En todos los demás casos el "fouling" registrado varía entre 0, 0-1 y 1, pero siempre la fijación aparece en zonas aisladas, soldaduras, uniones de chapas con bocas de descarga del navío, etc., sin que en ningún caso se observe una falla generalizada de la pintura.

Es sabido que en las pinturas de tipo vehículo soluble, si bien se solubilizan simultáneamente tóxico y matriz, como ya se ha dicho, restos de esta última y de productos de reacción de los tóxicos o de los componentes del vehículo con el agua de mar quedan adheridos, pudiendo llegar a bloquear zonas o puntos de la película, permitiendo así la fijación de incrustaciones.

De ahí que los modernos métodos de limpieza bajo agua tienden a eliminar esta superficie inerte, renovando la actividad de la zona tóxica subyacente.

De cualquier manera es importante puntualizar que en ningún caso se ha observado fijación de Cirripedios, estando el poco "fouling" presente limitado a protozoos, diatomeas, algas y briozoos con muy escaso desarrollo.

Son particularmente significativos los resultados obtenidos en el remolcador ARA Guaycurú, embarcación que durante 15 meses ha estado fondeada o navegando permanentemente en la zona experimental y en el cual todas las pinturas aparecen con fi-

TABLA III. FIJACION DE FOULING EN LAS DIFERENTES EXPERIENCIAS

Embarcación y pintura	Grado de fijación *	
	Babor	Estribor
1. <u>DESTRUCTOR ARA PY</u> (15 meses; dic. 1975-marzo 1977)		
Pintura 1.....	0-1	0-1
Pintura 2.....	0	1
Pintura 3.....	0-1	0-1
Pintura 4.....	0-1	0-1
Pintura 5.....	0	0-1
Pintura 6.....	0-1	0-1
Pintura 7.....	0	0-1
Pintura 8.....	0	0
2. <u>CRUCERO ARA GENERAL BELGRANO</u> (12 meses; agosto 1976-agosto 1977)		
Pintura 1.....	0-1	0-1
Pintura 2.....	0-1	1
Pintura 3.....	0	0-1
Pintura 4.....	0	0-1
Pintura 5.....	0	1-2
Pintura 6.....	0-1	1-2
Pintura 7.....	0	1
Pintura 8.....	0	0
3. <u>REMOLCADOR ARA GUAYCURU</u> (15 meses; junio 1976-set. 1977)		
Pintura 1.....	0	0
Pintura 2.....	0-1	0
Pintura 3.....	0	0
Pintura 4.....	0	0
Pintura 5.....	0	0
Pintura 6.....	0	0
Pintura 7.....	0	0
Pintura 8.....	0	0

* Clave de la tabla: 0 (sin fijación); 0-1 (muy poco); 1 (poco); 2 (escaso); 3 (regular); 4 (mucho); 5 (panel totalm. incrust.).

jación 0, con la sola excepción de la muestra 2, costado babor, con fijación 0-1.

En la figura 10 se observa parte del costado babor de dicha embarcación; en la proa, se aprecia la fijación que tiene lugar sobre la pintura antiincrustante empleada por la Armada.

Si se examina la influencia de las diferentes variables consideradas en esta serie experimental, pueden realizarse las siguientes observaciones:

a) Variables de composición

Los resultados obtenidos han sido similares tanto en las pinturas de alto contenido de tóxico (50 por ciento) como en las de mediano contenido (30 por ciento). El empleo de arseniato mercurioso o de óxido de cinc, como tóxicos de refuerzo, no parece ser necesario para los lapsos experimentales enunciados y para las condiciones operativas de las embarcaciones consideradas. Sólo en el caso del destructor ARA Py, pinturas 5 a 8, paneles de babor, se observa una fijación ligeramente menor en las pinturas con arseniato. Esto podrá ser corroborado en las nuevas observaciones a realizar en el crucero y en el remolcador luego de 18 a 24 meses de inmersión.

En cuanto al empleo de carbonato de calcio (tiza) reemplazando hasta 40 por ciento del material tóxico, no produce reducción en la bioactividad de las pinturas ensayadas, con lo que se corroboran los resultados de experiencias previas en balsa.

Las dos solubilidades de vehículo empleadas han proporcionado pinturas igualmente efectivas durante 12 a 15 meses. Serán necesarias nuevas observaciones, luego de lapsos mayores, para verificar si esta variable influye de manera similar a lo observado en balsa, donde las pinturas formuladas exclusivamente con óxido cuproso requerían vehículos de solubilidad menor que aquellas en las que se empleaba arseniato mercurioso como tóxico de refuerzo.

La única pintura que presenta fijación 0 en todos los ensayos es la muestra 8 (figuras 5 y 9); esta formulación contiene óxido cuproso reforzado con arseniato y le corresponde el más alto porcentaje de carbonato de calcio.

b) Posición de los paneles en las embarcaciones

Como ya se ha establecido, los paneles pintados se ubicaron en distinto orden y posiciones en las embarcaciones. En muchos casos esa ubicación estuvo supeditada a la presencia o no en diferentes lugares de bocas de descarga o de zonas poco favorables para el pintado.

El destructor ARA Py se eligió en el costado babor una zona desde el centro de la embarcación hacia popa y en estribor desde el centro hacia proa (fig. 1), invirtiéndose en ésta el orden de las pinturas. No se apreciaron diferencias significativas debidas a este distinto ordenamiento.

En el crucero ARA Gral. Belgrano tanto en babor como en estribor las pinturas se aplicaron desde el centro hacia la popa e invirtiendo también el orden de las pinturas en ambas aplicaciones. Tampoco en este caso hay diferencias de comportamiento.

Finalmente en el remolcador, por su menor eslora, las pinturas cubrieron el 85 por ciento de la longitud de la embarcación. Las pinturas 1 y 8, que corresponden a las dos situaciones extremas, tanto a proa como a popa y en el timén, presentan siempre fijación 0.

En el destructor y en el crucero, los resultados obtenidos a estribor, para el conjunto de los paneles, resultan ligeramente inferiores a los logrados en babor. La única condición experimental diferente residio en el hecho de que durante el pintado dichos paneles, por la orientación del dique, están sometidos a la acción del sol, lo que podría acelerar excesivamente el secado.

Es sabido que las pinturas antiincrustantes requieren un tiempo de secado breve (no mayor de 24 a 48 horas) y una rápida inmersión. Lapsos mayores de secado o un envejecimiento excesivo al aire aumentan la solubilidad de la colofonia (25) y podrían reducir, por ese motivo, la vida útil.

c) Condiciones operativas de la embarcación

En los barcos elegidos, cuyas características operativas son marcadamente diferentes, no se observaron diferencias significativas de comportamiento de las distintas formulacio-

nes. La fijación es prácticamente nula en el remolcador (0-1 en la pintura 2, babor, y 0 en los restantes casos) y ligeramente mayor en el destructor (oscila entre 0 y 0-1) y en el crucero (entre 0 y 1-2).

Los resultados pueden estimarse como similares, por cuanto de acuerdo con las investigaciones más recientes sobre el tema (24, 25) está demostrado que la rugosidad de la superficie de la carena introduce un factor importante en el comportamiento de las pinturas, ya que afecta significativamente las condiciones de flujo del agua de mar, en general laminar, creando zonas de turbulencia que pueden favorecer la solubilización. Teniendo en cuenta que se trata en todos los casos de embarcaciones con muchos años de servicio, esta variable debe ser tomada muy en cuenta en el juzgamiento del comportamiento de este tipo de pinturas, ya que podría tener una influencia muy grande sobre los resultados. La rugosidad de las superficies empleadas no fue determinada.

d) Estabilidad en el envase

La estabilidad en el envase de las formulaciones estudiadas fue controlada luego de 6, 12 y 24 meses. La misma resultó satisfactoria, no observándose en ningún caso separación de componentes ni gelificación.

REFERENCIAS

1. Rascio V. y Caprari J. J. - Industria y Química, 26 (3), 1968.
2. Rascio V. et Caprari J. J.- Peintures, Pigments, Vernis, 45 (2), 182, 1969.
3. Rascio V., Caprari J. J. et Bastida R.- Peintures, Pigments, Vernis, 45 (11), 724, 1969.
4. Rascio V. y Caprari J. J.- Corrosión y Protección, 1 (4), 19, 1970.
5. Rascio V. y Caprari J. J.- Proceedings del 1er. Congreso Nacional de Corrosión y Protección, Madrid, 1970, pág. 415.
6. Rascio V. y Caprari J. J.- Rev. Lat. Ing. Quím. y Química

- Apl., 2, 117, 1972.
7. Rascio V. & Caprari J. J.- J. Oil Col. Chem. Assoc., 57, 407, 1974.
 8. Rascio V. & Caprari J. J.- J. Oil Col. Chem. Assoc., 60, 161, 1977.
 9. Bastida R. O., Adabbo H. E. & Rascio V.- Corrosion Marine-Fouling, 1 (1), 5, 1976.
 10. Rascio V., Caprari J. J., Chiesa M. J. et Ingeniero R. D.- Corrosion Marine-Fouling, 1 (2), 15, 1976.
 11. Convenio SENID-CONICET, Programa ECOMAR I, 1974-77.
 12. Benítez J. C. y Giúdice C.- CIDEPINT-ANALES, pág. 157, 1978.
 13. Petit J.- Peintures, Pigments, Vernis, 22, 3 (1946).
 14. Petit J.- Peintures, Pigments, Vernis, 27, 143 (1951).
 15. Petit J.- Peintures, Pigments, Vernis, 35, 555 (1959).
 16. Rascio V.- Lemit, informe interno, no publicado.
 17. Rascio V., Caprari J. J., Chiesa M. J. y Iasi R.- CIDE-PINT-ANALES, pág. 41, 1976.
 18. De la Court F. H. & De Vries H.- J. Oil Col. Chem. Assoc., 56 (8), 388, 1973.
 19. De la Court F. H. & De Vries H.- Progress in Organic Coatings, 1, 375, 1973.
 20. Bastida R., Spivak E., L'Hoste S. G. y Adabbo H. E.- LEMIT-ANALES, 3-1974, pág. 97.
 21. Bastida R., L'Hoste S. G., Spivak E. y Adabbo H. E. LEMIT-ANALES, 3-1974, pág. 167.
 22. Bastida R. y Lichtschein V.- CIDEPINT-ANALES, pág. 55, 1978.
 23. Rascio V., Bruzzoni W. O., Bastida R. y Rozados E.- Protección de Superficies Metálicas. LEMIT, La Plata, 1977.
 24. Christie A. O.- J. Oil Col. Chem. Assoc., 60 (9), 348, 1977.
 25. Kronstein M. & Denninger C. R.- Mod. Paint Coat, 29, oct. 1976.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Servicio Naval de Investigación y Desarrollo (SENID) y al Jefe y Personal del Departamento

Talleres Generales y del Laboratorio de la Base Naval de Puerto Belgrano, por el apoyo prestado y por la muy eficaz coordinación efectuada, lo que permitió la realización de las experiencias y observaciones programadas.



Fig. 5.- Pinturas números 8, 7, 6 y 5 (fijación 0, 0, 0-1 y 0, respectivamente), costado babor del destructor ARA Py, 15 meses de inmersión



Fig. 6.- Pinturas números 4, 3, 2 y 1 (fijación 0-1, 0-1, 0 y 0-1, respectivamente), costado babor del destructor ARA Py, 15 meses de inmersión

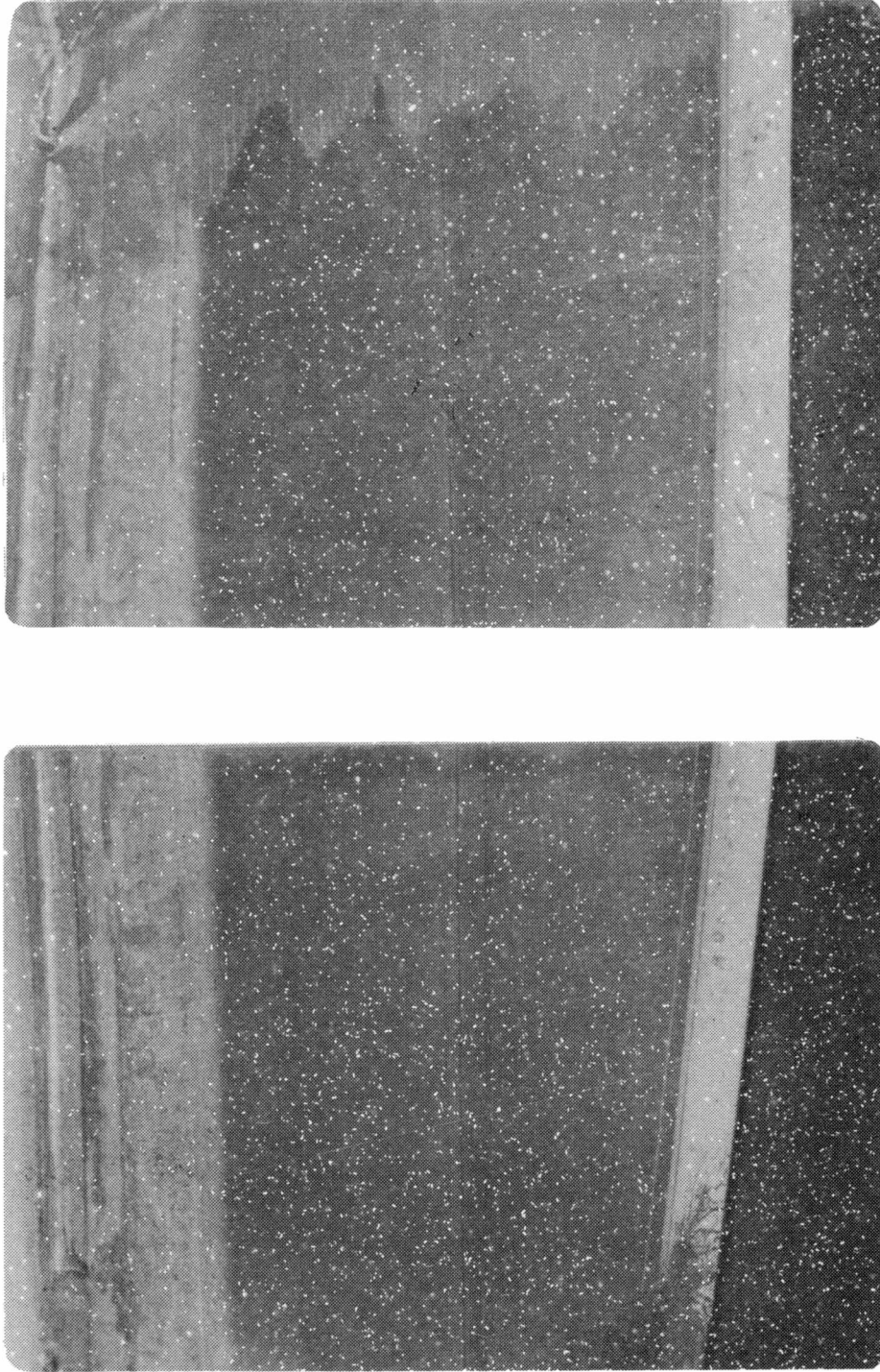


Fig. 7.- Paneles correspondientes a las pinturas nº 2 (formulada con óxido cuproso, izquierda) y nº 3 (con óxido cuproso e inertes, derecha) aplicadas sobre el costado babor del Crucero ARA General Belgrano luego de 12 meses de inmersión

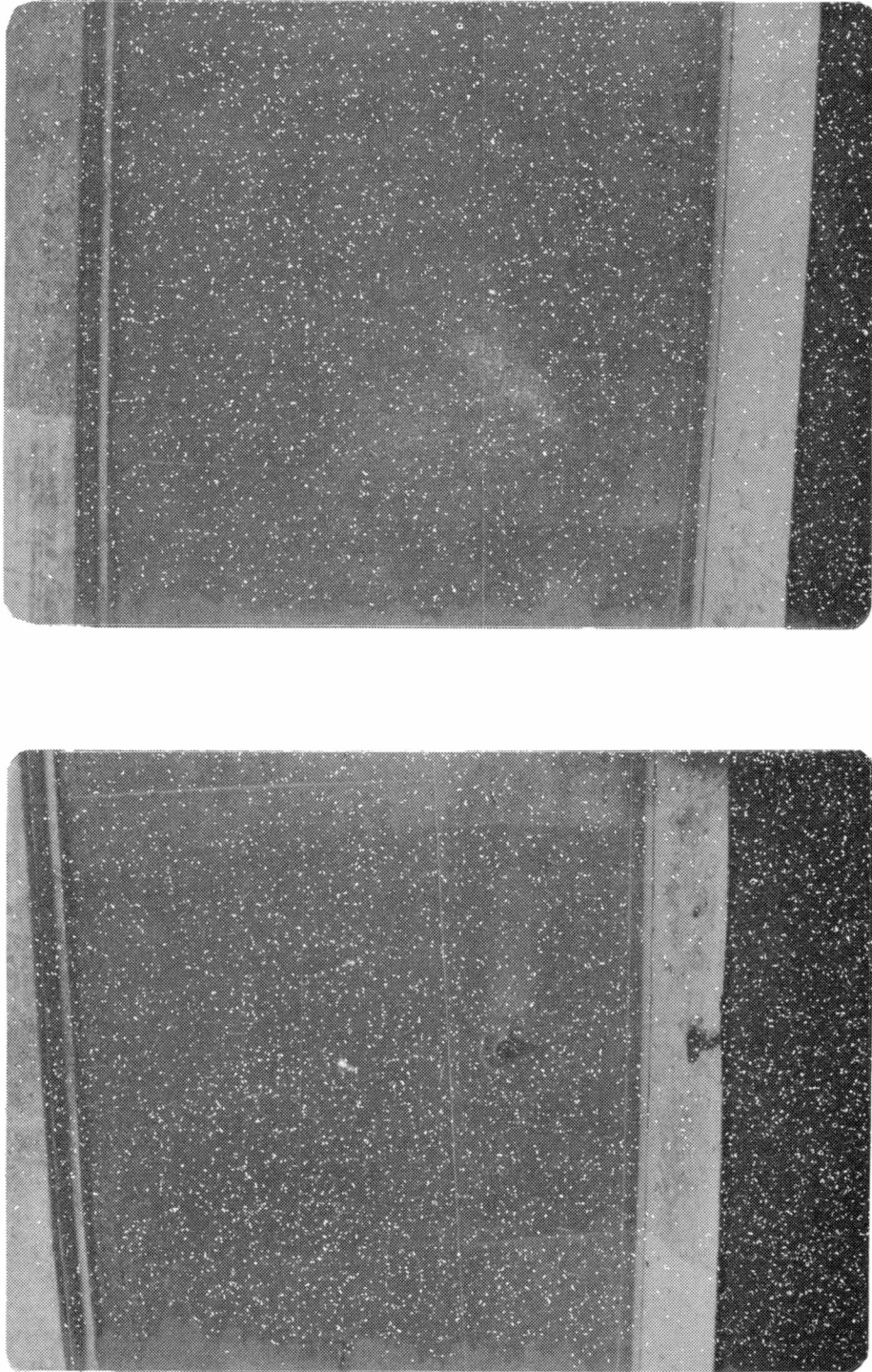


Fig. 8.- Paneles correspondientes a las pinturas nº 5 y nº 6, formuladas con óxido cuproso y arseniato mercurioso, aplicadas sobre el costado babor del Crucero ARA General Belgrano, luego de 12 meses de inmersión

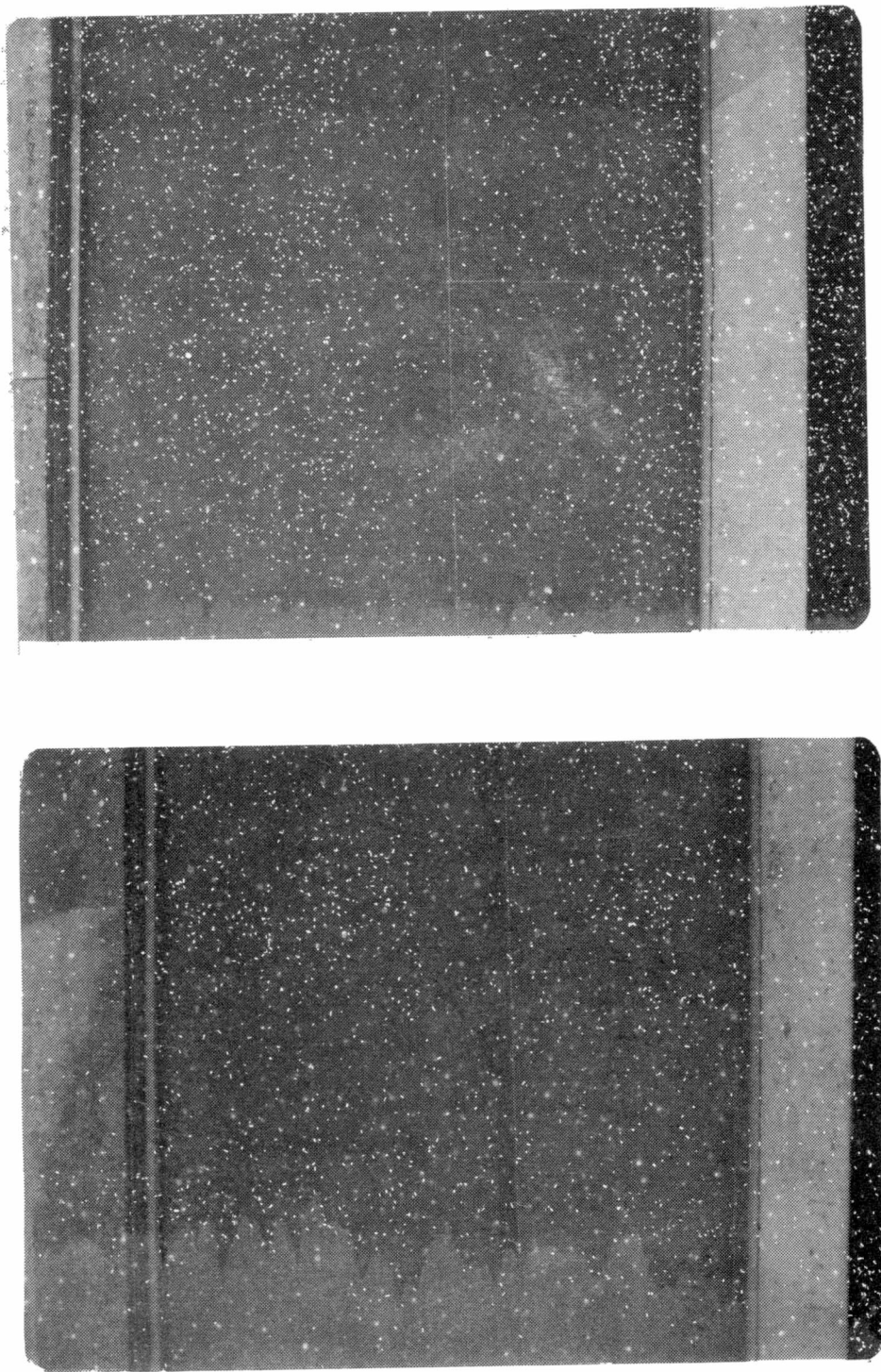


Fig. 9.- Paneles correspondientes a las pinturas n° 7 y n° 8, formuladas con óxido cuproso, arseniato mercurioso y carbonato de calcio, aplicadas sobre el costado babor del Crucero ARA General Belgrano, luego de 12 meses de inmersión

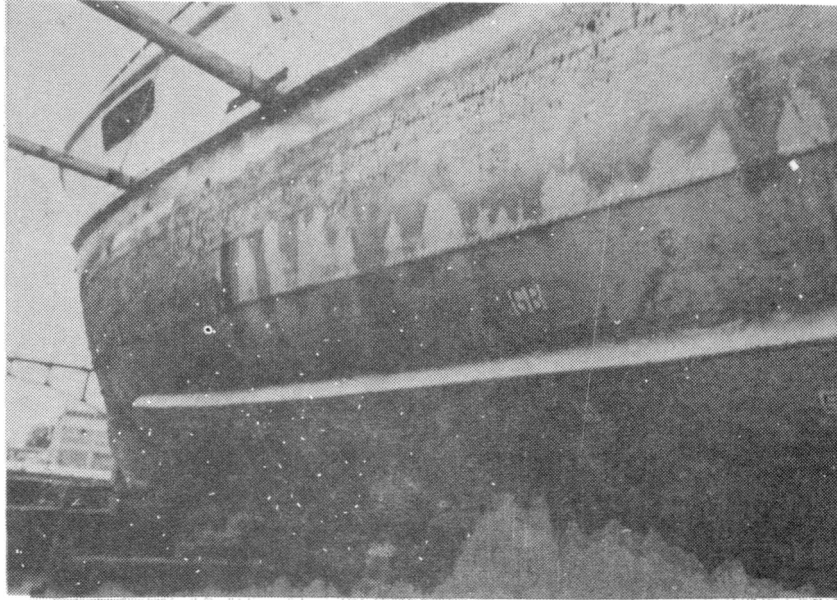


Fig. 10.- Pinturas 5 a 8 aplicadas en el costado babor del remolcador ARA Guaycurú; en la proa se observa una zona con incrustaciones correspondientes a la pintura usualmente empleada

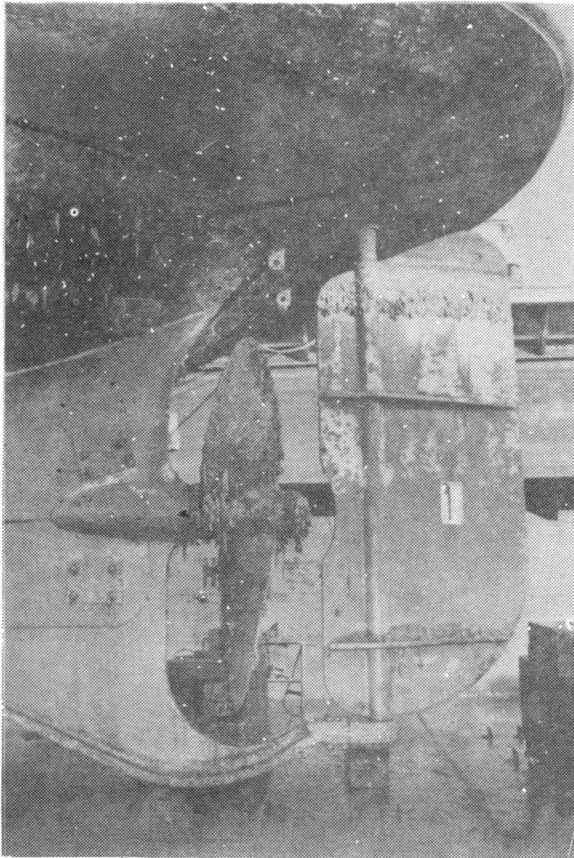


Fig. 11.- Zona de popa y timón del remolcador ARA Guaycurú, donde se aplicó la pintura nº 1