

LEMIT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES

LA PLATA - ARGENTINA

4-1970

LEMIT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES
LA PLATA - ARGENTINA

4-1970

AUTORIDADES DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

Ministro, Brigadier Mayor Ingeniero Carlos A. Benavides

Subsecretario de Obras Públicas, Ing. Rodolfo A. Montalvo

Subsecretario de Urbanismo y Vivienda, Arq. Godofredo A. Cesio

Subsecretario de Programación, Dr. Carlos A. Coloma

L E M I T

Director, Dr. Pedro J. Carriquiriborde

Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Mecánica e Hidráulica,
Ing. Mecánico y Electricista Américo O. Boero

Jefe del Departamento de Ingeniería Civil y Tecnología de la Construcción,
Ing. Civil Alberto S. C. Fava

Jefe del Departamento Tecnología Aplicada y Plantas Experimentales,
Dr. en Química Luis A. Mennucci

Jefe del Departamento Análisis y Ensayo de Materiales,
Dr. en Química Vicente J. D. Rascio

Dirección de la Revista: Dr. Vicente J. D. Rascio

Diagramación: Sra. Elba D. Ardenghi de Lacabe

Impresión: Talleres Gráficos del M. O. P.

L. E. M. I. T.

52, entre 121 y 122

LA PLATA - ARGENTINA

I N D I C E

- pág. 1 LAS INCRUSTACIONES BIOLÓGICAS EN LAS COSTAS ARGENTINAS. LA FIJACION MENSUAL EN EL PUERTO DE MAR DEL PLATA DURANTE TRES AÑOS CONSECUTIVOS
- Lic. Ricardo Bastida
- pág. 57 PINTURAS ANTICORROSIVAS PARA LA PROTECCION DE CARENAS DE BARCOS. III. INFLUENCIA DEL PRETRATAMIENTO DEL ACERO Y DEL ESQUEMA DE PINTADO UTILIZADO
- Dr. Vicente J. D. Rascio
Ing. Quím. Juan J. Caprari
- pág. 93 LAS CONDICIONES DE ELABORACION Y EL CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGON DE OBRA. SU RELACION CON LOS RECIENTES COLAPSOS DE ESTRUCTURAS
- Ing. Alberto S. C. Fava
- pág. 105 ESTUDIO DE ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE ROTURA DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS
- Dr. Alfredo Pinilla
Dr. Jorge O. Agnusdei
Lic. Pascual Frezzini
- pág. 143 MAPA GEOEDAFOLOGICO VIAL DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. 1a. PARTE
- Dr. Víctor E. Mauriño
Ing. Luis M. Fossa

APENDICE

Resúmenes de los trabajos

**LAS INCRUSTACIONES BIOLÓGICAS
EN LAS COSTAS ARGENTINAS**

**La fijación mensual en el puerto de Mar del Plata
durante tres años consecutivos**

Lic. Ricardo O. Bastida

Serie II, nº 168

Cuando iniciamos las investigaciones preliminares sobre las comunidades incrustantes en 1964, no existían en Latinoamérica antecedentes sobre este tipo de estudios. Desde entonces, paulatinamente fueron surgiendo algunos trabajos provenientes de diversas zonas como la Bahía de Guanabara y Recife en Brasil (1, 2), Cuba (3), Jamaica (4) y más recientemente en el noreste del Golfo de México (5).

Estos trabajos, si bien variables en orientación y perspectivas, aportan datos importantes por la carencia de información específica en esas regiones. Sin embargo, a través de los mismos no se desprende que existan planes de continuidad en las investigaciones, característica ésta fundamental para el aprovechamiento integral de los resultados.

El hecho de encarar los estudios de fouling tanto desde el punto de vista biológico como químico a lo largo de varios años, es la norma que se ha adoptado en los planes de investigación que llevan a cabo el Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas (LEMIT) y el Instituto de Biología Marina de Mar del Plata. Actualmente se ha concluido con el tercer año de ensayos en balsa experimental y el cuarto está en marcha.

La secuencia de estas investigaciones realizadas en el puerto de Mar del Plata junto con observaciones preliminares de las comunidades portuarias, permite bosquejar, con intentos predictivos, los ciclos de fijación de las principales especies a través de los paneles mensuales, lo que encierra gran importancia para los estudios y programación del comportamiento de pinturas antiincrustantes. Todo esto, claro está, siempre que no se produzcan cambios ambientales de importancia, fenómeno bastante frecuente en las áreas portuarias. Por ello, pese al cúmulo de información existente, siempre se deberá al menos tener un control de las condiciones ambientales generales y de la estabilidad de las comunidades bentónicas portuarias.

De acuerdo con la información con que contamos hasta el momento, el puerto de Mar del Plata es el de mayor fouling de las costas argentinas. Esto constituye una gran ventaja, ya que al

al realizar los ensayos en una zona altamente agresiva, las formulaciones de pinturas que resulten exitosas seguramente podrán servir de base para iniciar ensayos similares en otros puntos de nuestras costas.

El estudio de los ciclos de fijación de las especies incrustantes no sólo se halla referido al aspecto eminentemente aplicado, sino que constituye una base para el conocimiento ecológico y biológico de las especies en cuestión, ya que pueden detectarse en muchos casos los efectos de los factores ambientales tanto sobre la fijación como sobre el desarrollo y reproducción de las mismas. Poco se conoce sobre estos aspectos en nuestro país; de ahí que paralelamente al estudio de los ciclos de fijación y evolución de las comunidades, se hayan considerado las especies más importantes para realizar estudios en particular. Ya han finalizado las investigaciones sobre el Gasterópodo Pulmonado Siphonaria lessoni y actualmente se está trabajando sobre algunos Crustáceos Decápodos y Cirripedios.

A medida que se sigan desarrollando las investigaciones, el análisis de los ciclos de fijación deberá pasar a constituir una tarea de control y paralelamente se continuará el estudio de la biología y ecología de las principales especies que, en definitiva, son las que nos permitirán tener un conocimiento más preciso de las comunidades incrustantes.

AREA DE ESTUDIO

Las características ambientales del puerto de Mar del Plata han sido exhaustivamente consideradas en trabajos previos (6, 7). Haremos sin embargo un resumen de las observaciones realizadas durante los tres años de ensayo.

Las condiciones hidrológicas del puerto de Mar del Plata demostraron presentar una dinámica bastante complicada, según lo establecen los trabajos en realización del Lic. J. I. Carreto del Instituto de Biología Marina de Mar del Plata, de quien provienen en parte los datos químicos expuestos en este trabajo.

Las muestras de agua para análisis fueron tomadas junto a la balsa en superficie. Sin embargo, teniendo en cuenta que los desplazamientos de las masas de agua parecerían producirse en forma sumamente irregular, concluimos que en el futuro las muestras deberán ser ampliadas tanto horizontalmente como en profundidad.

Temperatura

Por tratarse de una zona templada, los cambios anuales de temperatura, tanto del agua como del aire, son muy amplios y condicionan períodos de fijación de intensidad que varía con la estación del año.

En la fig. 1 puede observarse que los registros térmicos son semejantes en los tres años, aunque los dos últimos muestran valores más altos en la estación fría, lo que resulta más evidente en los gráficos de máximas y mínimas absolutas. (fig. 2).

La temperatura juega en nuestra área un rol fundamental en los ciclos de fijación sobre los paneles mensuales. Su influencia es mucho menos marcada en las comunidades en evolución adheridas sobre los paneles acumulativos.

Salinidad

Los valores observados son similares en los tres años (fig. 3); las diferencias no parecen responder a influencias estacionales. La característica más llamativa es que los valores de salinidad son levemente menores a los del área externa, lo que en algunos casos responde seguramente a los efectos de precipitaciones pluviales. Esta característica no es, sin embargo, tan importante como para alterar los ciclos de fijación. Cabe destacar, además, que el aporte fluvial al puerto de Mar del Plata es totalmente nulo.

pH

El pH constituye un factor que en nuestra zona de estudios debe ser controlado continuamente por las fluctuaciones que experimenta a lo largo del año y por estar íntimamente ligado con el fenómeno de contaminación (fig. 4).

Los valores de pH descienden a medida que nos internamos en la banquina portuaria donde se hallan más desarrolladas las plantas industriales y donde fondean los buques pesqueros y de trans-

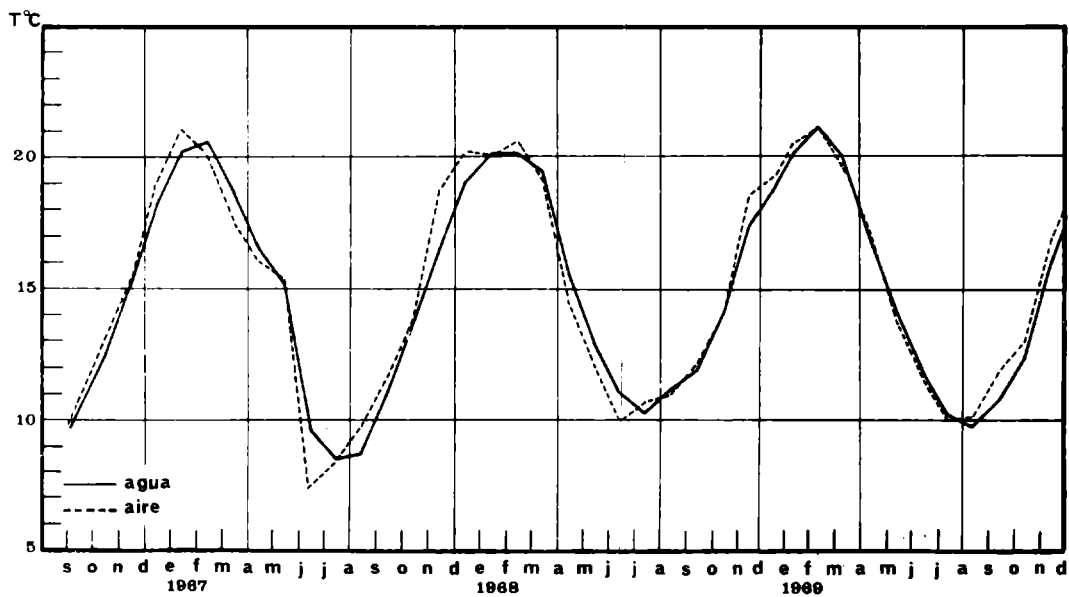


Fig. 1.- Temperatura media del agua y del aire, puerto de Mar del Plata, setiembre 1966/noviembre 1969

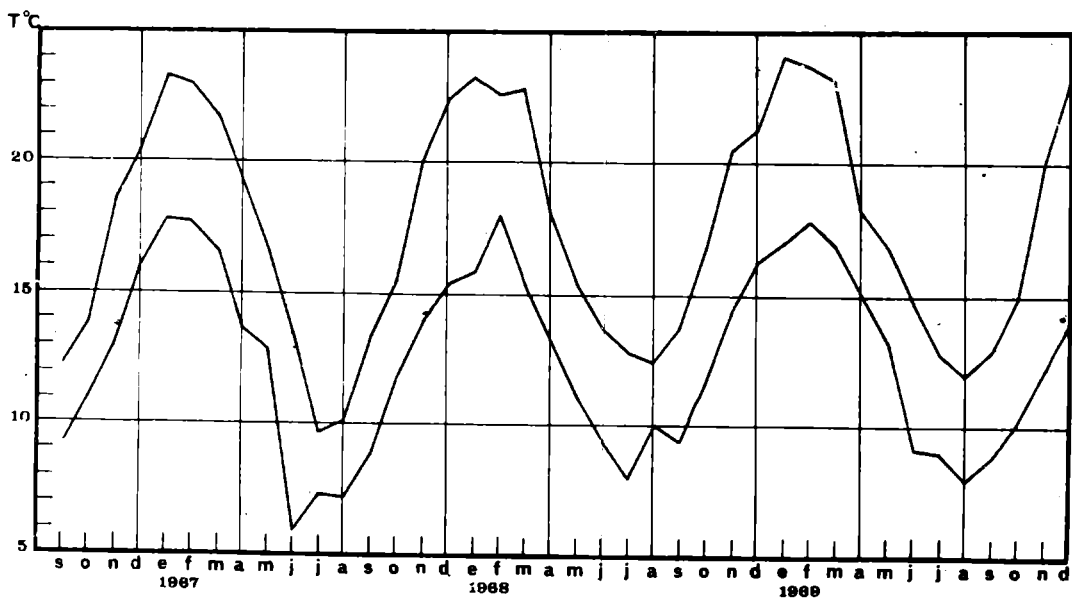


Fig. 2.- Temperatura máxima y mínima del agua, puerto de Mar del Plata, setiembre 1966/noviembre 1969

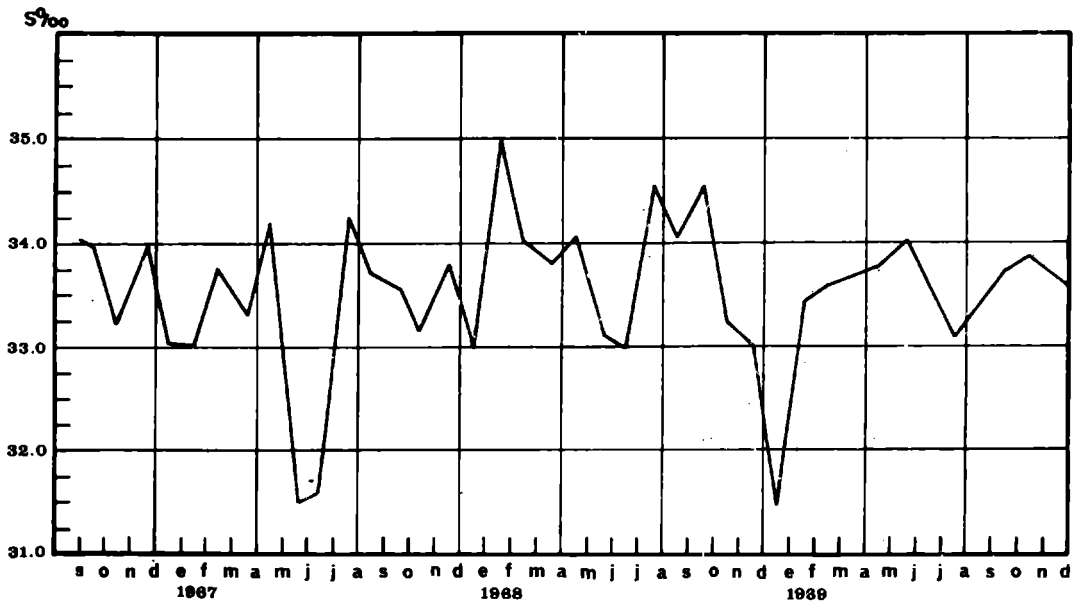


Fig. 3.- Salinidad del agua, puerto de Mar del Plata, setiembre 1966/noviembre 1969

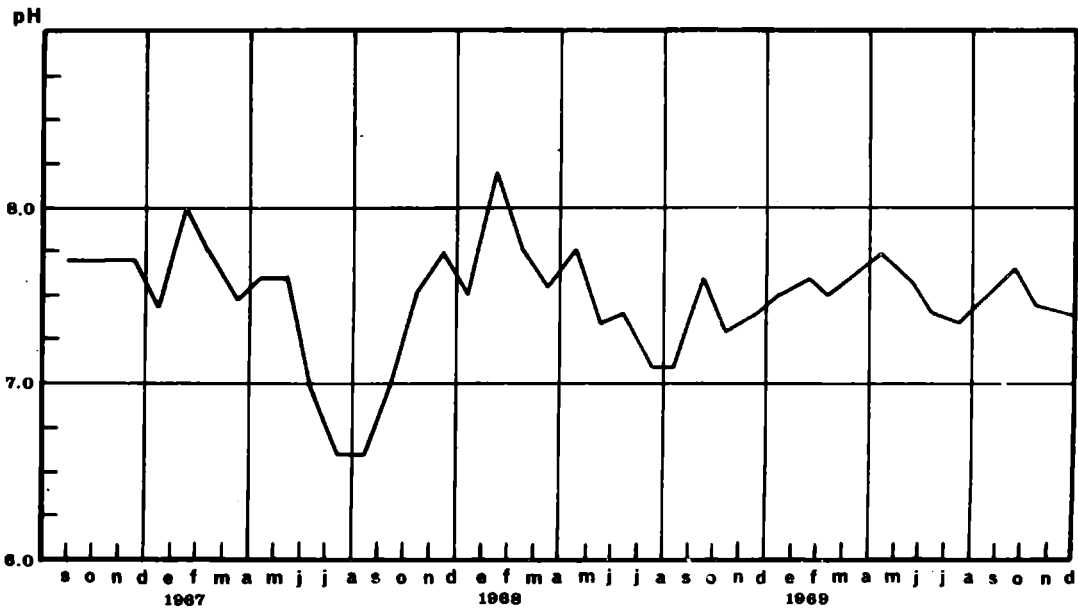


Fig. 4.- pH del agua, puerto de Mar del Plata, setiembre 1966/noviembre 1969

Como en dos oportunidades tuvo que se sacada la balsa de su lugar de emplazamiento para efectuar reparaciones, se continuaron las observaciones sobre otro sustrato flotante de las cercanías, a lo que se agregaron observaciones sobre las paredes portuarias. Estos datos unidos a la extrapolación de información previa, permitieron obtener los ciclos de fijación sin discontinuidades.

Los ciclos de observación sobre balsa se efectuaron durante los siguientes períodos: primer ciclo, 1/IX/66 - 1/IX/67; segundo ciclo, 1/X/67 - 1/IX/68; tercer ciclo, 1/XI/68 - 1/XI/69.

De las muestras se obtuvieron datos de frecuencia relativa, utilizando la misma escala empleada en trabajos previos y semejante a la de uso internacional. Los valores de abundante, frecuente, escaso y raro están referidos a trazos de distinto grosor en los gráficos correspondientes. Sobre aquellas especies de particular interés fueron efectuados recuentos numéricos que se reservaron para los estudios específicos.

PRINCIPALES ORGANISMOS INCRUSTANTES Y SUS CICLOS DE FIJACION

ALGAS

Diatomeas

La lista específica que se incluye pone de manifiesto que son muy pocas las nuevas citas respecto de las que se registraron durante el ciclo 1966/67, previamente publicado.

En el gráfico (figura 5) fueron consideradas todas las especies en general, pues si bien hay diferencias en la dominancia a lo largo del año, parte de las mismas están representadas en forma permanente. Integran el grupo de especies dominantes Nitzschia closterium, Lycmophora lyngbiei, Grammatophora sp., Melosira sulcata y unas pocas más.

En los trabajos anteriores hemos destacado la importancia que tienen estos organismos en las primeras etapas sucesionales

y el papel fundamental que juegan en la comunidad, desde el punto de vista trófico.

La fijación de Diatomeas muestra un comportamiento semejante durante los tres ciclos anuales. Puede notarse en el gráfico un fenómeno particular que se repite en forma cíclica, y que consiste en una reducción en la fijación durante los meses más cálidos del año, correspondiente durante el primer ciclo al mes de enero, en el segundo a febrero y en el tercero a enero. Las temperaturas medias durante esos meses oscilaron entre 20.1 y 20.2°C. Si bien durante los meses cálidos la densidad de las poblaciones de Diatomeas aumenta en nuestra zona (9), también se aceleran los procesos sucesionales de las comunidades incrustantes, de manera que estas algas son rápidamente desplazadas por otros organismos en un tiempo relativamente corto. De ahí que a los treinta días la densidad ya haya disminuído notablemente.

Clorofitas

Enteromorpha intestinalis (fig. 6) ha resultado ser la Clorofita más importante en nuestros paneles de ensayo. Se fija principalmente en los niveles superiores, es decir en el panel A y borde superior del panel B.

La fijación en los niveles inferiores ha sido escasa o rara, ostentando los ejemplares pequeño desarrollo. Las condiciones ambientales poco propicias como ser la falta de luz adecuada hacen que la Enteromorpha fijada no logre mantenerse por mucho tiempo, siendo desplazada por otras especies típicas de esos niveles. Este proceso puede verificarse en los paneles acumulativos.

Los tres ciclos de fijación estudiados presentan similitudes bastante marcadas en lo que respecta a esta especie. Las épocas de fijación máxima y mínima coinciden en general, aunque hay ciertos desplazamientos a lo largo de los tres años.

La máxima fijación que alcanza valores de frecuente y abundante comienza en primavera; el período correspondiente a fijación rara o nula coincide con el final del otoño y comienzos del invierno.

Si bien esta especie presenta una tolerancia amplia a los cambios de temperatura, su máxima fijación y óptimo desarrollo

está directamente vinculado con las fluctuaciones térmicas. Existe cierto paralelismo entre el gráfico de fijación y las curvas de temperatura. Así, durante el primer ciclo, la máxima fijación y óptimo desarrollo corresponde a los meses de diciembre, enero y febrero, con temperaturas de 18.2, 20.2 y 20.6°C respectivamente; el segundo ciclo a noviembre y diciembre con 16.5 y 19.1°C y en el tercero, a noviembre, diciembre y enero con 17.4, 18.8 y 20.1°C. Es precisamente en esos meses cuando el crecimiento de Enteromorpha es de alrededor de 1. cm por día en los niveles superiores; en los ejemplares de los paneles más profundos este valor se reduce a la décima parte.

Ulva lactuca (fig. 7) se distribuye verticalmente en forma similar a la especie anterior, aunque Ulva es aún más estricta en sus requerimientos de iluminación. Es por ello que los ejemplares fijados en el panel B no llegan a perdurar, según lo demuestran los paneles acumulativos.

La fijación más intensa correspondió al ciclo 1966/67 (mes de enero), si bien se extendió por un período más corto que en los años subsiguientes. El crecimiento de Ulva es mucho más lento que el de Enteromorpha intestinalis por lo cual esta especie nunca llega a alcanzar sus tallas máximas en los paneles mensuales.

La máxima fijación correspondió al mes de enero para los dos primeros ciclos y a abril para el tercero, con temperaturas medias entre 20.2 y 16.9°C.

En zonas afectadas por las mareas, Ulva y Enteromorpha suelen habitar distintos niveles. En los paneles de la balsa experimental probablemente Enteromorpha, que es la de crecimiento más rápido y la de requerimientos ecológicos menos estrictos, ejerza una presión sobre Ulva y tienda a desplazarla o a evitar su fijación.

Bryopsis plumosa (fig. 8) es la tercera Clorofita registrada con cierta frecuencia. En los tres ciclos se notan variaciones bastante llamativas, sobre todo en lo que se refiere a sus requerimientos batimétricos. Durante el primer ciclo se fijó exclusivamente en el panel de línea; en el segundo alcanzó el panel C. En el tercer año de ensayo la fijación fue mínima y restringida exclusivamente al panel A.

Los datos obtenidos sobre la fijación de esta especie no nos permiten llegar a ninguna conclusión coherente y las variaciones probablemente se deban a que esta alga no está bien adaptada a los ambientes contaminados.

Rodofitas

Polysiphonia sp. (fig. 9) y Ceramium sp. son las representantes principales de este grupo de algas, mostrando ambas exactamente los mismos períodos de fijación, aunque en los dos últimos años de ensayo la densidad de esta última disminuyó notablemente. Es por ello que analizaremos exclusivamente la fijación de Polysiphonia sp. durante los tres ciclos.

Es la única alga que en nuestra zona puede colonizar el panel D, si bien encuentra mejores condiciones para su desarrollo en los niveles superiores. Su abundancia respecto de las Clorofitas siempre es menor en el panel A, pero en los acumulativos suele llegar a desplazarlas.

Los tres ciclos anuales muestran semejanzas, si bien el último ha resultado menos intenso. Pese a algunas interrupciones puede ser considerada una especie que se fija a lo largo de todo el año.

PROTOZOOS

Están muy bien representados en los cuatro niveles durante los tres años de estudio y juegan un rol importante en las primeras etapas de colonización ya que constituyen el alimento fundamental para muchas especies.

De todas las especies representadas la más importante ha sido siempre Zoothamnium sp. En los dos últimos años colonizó los paneles otro Protozoo sésil, Ephelota sp., que resultó ser menos importante que la especie anterior.

La fijación homogénea de los Protozoos durante todo el año en los tres ciclos de estudio, hacen innecesaria su graficación.

CELENTERADOS

Tubularia crocea (fig. 10) es un Hidrozoo caracterizado por

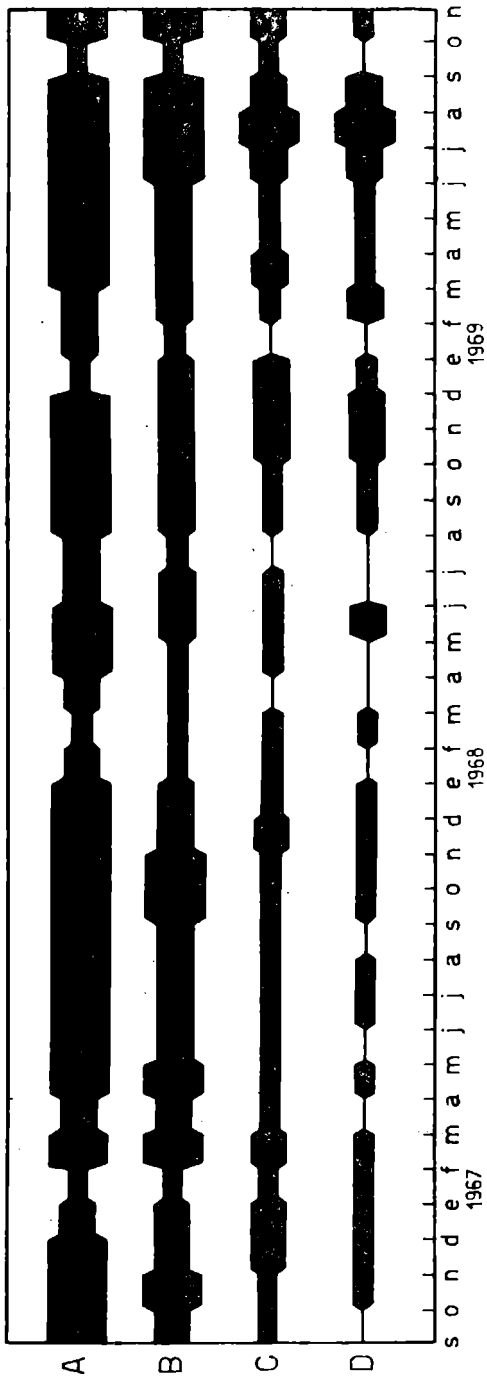


Fig. 5.- Diatomeas

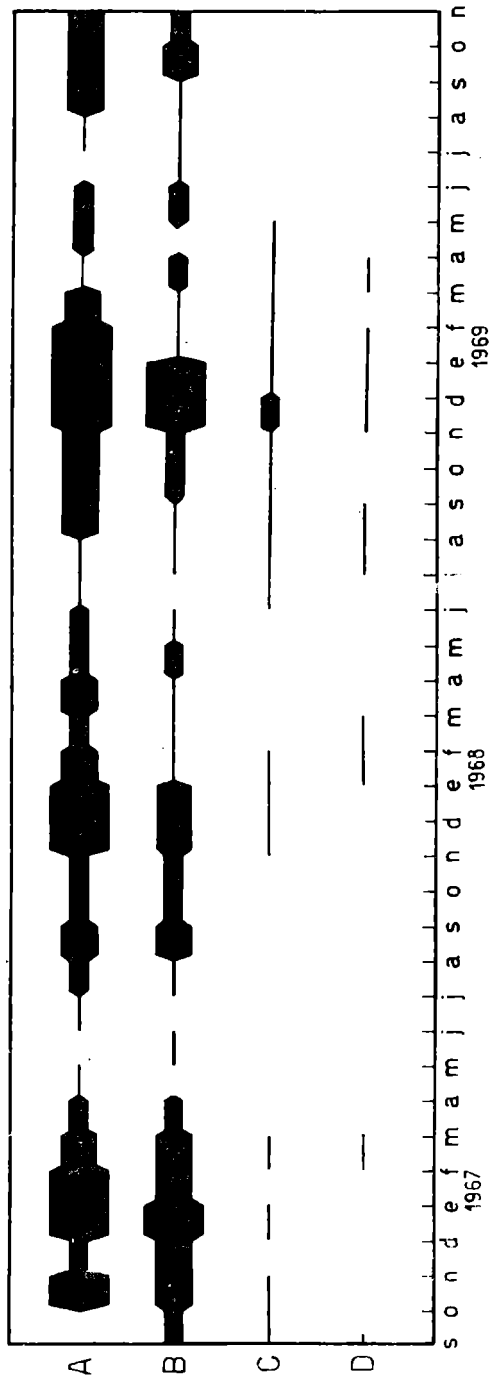


Fig. 6.- Enteromorpha intestinalis

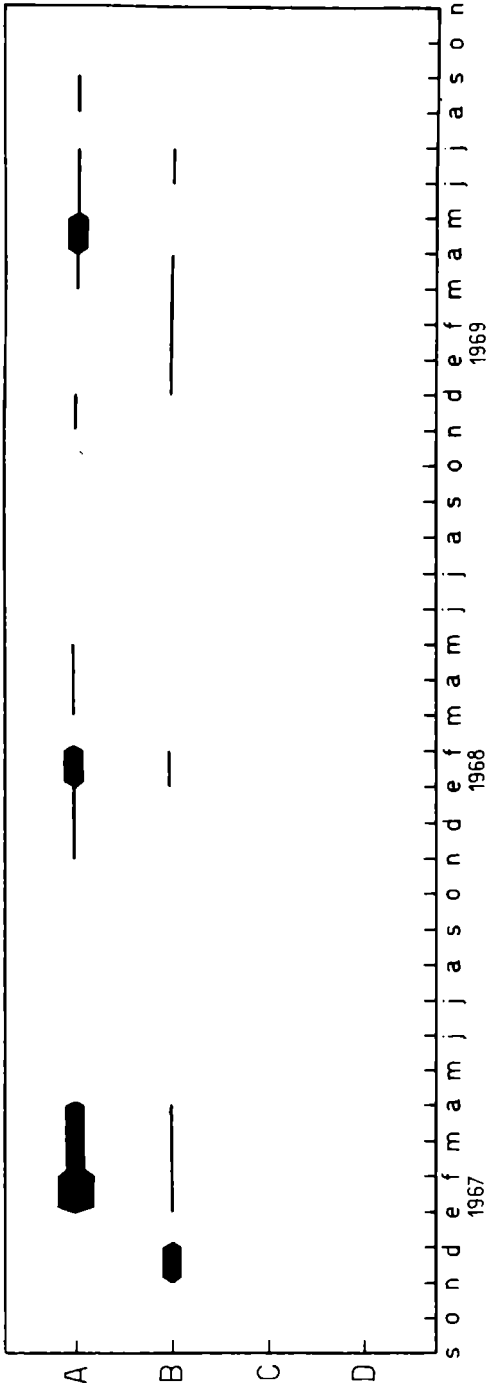


Fig. 7.- Ulva lactuca

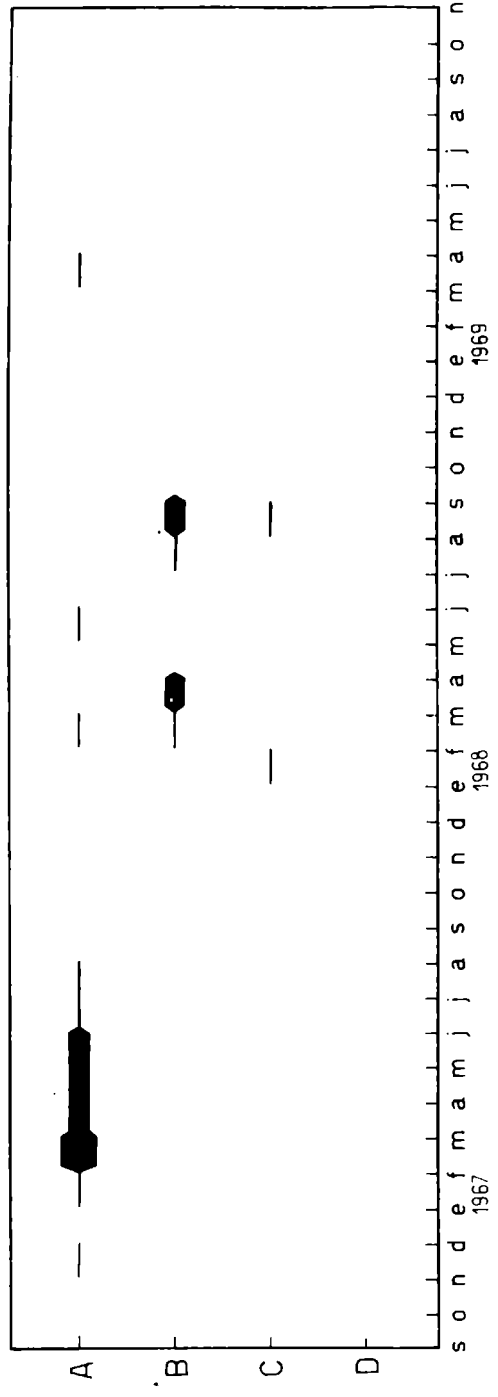


Fig. 8.- Bryopsis plumosa

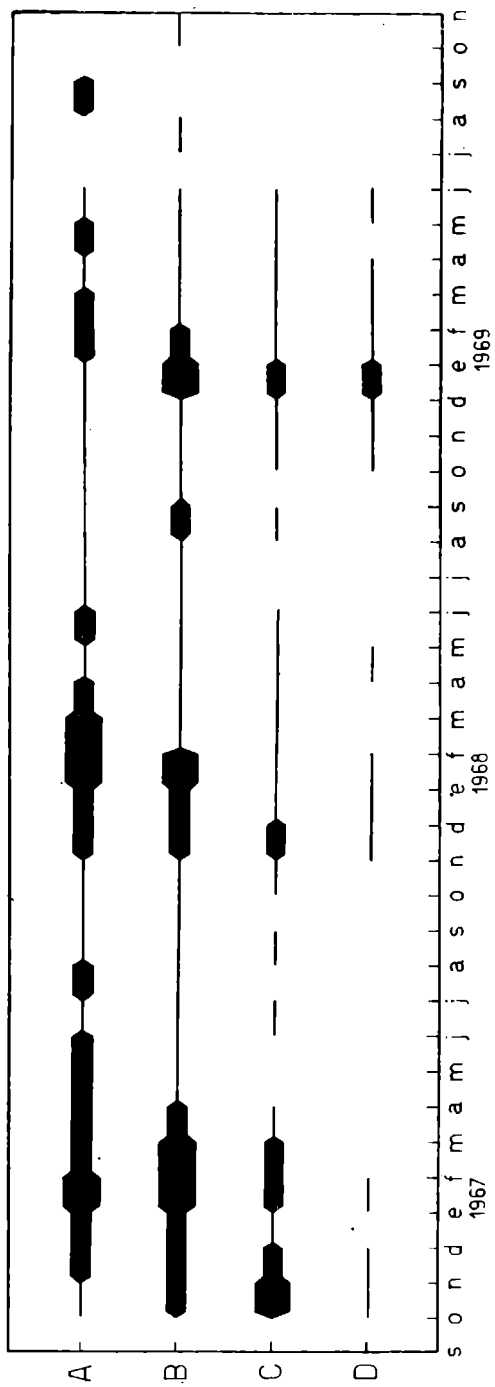


Fig. 9.- Polysiphonia sp.

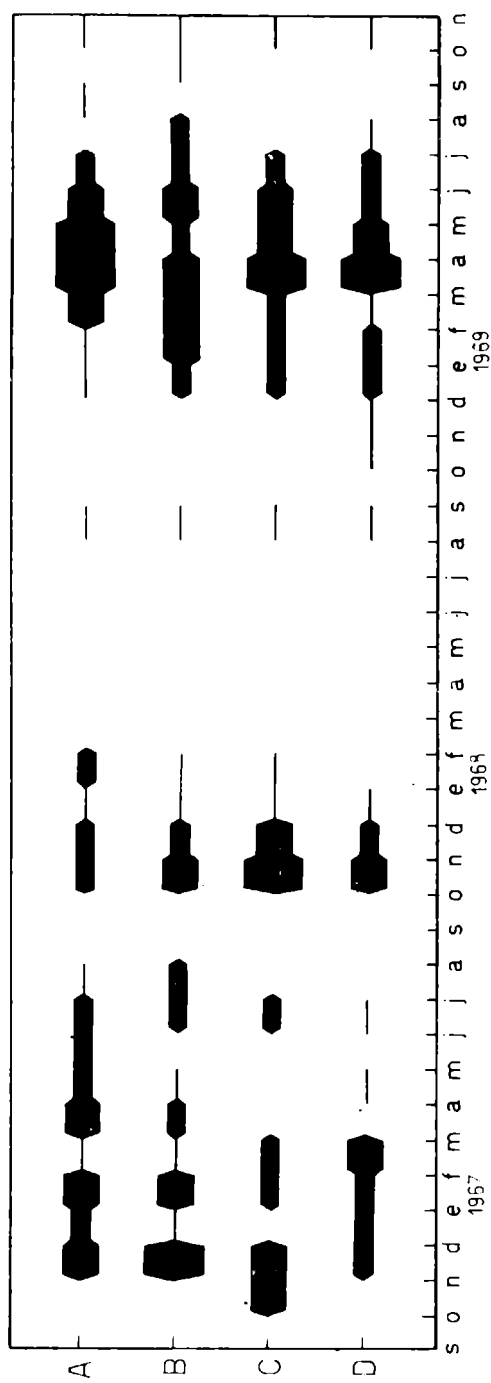


Fig. 10. Tubularia crocea

que su distribución sobre los paneles es heterogénea, mostrando preferencia por adherirse sobre los bordes o formando agrupaciones en forma de mechones más o menos compactos, sobre el resto de la superficie.

Es de rápido crecimiento y capaz de alcanzar la madurez sexual en menos de 30 días durante los meses cálidos, y aún de completar totalmente su ciclo de vida, encontrándose muchas veces sobre los paneles sólo los restos de los hidrocaulos de ejemplares adultos.

Los tres ciclos estudiados presentan ciertas variaciones. El primero y tercero son semejantes entre sí; durante el segundo, en cambio, no existen registros desde febrero hasta agosto, si bien las condiciones térmicas permitirían esperar su presencia.

Dentro del rango de profundidades ensayadas, Tubularia no parece presentar predilecciones batimétricas. Su presencia en la categoría de abundante está referida, en los tres ciclos, a temperaturas medias que oscilan entre 13.4 y 20.0°C.

La alta resistencia de esta especie a los tóxicos justifica la importancia de poder predecir con mayores fundamentos su ciclo de fijación.

Gonothyrea inornata y Obelia angulosa (fig. 11) son dos especies que se fijan en forma simultánea y tienen ciclo similar, si bien la primera es siempre más abundante.

Se caracterizan por madurar sexualmente a lo largo del año en menos de 30 días, período en el cual muchas veces también completan su ciclo vital.

Son capaces de colonizar en igual medida los cuatro niveles y las colonias se distribuyen sobre los paneles en forma bastante homogénea.

Al igual que Tubularia crocea, estas dos especies muestran menor fijación durante el segundo año de ensayo. Probablemente un mismo factor sea limitante para las tres especies consideradas, si bien resultó imposible detectarlo hasta el momento. De los tres ciclos, el último es el que mostró mayor fijación.

No parece existir una clara correlación con la curva de temperatura y, como sucedió en el último ciclo, pueden estar presen-

tes a lo largo de todo el año.

NEMATODES

Los Nematodes han disminuído su abundancia durante los dos últimos ciclos de ensayo. En el segundo año se nota un período de mínima intensidad entre mayo y julio, mientras que en el tercero se presenta entre julio y octubre.

Los antecedentes del ciclo 1966-67 nos permiten descartar a la temperatura como agente causal de las colonizaciones reducidas.

ANELIDOS

La familia Serpulidae (fig. 12) está representada en la balsa experimental por cuatro especies, a saber, Mercierella enigmatica, Serpula vermicularis, Hydroides norvegica y Eupomatus sp., de las cuales las tres primeras son las más conspicuas y poseen un ciclo de fijación similar.

Todas ellas muestran preferencia por fijarse en los paneles de carena, siendo la fijación sobre el de línea siempre menor. Esto coincide con lo que ocurre en los sustratos naturales, ya que son especies típicas del piso Infralitoral y, de acuerdo a lo mencionado en otras publicaciones anteriores (10), el panel de línea si bien no registra las mareas, en gran medida es homologable al piso Mediolitoral, por la oscilación de la superficie del agua.

Son organismos de fijación estacional, íntimamente ligados con los cambios de temperatura. Los períodos de fijación se inician en el primer ciclo de estudios en el mes de diciembre con una temperatura media de 18,2°C, en el segundo ciclo también en diciembre con 19.1°C y en el tercero en noviembre con 17.4°C.

Estos períodos de fijación persisten luego con las máximas temperaturas pero las colonizaciones abundantes perduran durante el otoño, se anulan durante el invierno y hacia fines de primavera y comienzos del verano se reinicia nuevamente la fijación.

La máxima frecuencia relativa corresponde a Mercierella y

Serpula. Hydroides norvegica siempre está presente en menor proporción. La presencia de Eupomatus sp. es ocasional y en cantidades que no alteran la abundancia general de los Serpúlidos.

El crecimiento de todas estas especies suele ser muy acelerado en la estación cálida, alcanzando durante esos períodos talla de varios centímetros. La máxima fijación y óptimo desarrollo en el primer ciclo es el mes de marzo (18.5°C), en el segundo, marzo y abril (19.3-15.4°C) y nuevamente marzo y abril (20.0-16.9°C) en el tercero.

En los paneles colonizados por Serpúlidos y por otros organismos, los nuevos anélidos reclutas tienden a aprovechar el mínimo espacio disponible, fijándose en forma casi perpendicular en los paneles, en vez de apoyarse totalmente en ellos.

Polydora cf. ciliata (fig. 13) es otro Poliqueto importante tanto por su abundancia como por su resistencia a los tóxicos de uso frecuente.

Esta especie inicia su ciclo de fijación en forma variable en cada uno de los años estudiados. Durante el primer ciclo su aparición fue tardía, comenzando en marzo, es decir, seis meses después de iniciado el ensayo; en los años siguientes la fijación se efectuó en los comienzos del ensayo, siendo el último ciclo el mejor representado.

El análisis general nos indica que existen marcadas discontinuidades en la fijación, y aparentemente la presencia de esta especie en número mínimo o nulo estaría vinculado con las temperaturas extremas, tanto máximas como mínimas.

Polydora figura entre los organismos incrustantes perjudiciales ya que los tubos blandos que forma, brindan sustrato de adhesión para otras especies que, aunque poco resistentes, se mantienen a una distancia de la película de pintura donde el tóxico prácticamente no puede actuar.

MOLUSCOS

Eubranchus sp. (fig. 14) es el Molusco mejor representado en los paneles mensuales. Ya fue citada oportunamente la relación existente entre este Nudibranquio y las colonias de Go-

nothyraea inornata y Obelia angulosa (10). La comparación de los gráficos respectivos certifica que la presencia de Eubranchus está exclusivamente condicionada por la presencia y abundancia de los Hidrozoos mencionados. Así, durante el segundo ciclo caracterizado por una menor fijación de Hidrozoos, sólo se fijó el Nudibranquio durante el mes de octubre que, precisamente fue para aquellos, el de máxima abundancia.

CRUSTACEOS

Copépodos

Tisbe furcata y Harpacticus sp. (fig. 15) fueron registradas conjuntamente sobre la balsa, en proporciones semejantes.

En todos los muestreos mensuales efectuados se han encontrado ejemplares sexualmente maduros, lo que justifica su presencia a lo largo de todo el año, en los tres ciclos, si se exceptúa el hiato registrado de febrero a abril de 1967. La temperatura por lo tanto parece no tener gran importancia en los procesos de maduración sexual.

La máxima fijación corresponde a la estación fría coincidente con la mayor permanencia de Diatomeas, de las cuales se alimenta junto con el detrito orgánico.

Anfípodos

Corophium sp. (fig. 16) fue, durante el primer ciclo, el único Anfípodo registrado; sin embargo, en los dos restantes, aparecieron otras especies, las que durante algunos meses, llegaron a ser numéricamente importantes. Las mismas son actualmente motivo de estudio por parte de los especialistas.

Corophium muestra una progresiva permanencia desde el primer ciclo hasta que en el último se lo encuentra durante todo el año en los cuatro niveles. La máxima fijación, sin embargo, coincide con temperaturas medias que oscilan entre 16.5 y 20.1°C.

Este Anfípodo es una especie típica del ambiente portuario, que presenta una gran afinidad por las áreas con alto contenido de materia orgánica.

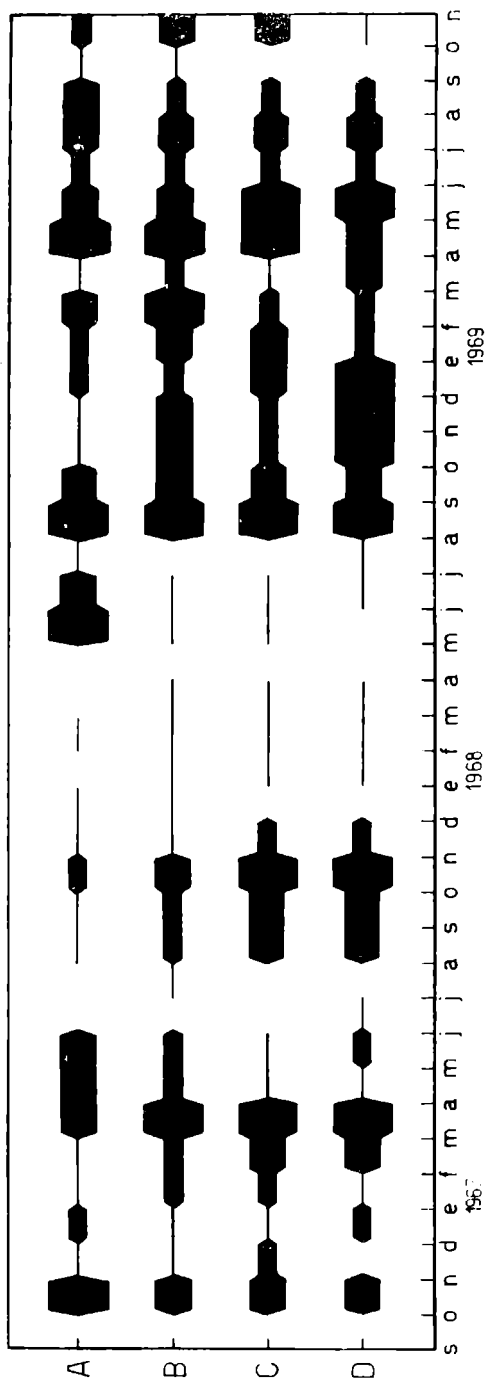


Fig. 11.- Gonothyraea inornata + Obelia angulosa

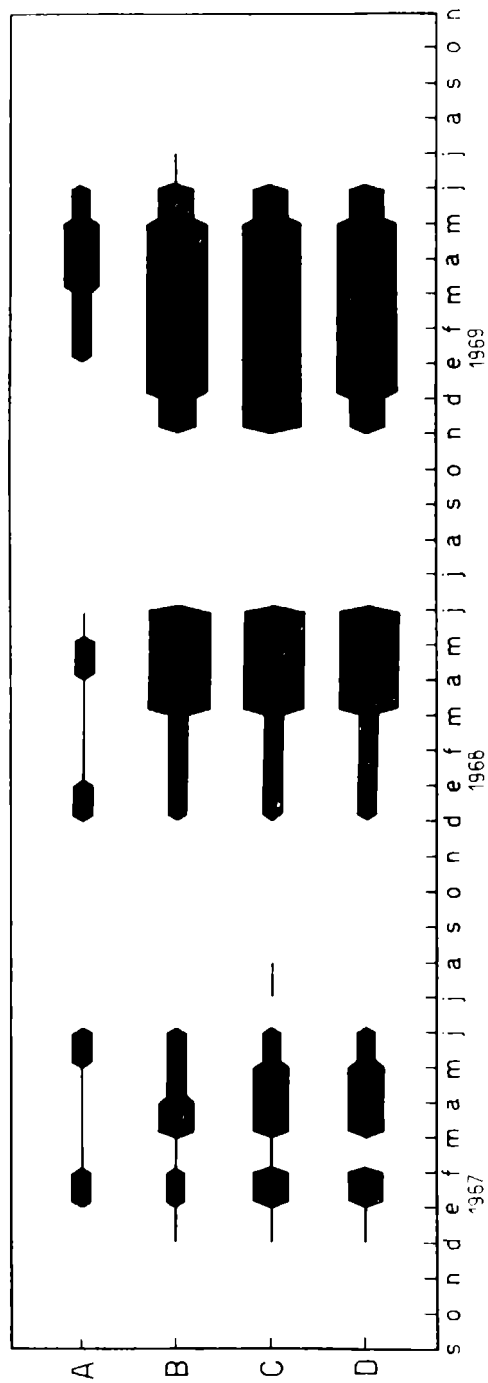


Fig. 12.- Mercierella enigmatica + Serpula vermicularis + Hydroides norvegi

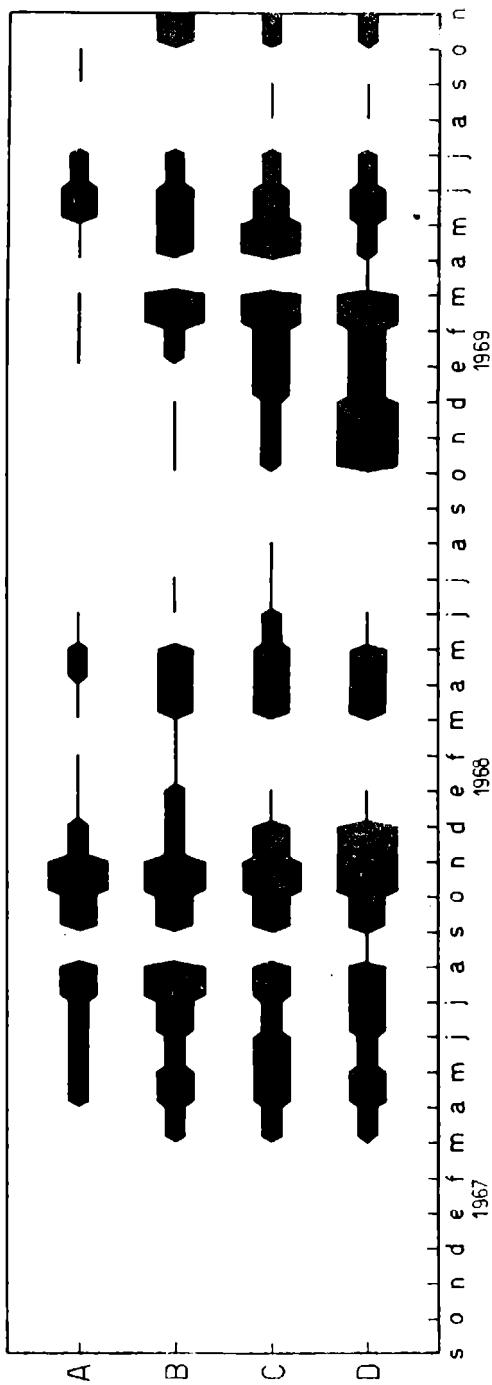


Fig. 13.- *Polydora cf. ciliata*

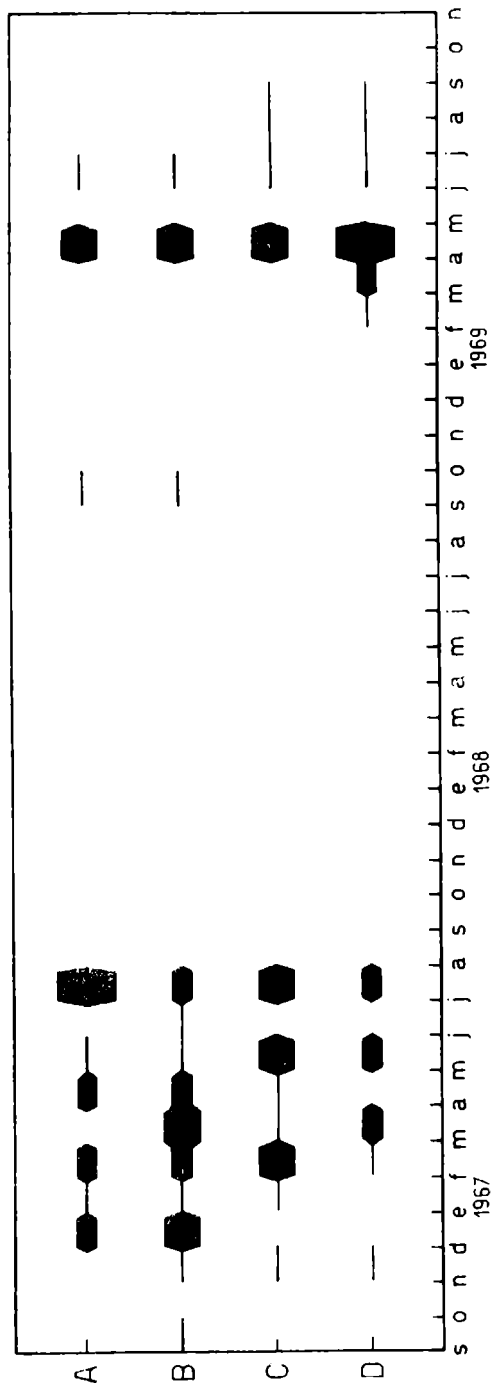


Fig. 14.- *Eubranchus sp.*

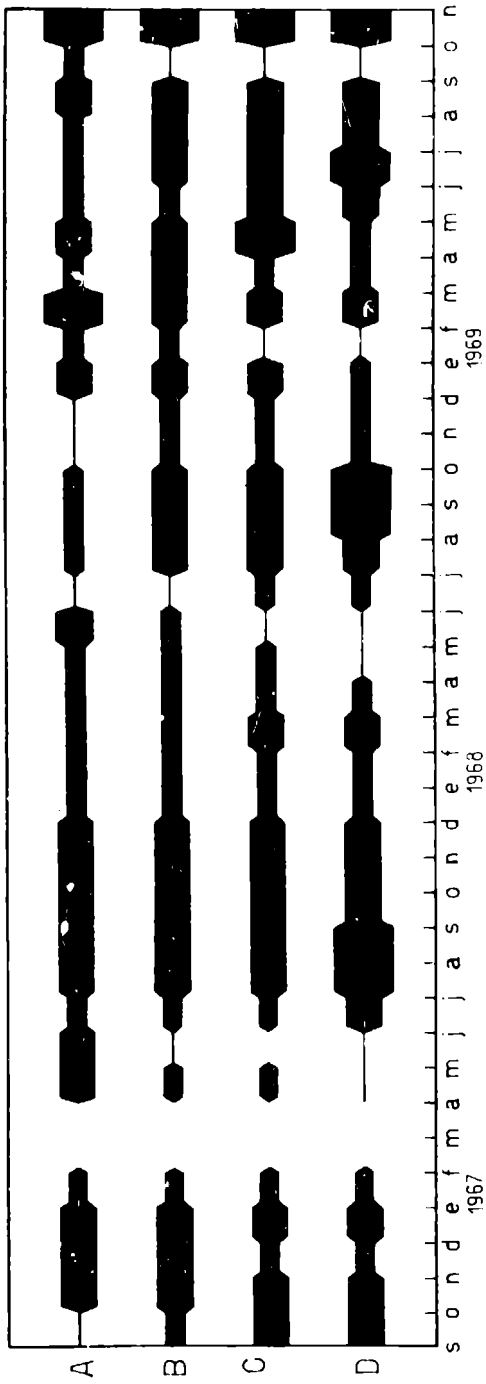


Fig. 15.- Tisbe furcata + Harpacticus sp.

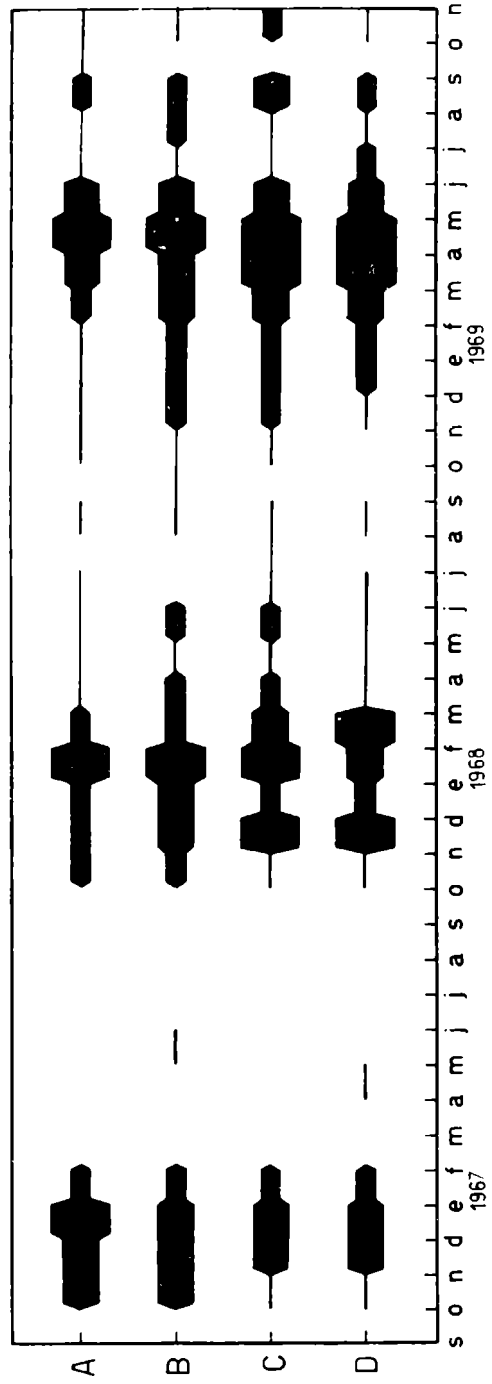


Fig. 16.- Corophium sp.

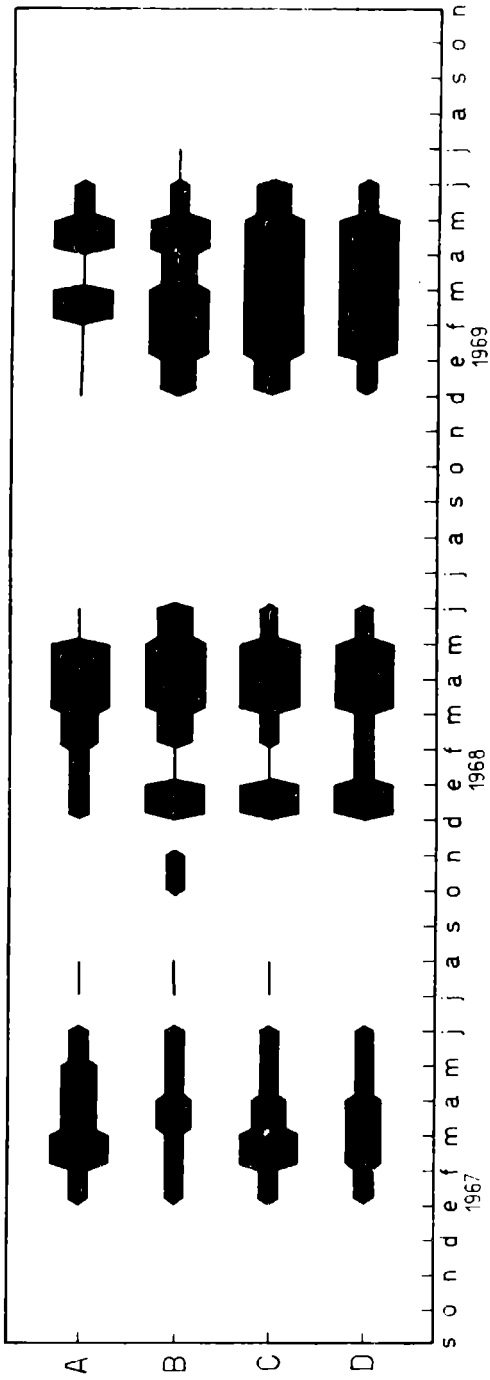


Fig. 17.- Balanus amphitrite + Balanus trigonus

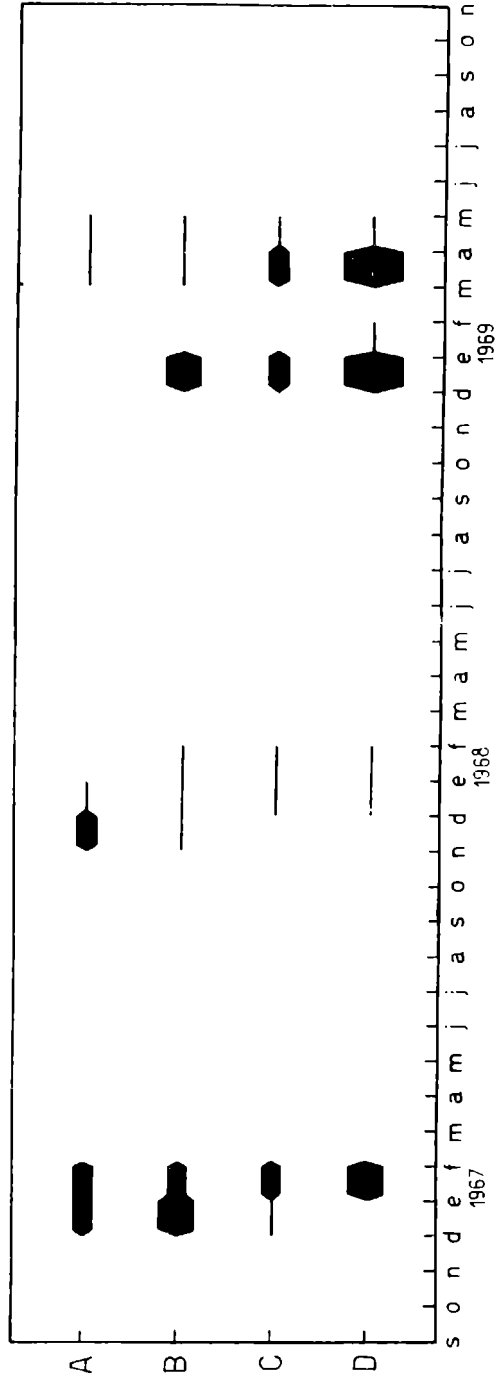


Fig. 18.- Cyrtorapsus angulatus

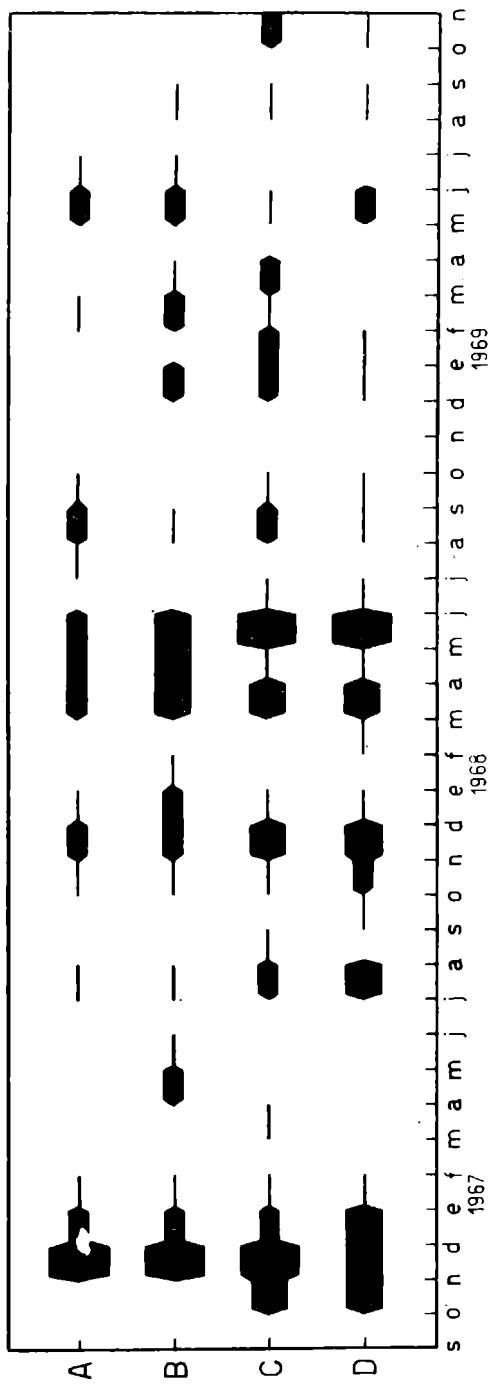


Fig. 19.- *Bowerbankia gracilis*

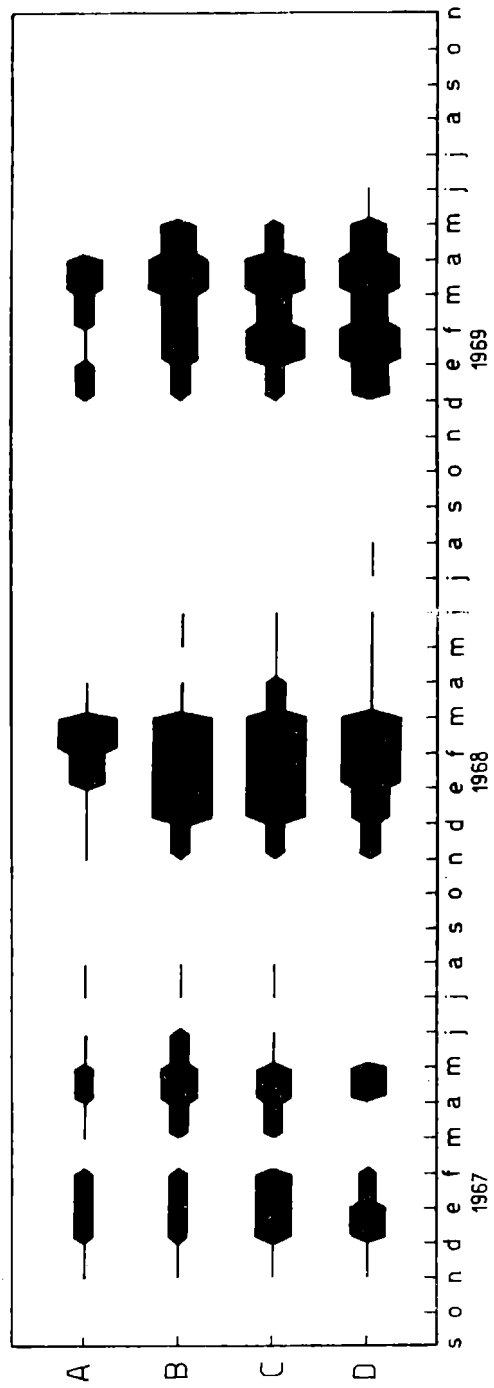


Fig. 20.- *Bugula* sp.

Cirripedios

Balanus amphitrite y Balanus trigonus (fig. 17) son las dos especies de Cirripedios que, en nuestros paneles, constituyen unos de los organismos más perjudiciales de las comunidades incrustantes.

Ambas especies difieren en su distribución batimétrica. Balanus amphitrite es capaz de desarrollarse desde el panel de línea hasta el más profundo. Balanus trigonus, en cambio, encuentra la profundidad óptima para su desarrollo en el panel D. Su presencia en número muy reducido en el panel A es sólo ocasional. Ambas especies están sujetas al problema de la competencia por el espacio.

Ambos Cirripedios presentan un ciclo de fijación semejante y estacional, vinculado directamente con la temperatura.

Los ejemplares de la zona portuaria comienzan en primavera su proceso de maduración sexual. Las larvas son retenidas hasta que se dan las condiciones térmicas necesarias para su liberación. Las épocas de fijación en nuestra balsa fueron el mes de enero con 20.2°C, diciembre con 19.1 y diciembre con 18.8 en los tres ciclos, respectivamente. Balanus amphitrite parece ser un poco menos estricta, ya que se han registrado dos fijaciones, como escasa y rara, en 13.4 y 17.4°C.

Parece ser que la temperatura influye más directamente sobre la liberación de las crías que sobre la vida de las larvas que, consecuentemente, se ven menos afectadas a las variaciones de la misma.

Datos preliminares sobre el crecimiento de ambas especies indican que éste es más acelerado en Balanus amphitrite que en Balanus trigonus. La primera puede crecer más de 5 mm, en 30 días a lo sumo, durante los meses cálidos. Por otra parte el crecimiento de estos Cirripedios es mucho mayor en la balsa que en los espigones del puerto, lo que coincide con las observaciones realizadas en otras latitudes (11).

En la zona portuaria los Balanus considerados son unas de las especies más conspicuas que sirven para caracterizar total o parcialmente los pisos Mediolitoral e Infralitoral.

La densidad de los Cirripedios ha aumentado en los tres años de ensayo. Aún no han podido establecerse las causas que motivan este fenómeno.

Decápodos

Cyrtograpsus angulatus (fig. 18) y Cyrtograpsus altimanus son las dos especies de Brachyura mejor representadas en nuestra balsa experimental. Es evidente que este grupo de Crustáceos necesita para su colonización que la comunidad se encuentre en una etapa avanzada de desarrollo (7), que en los paneles mensuales se alcanza en los meses de máxima fijación. Así, durante los tres ciclos, comienzan a aparecer los primeros cangrejos en los meses de noviembre y/o diciembre. La colonización perdura sólo durante tres o cuatro meses.

Cyrtograpsus angulatus es numéricamente más importante que Cyrtograpsus altimanus en los paneles mensuales, posiblemente por su mejor adaptación a las condiciones del sustrato experimental, sobre todo en lo que se refiere a la disponibilidad de refugios adecuados.

Aparentemente Cyrtograpsus angulatus es capaz de desarrollarse sin preferencias por una determinada profundidad. Cyrtograpsus altimanus, en cambio, pareciera ser más abundante en los niveles superiores (6).

Si bien ambas especies no son perjudiciales como organismos incrustantes, juegan un papel importante ya que sus espectros tróficos incluyen gran parte de los organismos que integran la comunidad.

BRIOZOOS

La eurihalinidad, euritermia y las amplias posibilidades de Bowerbankia gracilis (fig. 19) para vivir en ambientes contaminados dificultan la vinculación directa entre los ciclos de fijación y los factores ambientales.

El esquema de fijación muestra frecuentes discontinuidades a lo largo de los tres años analizados, que pueden estar vinculadas con la influencia de ciertos factores ambientales sobre

los procesos de maduración sexual de esta especie.

Por otra parte parece no evidenciarse una clara predilección por una determinada profundidad en la colonización de Bowerbankia.

Bugula sp. (fig. 20) es otro de los típicos componentes de las comunidades incrustantes de Mar del Plata.

Es una especie estacional cuyo período de fijación comienza en noviembre durante los dos primeros ciclos y en diciembre en el último, extendiéndose aproximadamente hasta abril o mayo. Sin embargo este período puede alargarse por algunos meses, registrándose en esos casos fijaciones de ínfima magnitud.

Durante los dos últimos años, la fijación ha sido más intensa, registrándose los valores de abundante en temperaturas que oscilan entre 19.1 y 21.1°C.

Otra especie de este género, Bugula neritina, presente en la mayor parte de los puertos del mundo, fue registrada por vez primera en el mes de marzo de 1968.

TUNICADOS

Ciona intestinalis (fig. 21) se halla restringida casi exclusivamente al área portuaria, siendo la especie dominante de las comunidades bentónicas del piso Infralitoral. Su importancia también es muy considerable sobre la balsa experimental.

De crecimiento acelerado, muestra su óptimo desarrollo sobre los paneles mensuales en los meses de verano. La fijación de esta especie generalmente produce, debido a competencia por el espacio, el desplazamiento de otras especies, fijadas previamente.

Ciona intestinalis coloniza los paneles prácticamente durante todo el año y si bien hay meses de fijación mínima o nula pueden determinarse claramente tres contingentes colonizadores principales. Durante el primer ciclo son claramente evidenciables; son menos notorios en los ciclos subsiguientes.

Si los tres grupos de fijación están vinculados con la existencia de tres razas fisiológicas dentro de la especie, que se

reproducen entre rangos de temperatura distinta (12), deberá ser confirmado con el análisis de nuevos ciclos o experiencias de laboratorio.

Resulta evidente del análisis de los tres ciclos la preferencia por la colonización de los niveles inferiores, hecho que ya se puso de manifiesto en trabajos previos (7). Al mismo tiempo el máximo desarrollo de esta especie se logra en menos tiempo a nivel del panel D.

Otras de las ascidias registradas en nuestra balsa experimental pertenecen al género Molgula. El período de fijación de estas especies es relativamente corto. Su presencia en los paneles mensuales es escasa ya que necesitan para su desarrollo que la comunidad se encuentre en una etapa de evolución avanzada.

LOS PROCESOS DE DESARROLLO DE LAS COMUNIDADES INCRUSTANTES

La evolución de las comunidades incrustantes, es decir, su sucesión, que en el caso del fouling presenta características muy peculiares, se refleja en forma clara y evidente a través de los paneles acumulativos, capaces de seguir los pasos que se producen en la comunidad desde que se sumerge el sustrato artificial hasta el final del ensayo, que generalmente tiene un año de duración.

Sin embargo en los paneles mensuales, que sólo se hallan sumergidos por períodos de 30 días, se producen importantes procesos sucesionales que dependen principalmente de la época del año.

Para establecer claramente estas etapas iniciales sería necesario, como indicamos oportunamente (10), efectuar observaciones aproximadamente cada 5 ó 10 días. Como nuestros muestreos fueron realizados cada 30 días no podemos detallar la secuencia de la sucesión en los paneles mensuales, pero sí hacer referencia al grado de evolución de esas comunidades mes a mes, a lo largo del año.

Como la velocidad en que se concretan las etapas sucesionales es directamente proporcional a la temperatura, luego de los tres

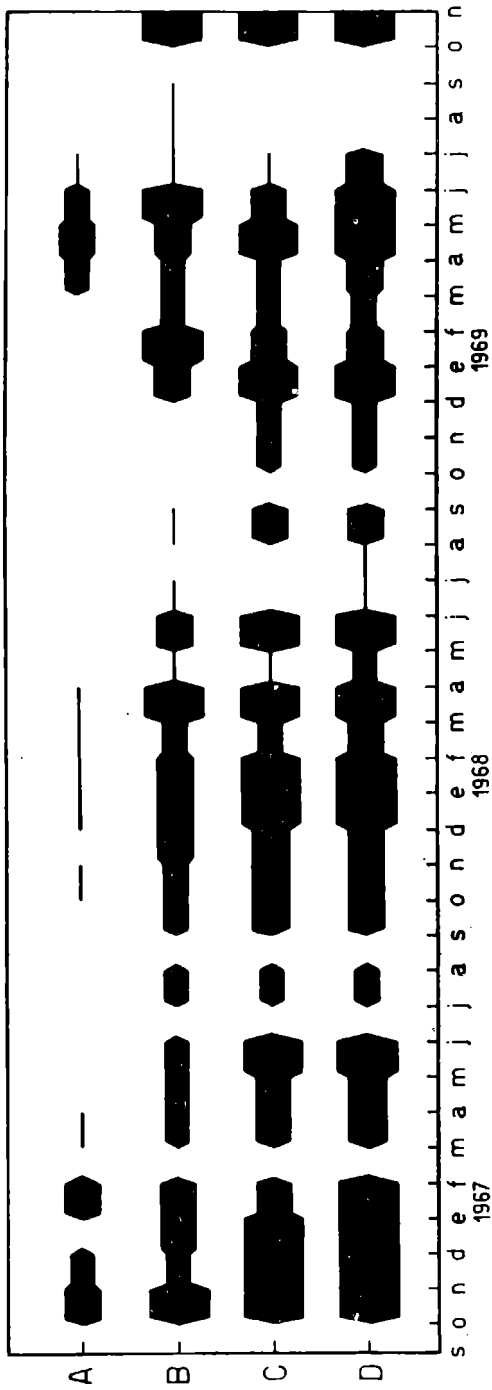


Fig. 21.- Ciona intestinalis

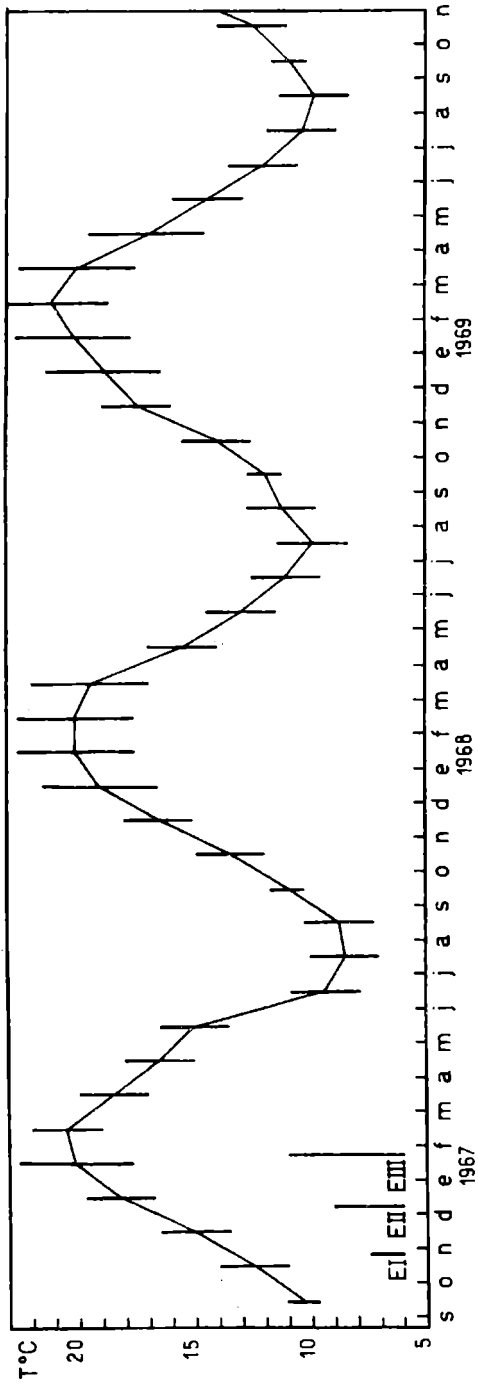


Fig. 22.- Estados de desarrollo de la comunidad sobre paneles mercales

ciclos analizados la variación de esta última permitió detectar los diversos estados que presenta la comunidad en las primeras etapas de formación.

Es indudable que aún no existen criterios universales con respecto a la forma en que deben definirse estos estados dentro de los procesos de desarrollo de las comunidades incrustantes. El logro de un acuerdo constituye un hecho importante, especialmente en relación a los estudios en común que tienden a concretarse en áreas apartadas entre sí.

De esta forma podrán compararse con mejores fundamentos dos áreas distintas y determinar el grado de agresividad de las mismas, la que está determinada no sólo por sus componentes específicos, sino también por la velocidad de integración de las comunidades.

Entre los diversos esquemas sobre los estados de desarrollo de una comunidad creemos que el de Kawahara (13) es uno de los más acertados y que, por otra parte, coincide con conclusiones expresadas en trabajos previos (10).

Los estados que se describen a continuación deben ser considerados en relación a las características de las comunidades en su proceso de integración y no al tiempo transcurrido, ya que esta es una variable vinculada con las características ambientales, que pueden cambiar notablemente de una zona a otra, e incluso en una misma área, a lo largo del año, y en relación a las estaciones consideradas.

La caracterización de los distintos estados corresponde a la descripción de Kawahara, a la que hemos agregado nuestra propia experiencia. Es aconsejable, para identificarlos, descartar aquellas especies nadadoras como por ejemplo Anfípodos, Isópodos, Copépodos, etc., ya que su presencia puede ser en algunos casos esporádica y no estar vinculada con el grado de desarrollo de la comunidad a la cual integran momentáneamente.

Estado I

Comprende la colonización casi inmediata del sustrato sumergido por las Bacterias. Esta fijación no es visible a simple vista y no altera el color original de la superficie experimental.

Tabla I

Estado	Subestado	Meses	Temperatura media	
I		setiembre 1966 setiembre 1967 setiembre 1968 setiembre 1969	11,2°C	
II	II A	junio 1967 julio 1967 agosto 1967 junio 1968 julio 1968 agosto 1968 junio 1969 julio 1969 agosto 1969	10,1°C	
	II B	octubre 1966 febrero 1967 abril 1967 mayo 1967 noviembre 1967 mayo 1968 octubre 1968 noviembre 1968 octubre 1969	15,3°C	13,1°C
	II C	noviembre 1966 diciembre 1966 marzo 1967 octubre 1967 abril 1968 mayo 1969	15,8°C	
III		enero 1967 diciembre 1967 enero 1968 febrero 1968 marzo 1968 diciembre 1968 enero 1969 febrero 1969 marzo 1969 abril 1969	19,6°C	

Posteriormente se concreta la colonización de las Diatomeas, Protozoos y otras Algas microscópicas. Paralelamente se evidencia la adhesión de partículas detríticas de diverso origen, las que junto con los organismos anteriormente mencionados, van otorgando al sustrato una coloración característica que puede ir del verde amarillento al verde pardo oscuro. A simple vista sólo se registra una película gelatinosa y brillante que puede presentar espesor variable. Esta película resulta fundamental para los colonizadores posteriores, ya que otorga una textura particular y brinda un recurso trófico de gran importancia, especialmente para los estados larvales de muchos grupos.

Estado II

Comienza con la fijación de especies de mayor talla. Algunas de ellas, llamadas pioneras, se caracterizan por fijarse en forma más rápida y adquirir un desarrollo considerable en un tiempo muy breve. A ellas le seguirán otras, las que en su conjunto servirán de base para la constitución definitiva de la comunidad. Esta es la etapa en el cual se fijan las principales especies y está condicionada en gran medida, por los procesos de reproducción de las comunidades bentónicas del área.

De acuerdo a las características de las comunidades de nuestra zona de estudios, nos hemos visto en la necesidad de crear dentro del estado II tres subestados A, B y C, fácilmente identificables. Estos subestados se basan principalmente sobre la diversidad específica lograda hasta el momento y la distribución y densidad de los organismos incrustantes.

Estado III

Constituye una etapa en la cual los organismos colonizadores de la etapa anterior se desarrollan y aumentan en volumen. A su vez se continúan los procesos de colonización, si bien los mismos están en cierta medida limitados por el desarrollo de las especies previamente fijadas. Existen a su vez ciertos cambios en los componentes iniciales y se notan claros fenómenos de competencia por el espacio.

Estado IV

Es la culminación del estado anterior y las especies dominan-

tes adquieren su máximo desarrollo. Es el momento en que se registran los máximos valores en la biomasa de la comunidad. Correspondería a lo que podemos llamar la etapa climática del fouling.

Contrariamente a lo que sucede en las áreas bentónicas naturales, esta etapa de equilibrio de la comunidad tiene poco tiempo de vida, ya que en las condiciones portuarias, principalmente en lo que respecta a la gran abundancia de alimento, los organismos cumplen su ciclo en corto plazo, hecho favorecido por otras características que ofrece el sustrato flotante artificial (10).

Estado V

Se produce la declinación de la comunidad por la muerte de los organismos que han completado su ciclo. Los valores de biomasa experimentan un descenso brusco.

Estado VI

Se produce la casi total desaparición de las especies que constituían la comunidad y nuevamente queda libre el sustrato para ser colonizado una vez más, lo que da comienzo al estado I.

El sustrato suele presentar un alto contenido de ácido sulfúrico como resultado de los procesos de putrefacción de los organismos muertos.

Cabe mencionar que cada uno de estos estados es factible de ser subdividido de acuerdo a las características regionales de la fijación. El paso de un estado a otro no siempre se produce en forma homogénea a lo largo de toda la superficie del panel y se presentan situaciones intermedias que pueden sin embargo agruparse, ya sea en los subestados propuestos, o directamente en un estado dado de acuerdo a la magnitud de la cobertura.

Interesaba pues determinar hasta que estados se llegaba a alcanzar en los paneles mensuales a lo largo del año y ver además si los períodos correspondientes a estos estados eran homologables a lo largo de los tres ciclos.

Las correspondencias entre los tres estados y los meses de los tres ciclos analizados nos hicieron ver la precisa relación entre el estado de desarrollo de las comunidades y el factor temperatura. El gráfico indica claramente este fenómeno, y los sub-

estados del estado II se presentan siempre antecediendo y precediendo al estado I, siguiendo las oscilaciones de la curva de temperatura media del agua en superficie.

El primer paso para vincular de una manera más precisa estados y temperatura consistió en analizar el promedio de temperaturas que correspondía a cada uno de los estados y subestados. Las mismas indicaron diferencias ya que los valores aumentaban desde el estado I al III y del subestado A al C del estado II respectivamente. Sin embargo las variaciones de la media, aunque se repetían en cada uno de los ciclos, podrían no ser significativas. Por tal motivo efectuamos un análisis de varianza que arrojó los valores que se indican en la tabla II.

De estos datos se desprende que las diferencias térmicas entre los tres estados (I, II y III) son muy significativas al nivel 1 % de probabilidad, al igual que entre los 3 subestados (IIA, IIB y IIC).

Con el fin de discriminar más las diferencias, analizamos los 3 subestados de a pares determinando que la significación era alta entre los subestados A y B; el valor de F entre B y C, en cambio, es significativo sólo al nivel 5 % de probabilidad.

Otro aspecto interesante detectado a través de este análisis es que el estado I está condicionado en todos los casos por las temperaturas de los dos meses anteriores que siempre corresponden a los de media más baja. Por lo tanto la acción de la temperatura condiciona una detención o una disminución del ritmo de maduración sexual de las especies incrustantes, más que una acción directa sobre los estados larvales. Contrariamente, el estado III está determinado directamente por la temperatura de ese mes o del mes anterior, la que condiciona evacuaciones de tipo masivo y desarrollo acelerado de las larvas.

Hemos podido comprobar que en un mismo bastidor los paneles pueden presentar ciertas variaciones en el estado de desarrollo de las comunidades. Este hecho nos permite determinar cuál es la profundidad óptima que condiciona una mayor progreso en las etapas sucesionales y en qué medida este factor ecológico actúa sobre los organismos fijados.

En virtud de la importancia que tienen estas correlaciones

y la facilidad de identificación de los diversos estados en relación con la temperatura, consideramos que resulta un sistema que debería ser aplicado en todo ensayo. De esta manera en pocos años se pueden hacer predicciones correctas sobre el estado de desarrollo de las comunidades fijadas sobre paneles mensuales en función de los registros térmicos, además de tener una clara idea de la agresividad de la zona en cuestión y poder compararla con otras áreas. Indudablemente existen aún métodos estadísticos y consideraciones ecológicas más finas que pueden brindar mayor información en pos del conocimiento de la dinámica de estas comunidades bentónicas tan particulares.

CONCLUSIONES

1.- Las observaciones efectuadas sobre las principales características hidrológicas del puerto de Mar del Plata indican los siguientes aspectos:

a) Las temperaturas medias del agua superficial muestran gran semejanza a lo largo de los tres ciclos analizados, lo que condiciona en gran medida la repetición de los ciclos estacionales de fijación. Las diferencias observadas con las temperaturas de aguas externas se presentan durante cortos períodos, referidos principalmente al calentamiento de la superficie durante los meses cálidos y al enfriamiento durante los meses fríos.

b) La salinidad no muestra variaciones cíclicas y se llegan a alcanzar valores inferiores a los del área externa vecina. Las características que presenta este factor en nuestra zona hace que no tenga acción sobre los ciclos estacionales de fijación.

c) El pH muestra valores siempre por debajo de lo normal, debido al grado de contaminación del área portuaria; el mismo va descendiendo desde la desembocadura hacia la parte más interna.

d) La dinámica de las aguas portuarias demostró presentar un esquema bastante complicado, por lo que notamos la necesidad de que en el futuro las muestras sean obtenidas no sólo en balsa si-

TABLA III

LISTA DE LAS ESPECIES REGISTRADAS SOBRE PANELES MENSUALES EN

EL PUERTO DE MAR DEL PLATA, PERIODO 1966/69

ALGAS

Diatomeas

Amphora sp.
Cocconeis sp.
Grammatophora spp.
Licmophora lyngbyei fa.
elongata
Licmophora lyngbyei fa.
abbreviata
Licmophora lyngbyei fa.
minor
Navicula spp.
Nitzschia closterium
Nitzschia longissima
Pinnularia sp.
Plagiogramma sp.
Thalassiothrix nitzchoides
Pleurosigma sp.
Synedra affinis
Coscinodiscus sp.
Melosira sulcata
Opephora sp.
Achnanthes spp.

Cianofitas

Lyngbia lutea
Microcoleus tenerrinus
Phormidium corium

Clorofitas

Cladophora sp.
Enteromorpha intestinalis
Ulva lactuca
Bryopsis plumosa

Rodofitas

Polysiphonia sp.

Ceramium sp.

Porphyra umbilicalis *

PROTOZOOS

Peridinium sp.
Amoeba sp.
Zoothamnium sp.
Vorticella sp.
Euplotes sp.
Frontonia sp.
Trachelonema sp.
Lacrymaria sp.
Mesodinium sp.
Tintinnopsis spp.
Favella sp.
Ephelota sp.
Lagotia sp.
Claustrofolliculina sp.

CELEENTERADOS

Tubularia crocea
Gonothyrea incornata
Obelia angulosa

ROTIFEROS

Trichocerca sp.
Colurella sp.

ANELIDOS

Eupomatus sp.
Hydroides norvegica
Mercierella enigmatica
Serpula vermicularis
Polydora cf. ciliata
Syllis robertianae
Dorvillea sp. *
Halosydnella australis *

MOLUSCOS

Eubranchus sp.
Siphonaria lessoni *
Buccinanops sp.
Saxicava solida *
Brachydontes rodriguezi *
Pyrene paesslereri

PICNOGONIDOS

Anoplodactylus stictus
Anoplodactylus petiolatus
Anoplodactylus pigmaeus
Tanystylum orbiculare
Achelia assimilis

CRUSTACEOS

Copépodos

Tisbe cf. furcata
Harpacticus sp.
Paraltheutha minuta

Isópodos

Sphaeroma sp. *
Idotea baltica *

Anfípodos

Corophium sp.
Caprella dilatata *

Cirripedios

Balanus amphitrite
Balanus trigonus

Decápodos

Cyrtograpsus angulatus
Cyrtograpsus altimanus
Coenophtalmus tridentatus *
Pilumnoides hassleri *

BRIOZOOS

Bugula sp.
Bowerbankia gracilis
Membranipora sp.
Bugula neritina

TUNICADOS

Ciona intestinalis
Molgula robusta
Molgula manhattensis
Molgula cf. occidentalis

Nota.- Existen varias especies de diversos grupos que no se incluyen en esta lista por no estar aún identificadas taxonómicamente.

* Especies típicas de los paneles acumulativos, que ocasionalmente han sido registradas sobre paneles mensuales.

no cubriendo una zona más amplia.

2.- El análisis de los ciclos de fijación de las principales especies, a lo largo de tres años consecutivos, nos permiten concluir diversos aspectos detallados a continuación.

a) Las Diatomeas presentan un comportamiento semejante a lo largo de los tres ciclos estudiados, mostrando variaciones a lo largo del año en la dominancia de determinadas especies. Durante los meses cálidos, si bien corresponde a la época de máxima abundancia en el área, aparecen en mayor proporción sobre los paneles en relación con la aceleración de los procesos sucesionales de la comunidad.

b) Las Clorofitas están principalmente representadas por Enteromorpha intestinalis. Su nivel de fijación está referido especialmente al panel A y borde superior del B. Los tres ciclos de fijación analizados presentan grandes similitudes. La máxima fijación y óptimo desarrollo se produce a fines de primavera y verano con temperaturas medias que oscilan entre 16.5 y 20.6°C, época en que los ejemplares pueden crecer 1 cm por día.

Ulva lactuca presenta su mejor fijación sobre el panel A. Los ciclos muestran ciertas diferencias a lo largo de los tres años. La máxima fijación se presentó con temperaturas medias que oscilaron entre 20.2 y 16.9°C.

Bryopsis plumosa demostró ser una especie bastante sensible a los factores contaminantes del área portuaria, en donde muestra ciclos de fijación y desarrollo distintos a los de áreas naturales, y variables de un año a otro.

c) Las Rodofitas principalmente representadas por Polysiphonia sp. y Ceramium sp., han mostrado, entre ambas, variaciones numéricas a lo largo del tiempo. Semejantes en proporción durante el primer ciclo, Polysiphonia ha estado mejor representada durante los dos últimos.

d) Los Protozoos se han fijado en forma homogénea a lo largo de las cuatro profundidades ensayadas durante los tres ciclos de estudio, siendo la especie dominante a través de ellos Zoothamnium sp.

e) Los Celenterados representados por Tubularia crocea, Gono-

thyraea inornata y Obelia angulosa muestran un rápido crecimiento en los paneles mensuales, alcanzando en muchos meses la madurez sexual en menos de 30 días. En algunos casos llegan a completar su ciclo vital en ese corto período. En las tres especies se notó una disminución en la fijación durante el segundo ciclo de ensayos, sin conocerse las causas. Ninguna de estas especies demuestra predilecciones batimétricas.

f) Los Serpúlidos constituyen los Anélidos mejor representados en los paneles mensuales. Mercierella enigmatica y Serpula vermicularis son las dos especies más abundantes; les siguen Hydroides norvegica y Eupomatus sp., estando esta última representada en pequeñas proporciones. Todas estas especies tienen igual ciclo de fijación, constituyendo uno de los grupos de clara fijación estacional en relación con la temperatura. La fijación comienza a fines de la primavera, con temperaturas que oscilan entre 17,4 y 19,1°C. La máxima fijación y óptimo desarrollo se logra a fin del verano y comienzo del otoño, época en que son capaces de formar tubos de aproximadamente 5 cm de largo en menos de 30 días. En todos los casos la fijación ha resultado mucho menor en el panel de línea que en el de carena, en virtud de sus requerimientos batimétricos.

g) Polydora cf. ciliata es otro Anélido bien representado durante los ensayos; su ciclo de fijación, como el de las especies anteriores, se ha incrementado en los dos últimos años. El mismo se caracteriza por presentar discontinuidades, que probablemente corresponden a los ciclos de reproducción de los adultos. Los tubos formados promueven fenómenos de epibiosis que pueden resultar perjudiciales por la resistencia de esta especie a las pinturas tóxicas. Si bien muy resistentes a los cambios ambientales, las temperaturas extremas máximas y mínimas parecen afectar su fijación.

h) Los Copépodos Tisbe furcata y Harpacticus sp. se fijan conjuntamente y durante iguales períodos. Son de fijación anual y capaces de reproducirse a lo largo de todo el año. La máxima colonización coincide con la mayor abundancia de Diatomeas en los paneles, organismos de los cuáles se alimentan.

i) Balanus amphitrite y Balanus trigonus presentan claros ciclos de fijación estacional, vinculados con la temperatura. La distribución batimétrica de ambas especies difiere, si bien po-

seen igual ciclo de fijación. La colonización comienza a fines de primavera-comienzos del verano, cuando la temperatura media del agua alcanza aproximadamente los 18°C. Balanus amphitrite posee un crecimiento más rápido, llegando a alcanzar la talla de 5 mm en menos de treinta días. La densidad de los Cirripedios ha ido en aumento paulatino desde el comienzo de las experiencias.

j) Bugula sp. es una de las especies mejor representadas del grupo de los Briozoos; su fijación comienza a fines de la primavera y se extiende hasta mediados del otoño. Las fijaciones de máxima abundancia y de óptimo desarrollo tienen lugar a temperaturas que oscilan entre 19.1 y 20.1°C.

k) Ciona intestinalis es el Tunicado más conspicuo en los paneles mensuales. Su presencia se registra a lo largo de todo el año, con algunos intervalos de mínima o nula fijación; se producen tres contingentes colonizadores principales, y esto, según algunos autores, respondería a la existencia de razas fisiológicas cuya reproducción se efectúa en rangos de temperatura diversa. Resulta evidente la preferencia por la colonización en los niveles inferiores, donde además el crecimiento es más acelerado; durante los meses de verano pueden alcanzar aproximadamente 3 cm en menos de treinta días.

3.- El análisis del estado de desarrollo de la comunidad en los paneles mensuales, en los tres años de observaciones, permite inferir las siguientes conclusiones:

a) De acuerdo a la clasificación que hemos adoptado, el máximo grado de desarrollo alcanzado fué el estado III, lo que demuestra el ritmo sucesional acelerado de las comunidades de nuestra área, en general considerablemente superior al de otros puertos estudiados.

b) Fué posible subdividir al estado II en tres subestados (A, B y C), fácilmente discernibles, que generalmente anteceden y preceden al estado I.

c) A través de un test de significación se confirmó la relación existente entre el estado de desarrollo y la temperatura media del agua.

d) En nuestro caso, las temperaturas que condicionan los es-

tados de desarrollo están vinculadas por los procesos de reproducción y no por las exigencias térmicas de las larvas; de ahí que los estados de menor desarrollo (estado I) tengan lugar generalmente dos meses después de registrarse las mínimas temperaturas medias del año. Los estados de mayor desarrollo (estado III) en cambio, están directamente condicionados por la temperatura de ese mes o del mes anterior, que son generalmente las más altas del año, y que desencadenan de inmediato reproducciones masivas y acelerado crecimiento de las larvas y de las formas juveniles.

e) Consideramos que la vinculación de los estados de desarrollo de los paneles mensuales con las temperaturas del agua debería ser aplicada en todo ensayo, para así poder comparar entre diversas áreas las características de las comunidades incrustantes. Esto permitiría, además, efectuar cálculos prediccionalos de acuerdo a los registros térmicos.

f) Las variaciones en el desarrollo que se producen en un mismo bastidor pueden permitir detectar la profundidad óptima de evolución de la comunidad, es decir la profundidad a la cuál los procesos sucesionales son más acelerados.

g) Por otra parte, el análisis del estado de desarrollo constituye un dato más sobre la importancia de las comunidades incrustantes de Mar del Plata, en cuanto a su agresividad y a la velocidad de evolución. Siendo una zona de clima templado presenta durante parte del año, en sus colonizaciones mensuales, características iguales o superiores a las de zonas tropicales.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Lacombe, D., 1965.- Observações sôbre corrosão em placas de aço na Baía de Guanabara. Instituto de Pesquisas da Marina, NT/22/1965, 1/20.
- (2) Barroso Fernandes, L. M. y A. Fernandes da Costa, 1967.- Nota sôbre organismos marinhos incrustantes e perfurantes das embarcações. Boletim de Estudos de Pesca, 7, (3), 9/26.

- (3) Kucherova Z. S., 1967.- Crecimientos marinos indeseables sobre superficies neutrales y tóxicas en la región de La Habana. Estudios, 2, (2), 45/61.
- (4) Naval Oceanographic Office, 1968.- Oceanographic cruise summary marine biofouling studies in Montego and Oyster Bays, Jamaica; January 1967 to January 1968. IR NO 68-116, 1/21.
- (5) Pequegnat, W. E. and L. H. Pequegnat, 1968.- Ecological aspects of marine fouling in the Northeastern Gulf of México. Texas A & M University, 68-22T, 1/80.
- (6) Bastida, R., 1967.- Preliminary notes of the marine fouling at the Port of Mar del Plata (Argentina). Compte Rendu, 2nd. International Congress on Marine Fouling and Corrosion, Athens, Greece.
- (7) Bastida, R., 1968.- Las incrustaciones biológicas en el Puerto de Mar del Plata, período 1966/67, 1a. parte. LEMIT, Serie II, 1/68.
- (8) Rascio V. y J. J. Caprari, 1968.- Contribución al estudio del comportamiento de las pinturas antiincrustantes. I. Influencia del tipo de tóxico y de la solubilidad del vehículo. Peintures, Pigments, Vernis, 45, (2), 102/13; Industria y Química, 26, (3), 170/77.
- (9) Carreto J. I., 1968.- Variaciones en la biomasa fitoplanctónica en aguas costeras de Mar del Plata. Carpas, 14/D.Téc. 34, 1/9.
- (10) Bastida, R., 1969.- Las incrustaciones biológicas en el Puerto de Mar del Plata, período 1966/67, 2a. parte. LEMIT, 4-1969 (Serie II, n° 144), 1/60.
- (11) Crisp, D. J., 1965.- Ecology of marine fouling. Ecology and the Industrial Society. Fifth Symposium of the British Ecological Society, 99/117.
- (12) Runnström, S., 1937.- Die Anapassung der Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere an die Temperaturverhältnisse verschiedener Verbreitungsgebiete. Bergen Mus. Aarb., (3).

- (13) Kawahara, T., 1962. Studies on the marine fouling communities. I. Development of a fouling community. Report of the Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie, 4, (2), 27/41.
- (14) Ramírez, F. C., (en prensa).- Paralteutha minuta, una nueva especie de Copépodo (Harpacticoidea, Peltidiidae) hallado en aguas costeras de Mar del Plata. Revista del Museo de La Plata.

Nota.- Este trabajo fué realizado con subsidio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina (CNICT), y por convenio entre el LEMIT y el Instituto de Biología Marina de Mar del Plata.

PINTURAS ANTICORROSIVAS PARA LA PROTECCION DE CARENAS DE BARCOS

III. Influencia del pretratamiento del acero y del esquema de pintado utilizado

**Dr. Vicente J. D. Rascio
Ing. Quím. Juan J. Caprari**

INTRODUCCION

Las experiencias en balsa realizadas hasta el presente en el puerto de Mar del Plata (1965/69) han permitido examinar comparativamente el comportamiento de pinturas anticorrosivas, oleoresinosas y vinílicas, tanto en línea de flotación como en carena.

Al margen del estudio de las formulaciones propiamente dicho, y del comportamiento de las mismas frente al medio de ensayo, se ha podido constatar la importancia que tiene sobre los resultados la forma de preparación de la superficie metálica, el uso o no de pretratamiento, y el esquema de pintado o el espesor de película utilizado.

Resulta evidente la dificultad de comparar resultados de ensayos en balsa correspondientes a períodos o ciclos diferentes. Si bien se han utilizado en las experiencias de dos años consecutivos las mismas pinturas, o materiales de características muy similares (en algunos casos se han introducido ligeras modificaciones en las formulaciones, con el objeto de mejorar sus propiedades físicas y químicas), los ensayos están afectados necesariamente por una variable, las características del medio marino natural, en este caso el puerto de Mar del Plata, en el cuál se producen anualmente cambios importantes:

a) En las condiciones hidrológicas, especialmente en lo referente al pH, como consecuencia de la variación de la naturaleza de los agentes contaminantes presentes (hemos registrado valores mínimos de 7,3).

b) En las condiciones biológicas, es decir en la cantidad, especies y períodos de fijación de los organismos incrustantes, factores ambos que inciden en la comparación de resultados a nivel de línea de flotación.

c) Comportamiento de la pintura antiincrustante, que afec-

ta los resultados de las experiencias con paneles totalmente sumergidos (carena).

Es importante conocer, paralelamente a los resultados de los ensayos, cómo se modifican anualmente los factores citados, para tener una idea del margen de seguridad con que se pueden emplear las diferentes pinturas estudiadas. De ahí la importancia de la repetición de experiencias, con un mismo material, en ciclos diferentes.

La corrosión metálica, considerando el caso particular del acero, tiene dos componentes fundamentales, el metal y el medio. El film protector actúa aislando o procurando aislar a ambos. En consecuencia, para una protección eficiente, no podemos pensar en modificar el medio, especialmente cuando se trata del medio marino. Los cambios, necesariamente, deben introducirse en las características del metal, reduciendo su reactividad (pasivándolo), o en las propiedades y espesor de la película protectora (1, 2).

Es importante determinar con exactitud cuál es la influencia de los diferentes factores, pero no es lógico extremar al máximo las exigencias relativas a la pintura, formulando materiales cada vez más resistentes y costosos, cuando un manejo adecuado de otras variables (p.ej. el espesor de la película o el pretratamiento del acero) pueden conducir a resultados igualmente satisfactorios para los casos corrientes de protección.

En una solución conductora (caso del agua de mar) ocurren las siguientes reacciones principales:

- a) Los átomos de hierro se separan de la red metálica en la interfase ánodo/solución; iones metálicos positivamente cargados (Fe^{++}) se disuelven en el líquido, dejando electrones en el metal;
- b) Los electrones puestos en libertad por la ionización del metal, fluyen por el conductor externo hacia el cátodo;
- c) Los electrones en la interfase cátodo/solución, intervienen en un proceso electroquímico, con reducción de iones o de alguna otra sustancia aceptora de electrones (oxígeno o cloro disueltos).

Las reacciones anódica y catódica son electroquímicamente equivalentes. Cualquier factor de incidencia sobre una de ellas, repercutirá sobre la otra. Este es el aspecto más importante con vistas a controlar la reacción de corrosión mediante el empleo de un film de pintura.

Los productos de reacción que se forman en ánodos y cátodos, tanto en el metal desnudo como en el acero protegido, han sido considerados con detenimiento en trabajos anteriores (3).

Desde el punto de vista que nos interesa particularmente, esto es la protección por medio de pinturas, resultan importantes las reacciones catódicas que involucran formación de hidrógeno ($2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$) o la producción de un medio alcalino ($2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \longrightarrow 2 \text{OH}^-$). La formación de iones hidroxilo modifica el pH del medio en el contacto con el metal, pudiendo afectar las propiedades del film de pintura. En consecuencia actúan como factor limitante de las materias primas que pueden ser utilizadas en las formulaciones de pinturas marinas.

Además, el agua de mar tiene un contenido elevado de oxígeno disuelto, el cuál puede ser reducido también a iones hidroxilo ($\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \longrightarrow 4 \text{OH}^-$) o a peróxido de hidrógeno e iones hidroxilo ($\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{OH}^-$). Estas reacciones son también de gran importancia en los casos en estudio.

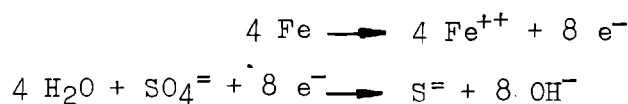
La velocidad de corrosión depende de la disponibilidad de oxígeno en contacto con la superficie metálica; la corrosión será tanto más grave cuanto más oxígeno llega.

Otro aspecto que debe ser mencionado también en relación con la protección del acero en medio marino, es el fenómeno de pasividad, que el metal puede alcanzar por varios caminos, entre ellos el tratamiento químico. El uso de un "metal-primer", "metal-conditioner" ó "wash-primer" (2, 4), que da lugar a la formación de un film protector firmemente adherido, muy delgado, de fosfatos y cromatos complejos, conduce a dicho resultado.

En las condiciones particulares del puerto de Mar del Plata, los productos de desecho industriales constituyen una contaminación importante. En consecuencia, no debe dejarse de lado

la posibilidad de una corrosión bacteriana, de fácil desarrollo en un medio con abundante detrito orgánico. Este tipo de corrosión se desarrolla tanto por acción directa de los organismos como por la de sus productos de metabolismo (producción de sustancias tales como ácido sulfhídrico, ácidos orgánicos e inorgánicos diversos). Estos fenómenos son importantes tanto a nivel de línea de flotación como en carena.

Uno de los organismos que corrientemente actúan en este sentido es la bacteria Desulfovibrio desulfuricans, que produce ácido sulfhídrico por reducción de sulfatos, reacción que podría representarse:



Como consecuencia de todo lo expuesto precedentemente, se deduce que las condiciones fundamentales que debe reunir un sistema para línea de flotación son las siguientes:

a) Resistencia a soluciones alcalinas (agua de mar normal, con un pH entre 8,0 y 8,1, hasta valores de 7,3 en un medio contaminado) o a la acción de iones hidroxilo (OH^{-}) formados como consecuencia de las reacciones de corrosión ya mencionadas, que confieren un pH 11 a 12 a las zonas catódicas. Esta condición excluye, en consecuencia, el uso de sustancias saponificables o reduce su proporción en las formulaciones. De esta manera quedan restringidas las materias primas que pueden ser utilizadas, a resinas fenólicas, caucho clorado, resinas vinílicas, resinas epoxídicas o sus ésteres, productos bituminosos, etc.

b) Alta resistencia eléctrica a fin de disminuir al mínimo el flajo de corriente entre el metal y el medio, lo que se puede complementar con la aplicación de un film de espesor adecuado, no inferior a 150 micrones. Pueden además emplearse capas intermedias con pinturas a base de pigmentos laminares (aluminio, óxido de hierro micáceo, etc.), destinadas a aumentar la impermeabilidad del sistema.

c) Buen poder inhibidor de la pintura de fondo, a fin de circunscribir a la zona afectada los problemas de corrosión debidos a un deterioro mecánico del film, hecho frecuente en ca-

renas de barcos. Esto se consigue con la utilización de pigmentos tales como cromato básico o tetroxicromato de cinc, óxido de cinc, sulfato dibásico de plomo (estudiados en este trabajo) o de otros, menos usuales en nuestro medio, tales como sílico-cromato básico de plomo, fosfato de cinc, etc., cuya utilización está prevista en futuras etapas de nuestras investigaciones.

d) Dureza satisfactoria de la pintura para línea de flotación, a fin de que la película pueda resistir sin deterioro la fijación de organismos incrustantes frecuentes en este nivel (esta pintura usualmente no lleva tóxicos), y especialmente la de aquellos de base calcárea, como Balanus sp., que pueden llegar a atravesarla. Las resinas vinílicas han mostrado excelente comportamiento en este aspecto, aún cuando también se han logrado resultados satisfactorios con formulaciones con resinas fenólicas y caucho clorado.

En el caso de los sistemas para carena, además de las condiciones citadas más arriba, la pintura antiincrustante deberá tener un buen poder tóxico, a fin de evitar o de reducir al mínimo la fijación de organismos. Esto es sumamente importante, por cuanto esta película es más blanda que la de la pintura de línea de flotación, y si falla su acción tóxica, los organismos adheridos deteriorarán rápidamente todo el conjunto. Anulan la continuidad del film protector, con aparición de fenómenos de aireación diferencial. Todo esto provocará la rápida corrosión del sustrato, tal como se ha observado en algunos de los paneles, especialmente en el tercero de carena de cada bastidor, donde se aplicaron sistemas constituídos por 2 manos de pintura anticorrosiva y una mano de pintura tóxica.

PARTE EXPERIMENTAL

Los ensayos fueron realizados en la balsa de Mar del Plata, durante el período 1-XI-68/1-XI-69, es decir un año.

Los mismos permitieron estudiar los esquemas de pintado que se detallan a continuación, realizados con pinturas oleoresinosas (resina fenólica-caucho clorado) y vinílicas:

1.- Para pinturas oleoresinosas

a) Línea de flotación:

- 2 m AC (70-100 μ) + 1 m LF (30-40 μ)
- WP vinílico + 2 m AC (70-100 μ) + 2 m LF (55-80 μ)

b) Carena:

- WP vinílico + 2 m AC (70-100 μ) + 2 m AF (80 μ)
- WP vinílico + 2 m AC (70-100 μ) + 1 m AF (40 μ)
- 2 m AC (70-100 μ) + 1 m AF (40 μ)

2.- Para pinturas vinílicas

a) Línea de flotación:

- WP vinílico + 3 m AC (70-75 μ) + 3 m LF (25-35 μ)

b) Carena:

- WP vinílico + 3 m AC (70-75 μ) + 2 m AF (60 μ)

En los párrafos anteriores, así como en las tablas correspondientes, WP indica wash-primer, AC pintura anticorrosiva o de fondo, AF pintura antifouling o antiincrustante y LF pintura de línea de flotación o franja variable.

Como es habitual en estos ensayos, se utilizó chapa de acero de bajo tenor en carbono, de 1.5 mm de espesor, arenada a blanco antes del pintado.

Se han empleado, para el caso de las formulaciones oleoresinosas, pinturas ya ensayadas en un ciclo anterior (5), con ligeras modificaciones de composición. Estas fueron efectuadas a fin de mejorar la adhesión de la pintura antifouling; además se ajustó correctamente el contenido de disolventes, a fin de asegurar las mejores condiciones de pintabilidad.

Como no se justifica incluir el detalle de las diferentes composiciones ensayadas, indicamos en la tabla I la equivalencia de denominación entre aquellas pinturas y las actuales, haciéndose referencia además al vehículo utilizado en

cada caso. El pigmento de las muestras identificadas con el número 6 es sulfato dibásico de plomo/aluminio no "leafing"/óxido férrico; el de las número 11, cromato básico de cinc/óxido de cinc/óxido férrico, con una pequeña proporción de barita en ambos casos.

Las pinturas vinílicas, a base de minio, de tetroxicromato de cinc y de aluminio alto "leafing" (V-1, V-2 y V-3, respectivamente) tienen la misma composición de las de las experiencias anteriores. Se ha incorporado además la muestra V-4, que incluye óxido férrico en su composición, con el objeto de mejorar el poder cubritivo (el agregado de Fe_2O_3 se efectuó a expensas de la reducción del contenido de tetroxicromato de cinc):

Tetroxicromato de cinc, %.....	8,0
Oxido férrico, %.....	3,7
Resina vinílica VAGH, %.....	17,1
Fosfato de tricresilo, %.....	1,7
Metil-isobutil-cetona, %.....	41,7
Tolueno, %.....	27,8

Como complemento de las pinturas anticorrosivas mencionadas, se empleó, para las formulaciones oleoresinosas, una pintura para línea de flotación color negro, también estudiada anteriormente (5); en los esquemas vinílicos, se completaron los mismos con pinturas de colores negro, colorado y aluminio.

Como terminación en carena se aplicaron las siguientes pinturas antiincrustantes:

a) A base de colofonia (para los sistemas oleoresinosos):

Oxido cuproso, %.....	28,6
Arseniato mercurioso, %.....	7,2
Oxido férrico, %.....	11,9
Estearato de aluminio, %.....	4,8
Colofonia, %.....	20,1
Barniz, %.....	3,6
Aguarrás mineral, %.....	11,9
Tolueno, %.....	11,9

TABLA I
IDENTIFICACION DE LAS PINTURAS ENSAYADAS

Ciclo 1967/68	Ciclo 1968/69	Naturaleza del vehículo
A-6	II-6	Barniz de resina fenólica modificada/
A-11	II-11	standoil lino/ricino deshidratado
B-6	III-6	Barniz de resina fenólica modificada/
B-11	III-11	standoil lino/aceite de tung
C-6	IV-6	Barniz de resina fenólica modificada/
C-11	IV-11	standoil lino/aceite de tung
D-6	IX-6	Barniz de resina fenólica pura/aceite
D-11	IX-11	de tung
E-6	X-6	Barniz de resina fenólica modificada/
E-11	X-11	tung con caucho clorado (3/1)
--	X-11b	
F-6	XI-6	Barniz de resina fenólica modificada/
F-11	XI-11	tung con caucho clorado (2/1)
G-11	XII-11	Barniz de resina fenólica modificada/
		tung con caucho clorado (1/1)
H-11	XIV-11	Ester de resina Epikote 1001 con áci-
		dos grasos de a. de lino (30 %)
I-11	XV-11	Ester de resina Epikote 1004 con áci-
		dos grasos de a. de lino (30 %)

TABLA II
SISTEMAS OLEORESINOSOS PARA LINEA DE FLOTACION - ESPESORES, MICRONES

Pintura	WP + 2 m AC + 1 m LF		WP + 2 m AC + 2 m LF	
	Fondo	Total	Fondo	Total
II-6	78	99	73	160
II-11	72	119	74	157
III-6	95	125	95	150
III-11	71	99	70	139
IV-6	92	120	96	142
IV-11	72	98	73	132
IX-6	85	109	86	157
IX-11	90	112	95	155
X-6	93	114	97	167
X-11	67	86	70	137
X-11b	76	122	79	162
XI-6	85	129	96	162
XI-11	95	132	100	188
XII-11	97	135	105	178
XIV-11	92	117	100	173
XV-11	90	132	97	175
PROMEDIO	84	115	87	158

TABLA III

SISTEMAS OLEORESINOSOS PARA CARENA - ESPESORES, MICRONES

Pintura	WP + 2m AC + 2m AF		WP + 2m AC + 1m AF		2m AC + 1m AF	
	Fondo	Total	Fondo	Total	Fondo	Total
II-6	76	172	76	100	73	100
II-11	76	165	76	112	76	100
III-6	87	181	100	141	98	144
III-11	73	147	72	100	78	108
IV-6	86	173	94	120	102	145
IV-11	78	155	82	100	76	84
IX-6	84	191	89	140	84	148
IX-11	99	180	111	140	120	150
X-6	98	175	95	150	94	150
X-11	64	140	64	100	64	95
X-11b	82	170	76	110	74	120
XI-6	88	162	89	115	78	112
XI-11	102	185	114	150	116	150
XII-11	105	170	112	142	115	150
XIV-11	95	160	98	125	88	127
XV-11	101	155	97	120	--	--
PROMEDIO	87	167	90	123	84	125

TABLA IV

SISTEMAS VINILICOS PARA LINEA DE FLOTACION - ESPESORES, MICRONES

Pintura antióxido	Pintura línea	WP + 3 m AC + 3 m LF	
		Fondo	Total
Minio	Roja	70	100
Minio	Aluminio	70	103
Minio	Negra	70	105
Aluminio	Roja	55	85
Aluminio	Aluminio	55	87
Aluminio	Negra	55	85
Tetroxicromato	Roja	90	120
Tetroxicromato	Aluminio	90	111
Tetroxicromato	Negra	90	110
Tetrox.-Fe ₂ O ₃	Roja	75	100
Tetrox.-Fe ₂ O ₃	Aluminio	75	100
Tetrox.-Fe ₂ O ₃	Negra	75	100

TABLA V

SISTEMAS VINILICOS PARA CARENA - ESPESORES, MICRONES

Pintura antióxido	WP + 3 m AC + 2 m AF	
	Fondo	Total
Minio	75	125
Aluminio	55	115
Tetroxicromato	95	150
Tetroxicromato-Fe ₂ O ₃	75	140

b) A base de resina vinílica y colofonia (para los sistemas vinílicos):

Oxido cuproso, %.....	50,0
Arseniato mercurioso, %.....	10,0
Colofonia, %.....	6,0
Resina vinílica VYHH, %.....	6,0
Fosfato de tricresilo, %.....	1,5
Metil-isobutil-cetona, %.....	13,5
Tolueno, %.....	13,5

Los espesores de película que se mencionan al principio de este capítulo, sólo tienen valor como referencia de carácter general. Los valores particulares correspondientes a las diferentes pinturas y paneles, se consignan en las tablas II a V. Los mismos no pueden ser considerados como promediables. Pese al cuidado que se ha tenido durante la aplicación de las pinturas, el hecho de que el mismo se realice a pincel y por medio de varios operadores, no ha permitido alcanzar exactamente los mismos espesores en todas las muestras.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El objetivo fundamental de este trabajo es el de demonstrar la influencia de los esquemas de pintado elegidos y del pretratamiento de la superficie metálica, sobre los resultados que se obtienen con pinturas oleoresinosas formuladas según norma IRAM 1110 y ensayadas de acuerdo con IRAM 1185. En cuanto a los esquemas vinílicos, se ha considerado una sola alternativa, ya que no puede suprimirse el pretratamiento. De las experiencias realizadas se han podido obtener además conclusiones definitivas acerca de cuáles son los espesores de película mínimos para satisfacer las exigencias del ensayo en balsa en el puerto de Mar del Plata.

Los resultados obtenidos demuestran categóricamente que no es necesario elaborar pinturas de características muy especiales para poder cumplir con las normas citadas. Es necesario trabajar con productos de calidad y de resistencia razonables,

de buen poder inhibidor, y cuyo precio es accesible a los usuarios. Pero lo que es muy importante es el hecho de que los mismos deben ser aplicados de acuerdo con esquemas lógicos y racionales, que proporcionen un buen margen de seguridad en el uso, en función, fundamentalmente, de un mayor espesor de los revestimientos.

Este aspecto resulta de fundamental importancia en las pinturas de tipo oleoresinoso, en virtud de que las mismas tienen, en su formulación, materias primas de menor resistencia química que las vinílicas. El uso de caucho clorado ejerce, evidentemente, una acción de refuerzo sobre las propiedades de las resinas fenólicas.

Podría objetarse, cuando se habla de aplicar un mayor número de manos de pintura, que la práctica normal del trabajo de carenado, con mínimas estadías en dique seco, no permite tales alternativas. Sin embargo, siempre existen casos en que, por reparaciones de otra naturaleza, las tareas requieren un tiempo mayor, que posibilitarían tal realización. Además dicho criterio debería ser aplicado estrictamente en el caso de todas las unidades nuevas que se incorporen al servicio, y en las cuáles se debería asegurar, como mínimo, de tres a cinco años de protección anticorrosiva.

1.- Caso de los sistemas de línea de flotación

Lo expuesto más arriba, aplicado al caso particular de los sistemas para línea de flotación, puede ser constatado observando los resultados que se presentan en las tablas V, VI y VII.

En la tabla V se consignan los resultados de las observaciones (IRAM 1185) realizadas sobre paneles en los que las pinturas fueron aplicadas según Norma IRAM 1110, alternativa sin wash-primer, y que es el que se utilizó durante muchos años en los ensayos de aprobación de pinturas marinas realizados por dicho Instituto, por ser el de empleo habitual tanto por los armadores privados como por los oficiales.

Los espesores de película (2 m AC + 1 m LF) son del orden de 100-130 μ . Las exigencias de la especificación (IRAM 1185) son satisfechas sólo por una de las muestras a base del pigmento 6 (sulfato dibásico de plomo/aluminio no "leafing"/óxi-

TABLA V. SISTEMAS OLEOSINOSOS PARA LINEA DE FLOTACION - RESULTADOS SEGUN IRAM 1185
Panel arenado; 2 m pintura AC; 1 m pintura linea color negro (IRAM 1110)

	II-6	II-11	III-6	III-11	IV-6	IV-11	IX-6	IX-11	X-6	X-11	XI-6	XI-11	XII-11	XIV-11	XV-11	X-11b	Calif. máx. IRAM 1185
Parte emergida:																	
Cambio de color.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ampollado.....	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Cuartado.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Desprendimiento.....	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oxidación.....	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Sub-total....	70	70	63	56	63	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Parte sumergida:																	
Desprendimiento.....	1	1	4	1	4	2	5	3	5	5	5	5	5	3	2	4	5
Ampollado y cuartado	2	2	4	1	4	3	5	3	5	4	5	5	5	5	5	4	5
Oxidación.....	8	4	8	4	8	4	12	16	16	12	12	16	16	20	8	20	20
Sub-total....	11	7	16	6	16	9	22	22	26	21	22	26	26	28	15	28	30
TOTAL.....	81	77	79	62	79	79	92	92	96	91	85	96	96	98	85	98	100
							**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

** Sistemas que cumplen la Norma IRAM 1185

TABLA VI. SISTEMAS OLEORESINOSOS PARA LINEA DE FLOTACION - RESULTADOS SEGUN IRAM 1185

Panel arenado; NP vinílico; 2 m pintura AC; 2 m pintura línea color negro (alternativa propuesta por LEMIT)

	II-6	II-11	III-6	III-11	IV-6	IV-11	IX-6	IX-11	X-6	X-11	XI-6	XI-11	XII-11	XIV-11	XV-11	X-11b	Calif. Méx. IRAM 1185
Parte emergida:																	
Cambio de color.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ampliado.....	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Cuartado.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Desprendimiento.....	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oxidación.....	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Sub-total.....	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Parte sumergida:																	
Desprendimiento.....	4	3	5	3	4	5	5	5	2	2	5	5	5	3	2	4	5
Ampliado y cuarteado	5	5	5	3	5	5	5	5	3	3	5	4	5	5	5	5	5
Oxidación.....	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16	20	20	20	20	20	20	20
Sub-total.....	29	26	30	26	29	30	30	30	21	21	30	29	30	28	27	27	30
TOTAL.....	99	96	100	96	99	100	100	100	91	91	100	99	100	98	97	97	100
**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

** Sistemas que cumplen la norma IRAM 1185

TABLA VII.- SISTEMAS VINILICOS PARA LINEA DE FLOTACION - RESULTADOS SEGUN IRAM 1185
Panel arenado; NP vinilico; 3 m pintura AC; 3 m pintura LF diferentes colores

Pintura fondo Pintura lfnea	Minio (V-1)		Aluminio (V-2)		Tetroxicromato (V-3)		Tetroxic.-Fe ₂ O ₃ (V-4)		Calif.máx. IRAM 1185
	Rojo	Aluminio Negro	Rojo	Aluminio Negro	Rojo	Aluminio Negro	Rojo	Aluminio Negro	
Parte emergida:									
Cambio de color.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ampollado.....	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Cuarteado.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Desprendimiento.....	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oxidación.....	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Sub-total.....	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Parte sumergida:									
Desprendimiento.....	5	5	3	5	4	5	4	4	5
Ampollado-cuarteado..	5	5	3	5	4	4	4	4	5
Oxidación.....	16 *	16 *	20	20	20	20	20	20	20
Sub-total.....	26	26	26	30	30	29	28	28	30
TOTAL.....	96	96	96	100	100	99	98	98	100
	**	**	**	**	**	**	**	**	**

* Oxidación en los bordes de los paneles

** Cumplen la Norma IRAM 1185

do férrico (pintura X-6, vehículo resina fenólica pura/caucho, 3/1), y por cuatro de las pinturas a base de cromato básico de cinc/óxido de cinc/óxido férrico (XI-11, XI-11b, XII-11 y XIV-11, vehículo barniz fenólico/caucho, las tres primeras, y éster epoxy la última).

Se observa que todos los sistemas utilizados cumplen en lo referente a la parte emergida del panel, y que con pintura de línea de flotación de color negro prácticamente no se aprecian modificaciones de color, siendo mínimas las de brillo. El problema aparece en la parte sumergida (tercio inferior del panel), donde una mano de pintura de terminación es evidentemente insuficiente para resistir la acción del fouling que se fija, y que altera la continuidad de la película. Ello se traduce en una disminución del poder protector del sistema, con abundante oxidación de las placas respectivas. Sólo las muestras citadas más arriba, que corresponden a algunos de los vehículos de mayor resistencia y dureza, pueden cumplir tal exigencia.

Los resultados de la tabla VI nos muestran en cambio que, con la excepción de la muestra X-11 (que no cumple ni en este caso ni en el anterior), todas las demás satisfacen las exigencias experimentales si son aplicadas previo pretratamiento de wash-primer vinílico y con un esquema de cuatro manos (dos de fondo anticorrosivo y dos de pintura de línea, con un espesor total que, para los diferentes paneles, oscila entre 130 y 180 micrones.

Como ya se indicó, las pinturas vinílicas (tabla VII) fueron ensayadas según un único esquema (3 m AC + 3 m LF, sobre panel arenado y con WP vinílico). Dicho esquema, aplicado a pincel, proporciona espesores de película entre 90 y 100 micrones. Consideramos que este es el espesor mínimo conveniente a utilizar en balsa, ya que con espesores menores se ha observado una importante tendencia al ampollado de las mismas pinturas. El mayor número de manos, con respecto a las pinturas oleoresinosas, se debe al hecho de que los productos vinílicos contienen una mayor proporción de disolventes, por lo que el espesor por mano es menor. El tiempo que insume el pintado no es mayor que el del caso anterior, en virtud del más rápido seca-

do del film. También pueden ser aplicadas a soplete, con lo que se acelera la operación y se obtiene una película más uniforme.

Las tres pinturas anticorrosivas consideradas en trabajos anteriores (5), respectivamente a base de minio, de aluminio de alto "leafing" y de tetroxicromato de cinc, han sido comparadas en su comportamiento con una cuarta muestra, pigmentada con tetroxicromato de cinc/óxido férrico. Los respectivos esquemas, completados con pinturas de línea, cumplen éste ensayo con puntajes que oscilan entre 96 y 100 (puntos, o por ciento de eficiencia) para los diferentes casos (tabla VII). Esta calificación resulta similar a la de los sistemas oleoresinosos que cumplen el ensayo (tabla VI). Para lograr estos resultados similares, los sistemas oleoresinosos han debido ser aplicados con un espesor de película un 50 por ciento mayor que el de los vinílicos.

2.- Caso de los sistemas de carena.-

En lo referente a los paneles de carena, el estudio resulta más complejo, por la influencia decisiva que tiene el correcto funcionamiento de la pintura antiincrustante.

En nuestras investigaciones del corriente período, se ha producido un hecho que es importante destacar, por cuanto es índice de la importancia que tienen todos los aspectos vinculados al ajuste de las formulaciones antifouling, y la necesidad de reiteradas repeticiones de performance a fin de establecer el grado de confiabilidad de cada pintura.

La pintura antifouling a base de colofonia que se empleó (pintura n° 218), pigmento óxido cuproso/arseniato mercurioso/óxido férrico, había satisfecho las exigencias en el ensayo en balsa del período anterior (1967/68), razón por la cuál fué seleccionada para esta experiencia. Sin embargo se introdujo una modificación en las características del vehículo, llevando la relación colofonia/barniz de 5,5/1 a 4,5/1. La reducción del "leaching rate" incidió en forma negativa en los resultados, ya que en todos los paneles se observó fijación que oscila entre 1 y 2 para el primer panel de carena, y entre 2 y 2-3 para el segundo. En cambio, la formulación con la relación colofonia/barniz citada en primer término (pintura n° 332), ensayada paralelamente, cumplió con las exigencias de la experiencia (6).

El problema está entonces circunscripto exclusivamente a las características de la pintura, sin que tenga influencia la posible diferencia del fouling en ambos períodos (7).

La fijación observada en los paneles citados (primero y segundo de cada bastidor), está constituida por algunos organismos blandos (Algas, Bugula sp., Tubularia sp.) y por otros de naturaleza calcárea. De éstos, la mayor parte de los Balanus adheridos han muerto sin desarrollarse completamente; la fijación de Serpúlidos es reducida, y no ha afectado la integridad de la película. El comportamiento de la pintura no ha sido en consecuencia completamente negativo, ya que las especies citadas han sido muy abundantes en el puerto de mar del Plata durante el ciclo 1968/69.

Por ese motivo el comportamiento de las pinturas anticorrosivas ensayadas con los esquemas WP, 2 m AC, 2 m AF y WP, 2 m AC y 1 m AF ha sido muy satisfactorio. Las muestras X-6 y X-11 con el primer esquema, y las II-6 y II-11, correspondientes al segundo, son las únicas que muestran oxidación. En todos los demás casos las placas se presentan sin alteración.

El tercer esquema de carena, es decir el constituido por 2 m AC y 1 m AF, aplicado directamente sobre panel arenado, no cumple el ensayo. La fijación de organismos al final de la experiencia es mucho mayor que en los casos precedentes (entre 3 y 3-4) por efecto de la gran corrosión observada en los paneles, que ha provocado el desprendimiento de la pintura en muchas zonas de la superficie pintada. La única muestra para la que no se ha observado ataque del acero es la XIV-11, vehículo éster de resina epikote 1001 con 30 % de ácidos grasos de aceite de linaza.

En los esquemas vinílicos, el mejor comportamiento corresponde a las pinturas anticorrosivas formuladas con minio (V-1) y con tetroxicromato de cinc (V-3), cuyos tres paneles aparecen sin oxidación; en la pintura pigmentada con aluminio (V-2), en uno de los tres paneles se observa regular oxidación; finalmente, en la muestra a base de tetroxicromato de cinc/óxido férrico (V-4), con un contenido de tetroxicromato inferior al de la pintura V-3, dos de los paneles presentan poca oxidación.

TABLA VIII.- SISTEMAS OLEORESINOSOS PARA CAREMA

	II-6	II-11	III-6	III-11	IV-6	IV-11	IX-6	IX-11	X-6	X-11	X-11b	XI-6	XI-11	XII-11	XIV-11	XV-11	Esquema
Grado incrustación	2	1-2	1-2	1	1	2	1	1	2	1-2	1-2	1	1	1	2	2	MP
Oxidación.....	N	N	N	N	N	N	N	N	M	Rb	N	N	N	N	N	N	2 ■ AC 2 ■ AF
Grado incrustación	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2	2	1-2	2	2	2	MP
Oxidación.....	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2 ■ AC 1 ■ AF
Grado incrustación	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	2-3	3	3	2-3	3-4	2 ■ AC
Oxidación.....	N	Mp	Mp	M	Mp	Mp	R	R	R	P	P	M	P	Rp	N	M	1 ■ AF

OBSERVACIONES: 1.- Oxidación: N Nada
P Poco
R Regular
M Mucho
P Fitting
b Bordes

2.- Fouling: 0 Nada
1 Muy poco
2 Poco
3 Regular
4 Mucho
5 Totalm.incrust.

Tabla IX.- SISTEMAS VINILICOS PARA CARENA

Panel arenado; WP vinílico; 3 m. AC; 2 m AF

	Minio	Aluminio	Tetroxicromato de cinc	Tetroxicr.cinc Oxido férrico
Grado incrustación*....	O	O	O	O
Oxidación.....	N	N	N	N
Grado incrustación**...	O	O	O	O
Oxidación.....	N	N	N	P
Grado incrustación***..	O	O	O	O
Oxidación.....	N	R	N	P

OBSERVACIONES de oxidación y de fouling (clave tabla VIII)

* Primer panel de carena

** Segundo panel de carena

*** Tercer panel de carena

La pintura antifouling vinílica muestra, en todos los casos, fijación 0.

Los esquemas que incluyen las pinturas V-1, V-2 y V-3, han cumplido ya tres años de experiencias consecutivas (1966/67, 1967/68 y 1968/69), con excelente repetición de performance, en especial en las dos últimas oportunidades. Las experiencias actualmente en desarrollo permitirán establecer su comportamiento en lapsos mayores a un año.

CONCLUSIONES

1.- Sistemas oleoresinosos o convencionales

a) El esquema de pintado (número de manos) y la preparación de la superficie metálica (arenado y aplicación de pretratamiento), son factores de fundamental importancia en el comportamiento de los sistemas de tipo oleoresinoso (elaborados con resinas fenólicas, con o sin agregado de caucho clorado, y con ésteres de resinas epoxídicas).

b) Con esquemas de 4 manos (dos de pintura de fondo y dos de pintura de terminación) se logra una completa protección de superficies de acero pretratadas con wash-primer vinílico.

c) En línea de flotación se estima como fundamental la aplicación de dos manos de pintura para franja variable, a fin de reducir al mínimo la posible acción de los organismos fijados. En carena es muy conveniente el uso de dos manos de pintura antiincrustante, como única manera de ponerse a cubierto de la influencia de la irregularidad de la película y de diferencias de espesor, que inciden notoriamente sobre el grado de fijación. La utilización de dos manos de pintura tóxica permite una adecuada protección aún en los casos en que se produzca ligera fijación (acción de barrera).

d) Los espesores mínimos convenientes para este tipo de pinturas oscilan entre 150 y 180 micrones.

2.- Sistemas vinílicos

a) Esquemas de seis manos (tres de pintura de fondo y tres de pintura de terminación) se revelan como completamente eficaces en la protección de la zona de línea de flotación; en carena son suficientes cinco manos (tres de fondo y dos de pintura antifouling).

b) La dureza de la película, en la zona de línea de flotación, hace que la fijación de organismos no afecte la continuidad e integridad de la misma; dichos organismos pueden ser desprendidos por raspado, al cabo de un año de inmersión, sin deterioro del film.

c) La eficacia de la formulación antifouling utilizada ha permitido obtener paneles completamente exentos de fijación; las pinturas a base de minio y de tetroxicromato de cinc son las que muestran mayor poder protector, desde el punto de vista anticorrosivo.

d) Espesores del orden de los 100 micrones se han revelado como suficientes para lograr el cumplimiento del ensayo en balsa.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Rogers T. H.- Marine Corrosion. G. Newnes Ltd, London, 1968.
- 2.- Rascio V.- Importancia de la elección del método de pintado y de preparación de superficies sobre el comportamiento de las pinturas para carena. Navitecnia, 21, (6), 437/44, noviembre/diciembre 1967.
- 3.- Rascio V.- Protección de carenas de barcos mediante pinturas anticorrosivas. Navitecnia, 22, (1), 9/16, enero/febrero, 1968.
- 4.- Rascio V.- Pinturas vinílicas para carena y línea de flotación. Navitecnia, 23, (2), 228/39, marzo/abril 1969.
- 5.- Rascio V. y Caprari J. J.- Pinturas anticorrosivas para la protección de carenas de barcos. II. Sistemas oleoresi-

nosas y vinílicas para línea de flotación. Revista de Ingeniería, 27, (67), 35/47, 1969; LEMIT, 4-1969, 111/151 (Serie II, n° 146).

- 6.- Rascio V. y Caprari J. J. - Contribución al estudio de las pinturas antiincrustantes. III. Nuevas experiencias realizadas en el Puerto de Mar del Plata, período 1968-69. LEMIT, 1-1970, 97/130 (Serie II, n° 158).
- 7.- Bastida R. O. - Las incrustaciones biológicas de las costas argentinas. La fijación mensual en el Puerto de Mar del Plata durante tres años consecutivos. LEMIT, 4-1970.

Nota.- Este trabajo fué realizado con subsidio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CNICT).

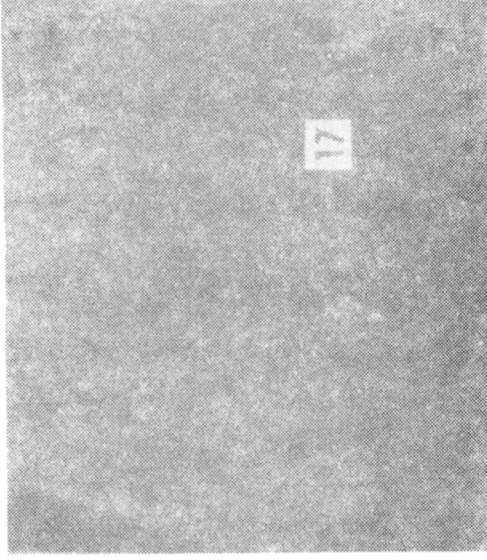
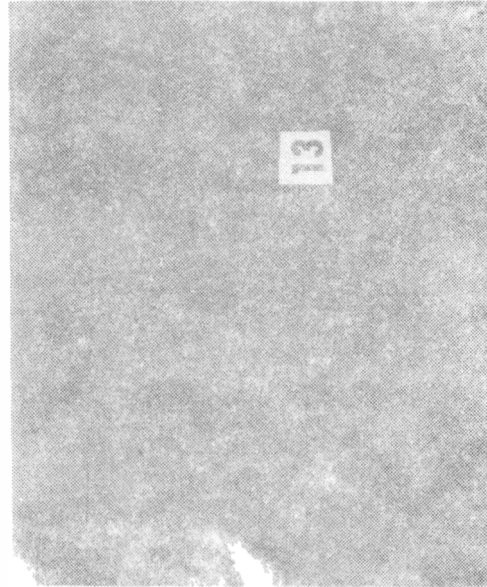
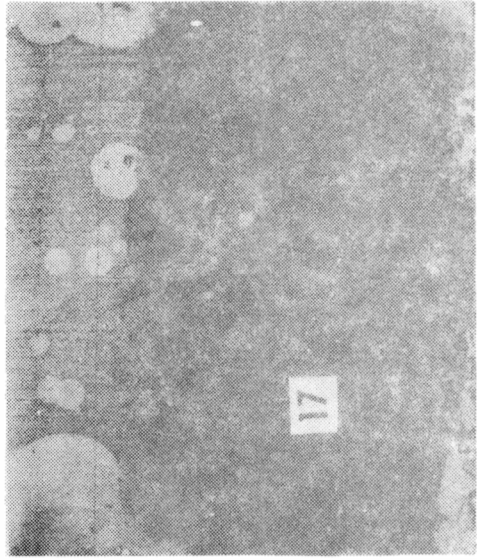
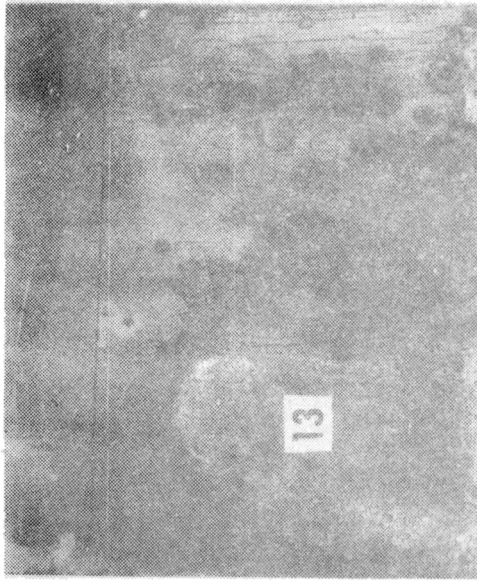


Fig. 1.- Ensayos en línea de flotación. Pinturas IV-11 (paneles 13) y XI-6 (paneles 17): parte superior, esquema 2 AC + 1 LF, mucha oxidación; parte inferior, esquema WP + 2 AC + 2 LF, sin oxidación

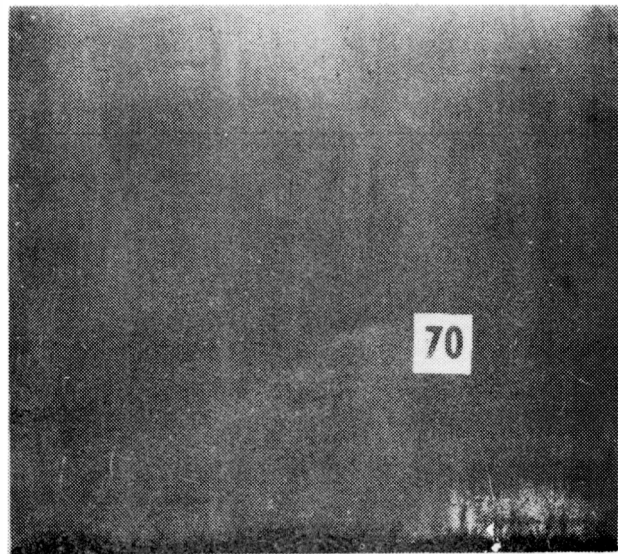
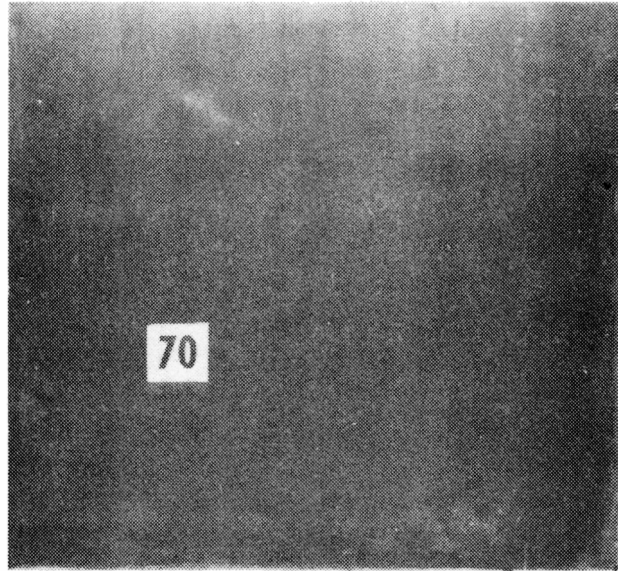


Fig. 2.- Pintura XIV-11; parte superior, esquema WP + 2 AC + 2 LF; parte inferior, esquema 2 AC + 1 LF; en ambos casos sin oxidación; ensayos en línea de flotación

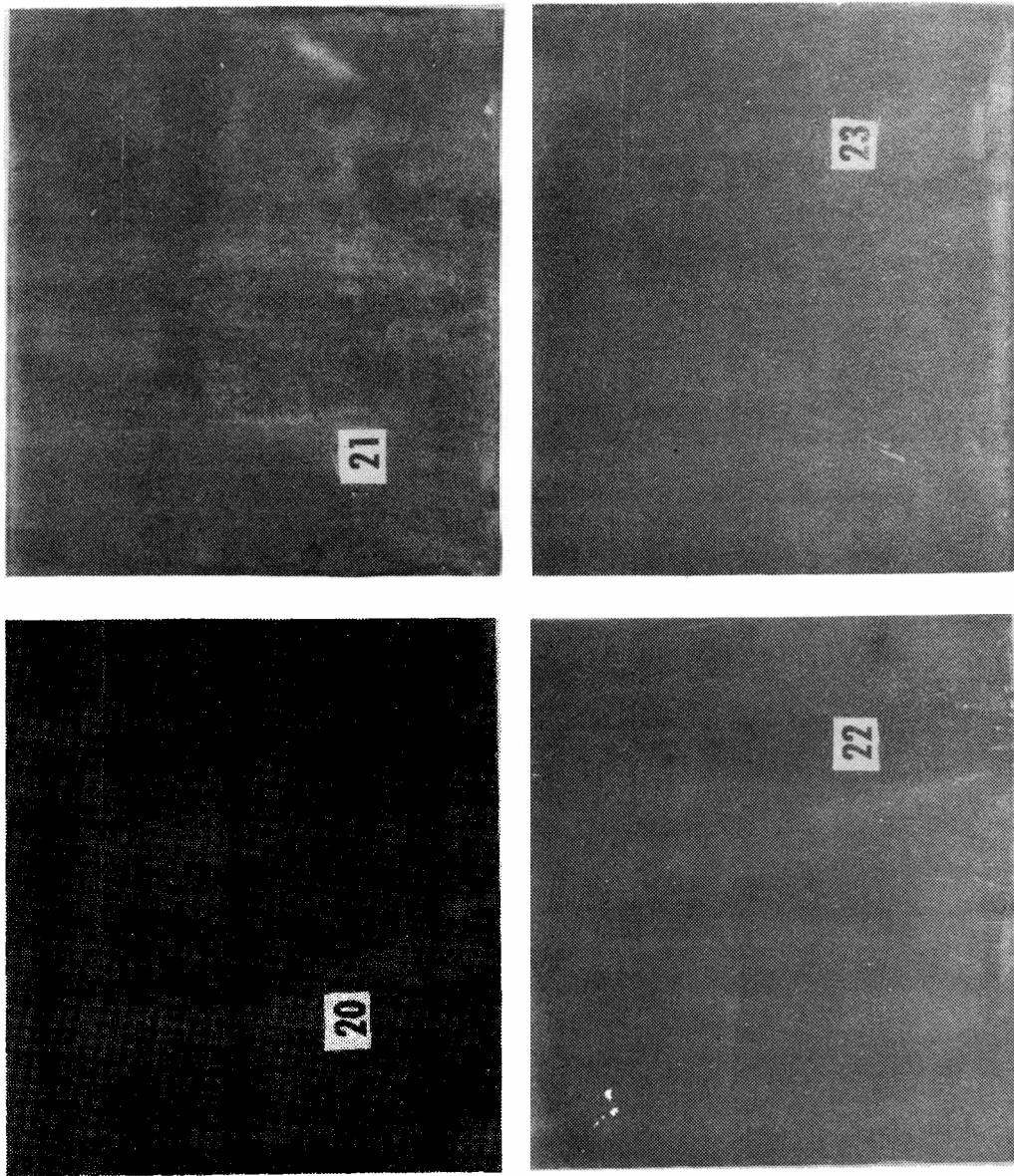


Fig. 3.- Esquemas vinílicos en línea de flotación, a base de minio (20), aluminio (21), tetroxicromato de cinc (22) y tetroxicromato-óxido férrico (23)

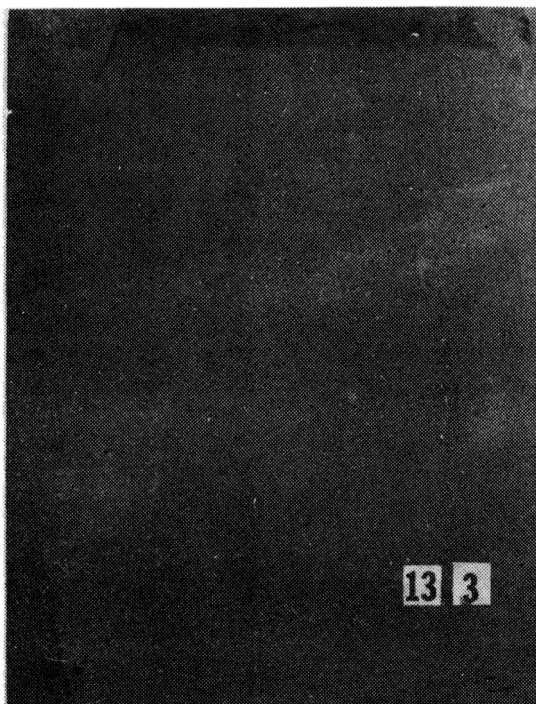
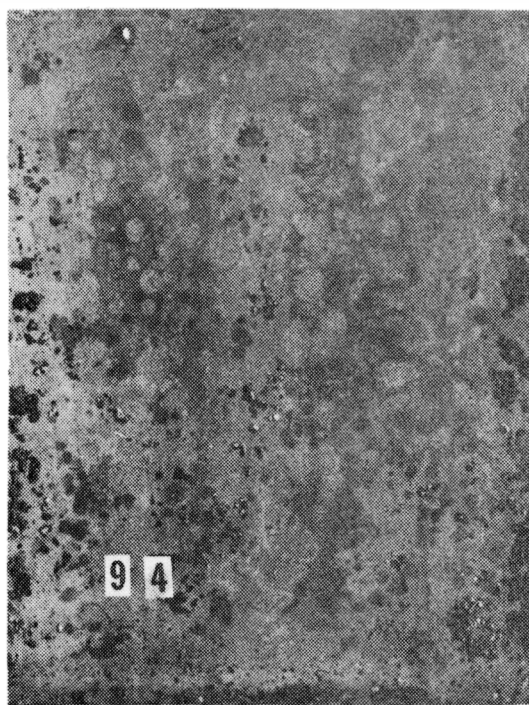
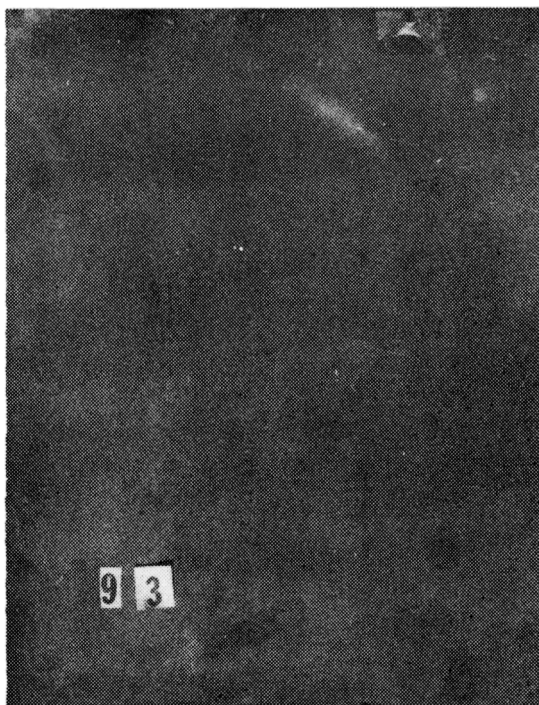


Fig. 4.- Pinturas II-11 (parte superior) y IV-11 (parte inferior); izquierda, esquema WP + 2 AC + 1 AF, sin oxidación; derecha, esquema 2 AC + 1 AF, mucha oxidación; ensayos en carena

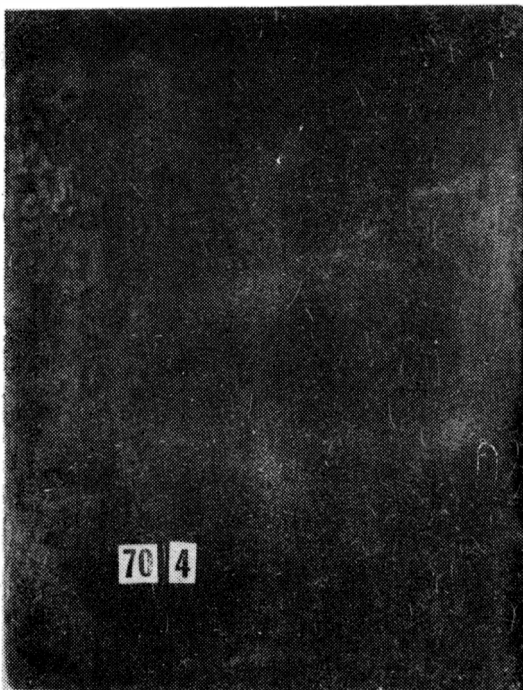
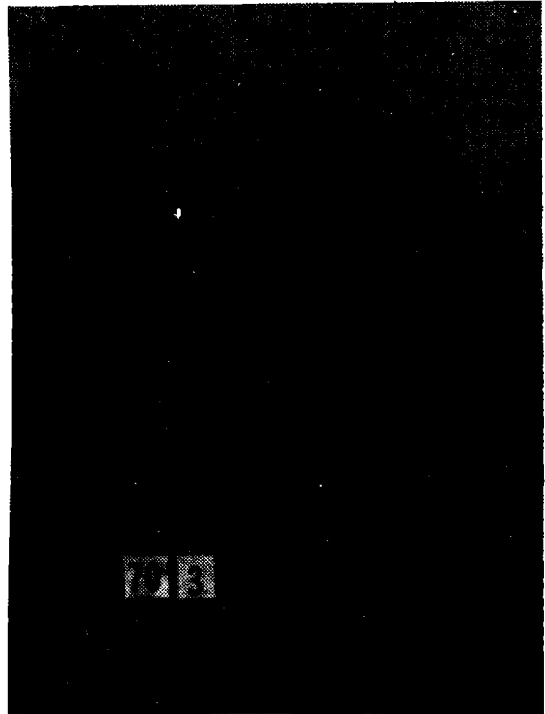
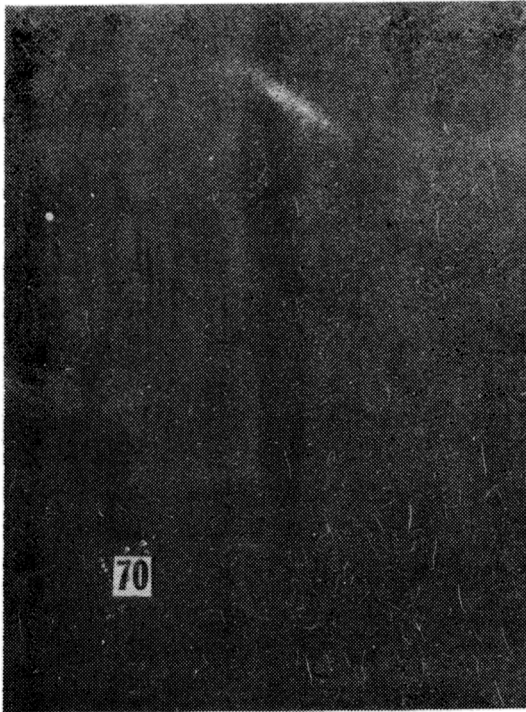


Fig. 5.- Pintura XIV-11: esquemas WP + 2 AC + 2 AF (70), WP + 2 AC + 1 AF (70-3) y 2 AC + 1AF (70-4); todas sin oxidación; ensayos en carena

**LAS CONDICIONES DE ELABORACION Y EL CONTROL
DE CALIDAD DEL HORMIGON DE OBRA**

**SU RELACION CON LOS RECIENTES
COLAPSOS DE ESTRUCTURAS**

Ing. Alberto S.C. Fava

Serie II, nº 170

EL HORMIGÓN Y SU EMPLEO EN LA EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS

El hormigón de cemento portland es en la actualidad un material de uso universal. Sus aplicaciones en el campo de las estructuras son muy variadas y prácticamente ilimitadas. Quienes proyectan y construyen esa variada gama de estructuras donde se lo emplea, cumplen una función muy importante y de gran responsabilidad, que a veces escapa a la consideración de los propios interesados.

Una de las finalidades de esta publicación es precisamente poner de manifiesto la importancia de esa responsabilidad y de sus implicancias. También se desea hacer un llamado de atención a los efectos de que los profesionales, las empresas constructoras y los organismos estatales involucrados, contribuyan con los medios a su alcance para lograr el mejoramiento de las características y condiciones de las estructuras de hormigón y, al mismo tiempo, a evitar la repetición de hechos lamentables, bien conocidos y divulgados que, a la vez que importan el peligro de vidas y la destrucción de bienes, constituyen un desprestigio evidente para los profesionales y empresarios vinculados a la importante industria de la construcción.

El avance de los conocimientos que hace posible el proyecto de estructuras cada vez más audaces y de mayores luces, el empleo de nuevos materiales y técnicas constructivas, y los nuevos métodos y procedimientos de cálculo, son algunos de los hechos que reflejan los más recientes progresos de los conocimientos y la tecnología correspondientes a la ejecución de las estructuras de hormigón simple, hormigón armado y hormigón pretensado. Pero el progreso, en esta como en otras ramas del conocimiento, tiene exigencias que no pueden eludirse. Por ejemplo, la aplicación de los más modernos métodos de cálculo y el empleo de computadoras que permiten mayores refinamientos y rapidez de cálculo, constituyen sólo imágenes ilusorias de perfeccionamiento, sin sentido práctico alguno, si en la etapa constructiva de las estructuras dejan de observarse los más elementales conocimientos necesarios para que el hormigón de obra reúna la resistencia mecánica y demás características que el proyectista, con la colaboración de expertos en la tecnología

del hormigón, supuso y previó para la estructura. En otras palabras, por inteligente que sea un proyecto, por elaborados y cuidadosos que sean los cálculos, y por perfectas que sean las previsiones contenidas en las especificaciones técnicas, si el hormigón de obra no reúne las características ni la calidad previstas por el proyectista, todos los refinamientos de cálculo carecerán totalmente de sentido y de interés práctico.

FALLAS Y DEFICIENCIAS DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGON

Los problemas de estructuras en las que el hormigón no tiene la resistencia mecánica necesaria para alcanzar un grado de seguridad aceptable, y los problemas de ataque y destrucción del hormigón como consecuencia de la acción de un medio ambiente agresivo o desfavorable, que ponen en peligro el funcionamiento normal y la estabilidad de las estructuras, son mucho más frecuentes que lo que la mayoría de los profesionales que actúan en el campo de las estructuras de hormigón suponen. Los especialistas y laboratorios especializados, tienen una amplia y nutrida información y experiencia al respecto.

Las noticias periodísticas policiales de los últimos años son bien elocuentes y nos tienen informados, desgraciadamente cada vez con mayor frecuencia, de los fracasos y colapsos de muchas estructuras de hormigón, ocasionados por los defectos y deficiencias mencionados. La falta de conocimientos básicos elementales sobre tecnología del hormigón por parte del personal de obra, el descuido e irresponsabilidad en la supervisión, la ejecución inescrupulosa de las estructuras por cuadrillas de obreros que actúan con falta total de conocimientos y de supervisión, trabajando a destajo, y la falta de control de calidad del hormigón durante la etapa constructiva de las estructuras en prácticamente la totalidad de los casos, son algunas de las causas que han hecho posibles los accidentes que, en muchos casos con pérdidas de vidas y de cuantiosos bienes, se han producido últimamente.

Lo que acaba de expresarse es un índice claro de una falla manifiesta que debiera preocupar muy seriamente a los profesiona-

les, a las empresas constructoras, a los proyectistas de estructuras, a los propietarios, a las reparticiones públicas y al estado. Si no se adoptan medidas claras y enérgicas para corregir las deficiencias señaladas, y si se continúa con la práctica actual de emplear hormigones de características y calidad desconocidas, dado que no se controla su calidad durante el moldeo de las estructuras, la repetición de hechos como los que se han mencionado será inevitable, e inevitable también la pérdida de vidas, de bienes y de prestigio de los profesionales y empresas constructoras involucrados.

Desde mediados del año 1964 el país dispone de un documento técnico moderno y actualizado, conocido con el nombre de "Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón" (PRAEH-1964), que fue oportunamente redactado por los ingenieros Civiles Arturo J. Bignoli, Alberto S. C. Fava y Arturo M. Guzmán, y cuya aparición fue posible gracias al auspicio y apoyo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, Agua y Energía de la Nación, Dirección Nacional de Vialidad, Secretaría de Estado de Obras Públicas de la Nación y Obras Sanitarias de la Nación. Desgraciadamente, por razones que se ignoran, algunos de los mismos organismos que auspiciaron y promovieron la iniciativa, hasta la fecha no han aprobado ni puesto en vigencia el PRAEH-1964.

El Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, posteriormente, adhirió y apoyó la iniciativa de los organismos promotores y, en 1968 dispuso la aplicación del citado Reglamento a todas las obras públicas que se ejecuten con intervención de dicho Ministerio.

En el Art. III.A.6.a) del PRAEH-1964 se establece con toda claridad: "Durante la ejecución de la obra se realizarán ensayos de control para verificar si las características previstas (en el proyecto de la estructura), que definen la calidad del hormigón, son obtenidas en obra".

La falta de cumplimiento de disposiciones como la indicada, contenidas por otra parte en todos los Reglamentos modernos del mundo es, como se dijo anteriormente, una de las causas ciertas que han hecho posibles los colapsos producidos.

CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGON DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO.
IMPORTANCIA Y CONSECUENCIAS

Tal como se ha expresado, en nuestro medio y especialmente en el ámbito de las obras privadas, prácticamente no se realizan ensayos de control de calidad del hormigón durante la construcción de las estructuras. En cambio, se realizan muchos ensayos para determinar las causas de los colapsos, y las características y calidad del hormigón, después que los colapsos se han producido. El contrasentido es bien claro, y la persistencia en la práctica corriente de no realizar los controles mencionados en su debida oportunidad, a la par que restan muy valiosos elementos de juicio y tranquilidad, al profesional, a la larga resulta mucho más costoso que realizarlos en el momento oportuno.

Es bien conocido el hecho de que la realización de ensayos sistemáticos de control para determinar la calidad del hormigón y de sus materiales componentes durante la construcción de las estructuras, conjuntamente con el estudio estadístico de los resultados, es el único medio de que se dispone para conocer y prever la calidad de áquel con tiempo suficiente como para posibilitar la introducción de correcciones, modificando la composición del hormigón o los procedimientos de ejecución, en caso de que la calidad que se está obteniendo sea menor que la necesaria para asegurar la estabilidad y durabilidad de la estructura. La práctica generalizada actual de no realizar ensayos voluntarios de control de calidad del hormigón, además de constituir una forma de actuar poco inteligente y práctica, reñida con los más sanos principios de la ingeniería y de la seguridad, es simplemente rechazar una información técnica importante e imprescindible para apreciar el grado de seguridad de la estructura y, además, es arriesgarse inútilmente a que por falta de aquella información pueda ponerse en peligro la estabilidad de la estructura.

Sin un suficiente y adecuado ensayo e inspección de los materiales componentes del hormigón, y del hormigón mismo, nada puede decirse ni saberse sobre su calidad ni sobre el grado de seguridad y permanencia de la estructura en el tiempo.

Los ensayos necesarios para juzgar la calidad del hormigón durante el proceso constructivo, son de costo relativamente reducido frente al costo de la estructura y a la seguridad y tranquilidad que proporcionan. Además no son difíciles de realizar ni introducen molestias o interferencias durante la construcción. En su ejecución deben cumplirse requisitos mínimos que establecen las normas de ensayo y que conocen perfectamente los especialistas, con el fin de asegurar la representatividad de la muestra, el correcto moldeo y ensayo de las probetas, y la correcta interpretación de los resultados.

Es condición importante que los ensayos sean realizados por operadores expertos, que actúen bajo la dirección y supervisión de especialistas en la materia. La toma de muestras y el moldeo de las probetas de ensayo no pueden ser realizados por personal obrero de la menor jerarquía, que desconozca la forma de realizarlos y la importancia de su ejecución. La importancia y trascendencia de estas operaciones requiere conocimientos, experiencia, seriedad e independencia en la acción. Es bien sabido que el tratamiento incorrecto del hormigón o de las probetas, antes o durante el ensayo, puede falsear los resultados y conducir a una información errónea. Se reconoce entonces que estos ensayos deben realizarse bajo la supervisión y dirección de especialistas. Esta es una condición importante.

Así lo ha reconocido el PRAEH-1964 al establecer en su Art. I.8) referente a los ensayos a realizar sobre las estructuras y sus materiales constitutivos: "La ejecución de estos ensayos, y la interpretación y juzgamiento de sus resultados, será realizada bajo la total responsabilidad de profesionales o de laboratorios especializados, que posean la necesaria capacidad técnica y experiencia en este campo de los conocimientos".

Todos los hechos señalados anteriormente indican que, en nuestro medio y en el ámbito de las estructuras de hormigón en toda su amplísima gama, existe, evidentemente, tanto en algunos de los aspectos del proyecto como en la etapa constructiva de las obras de pequeña y de gran importancia estructural, un enorme vacío en lo que se refiere al mejor aprovechamiento de los materiales y de los conocimientos tecnológicos modernos para la obtención de estructuras perfectamente estables, económicas y durables.

Los progresos registrados en el campo de los conocimientos de la ingeniería estructural, y la aceleración con que actualmente se desarrollan los procesos constructivos de las estructuras, exigen conocimientos cada vez más profundos y completos sobre la tecnología del hormigón y de las estructuras. Dichos conocimientos son indispensables para satisfacer las múltiples exigencias de las estructuras actuales en lo que se refiere a la obtención de altas resistencias mecánicas, defensa de las estructuras contra agresiones internas y externas, exigencias de aceleración o retardo del tiempo de fraguado del hormigón mediante el empleo de los modernos aditivos, exigencias referentes a cambios volumétricos y deformaciones mínimos, etc. La apreciación de los efectos que tales exigencias provocan sobre los materiales y sobre las estructuras, y la posibilidad de satisfacerlas, exige un estudio integral de todos los factores en juego, mediante aplicación de conocimientos teóricos y de investigaciones de carácter experimental.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de que en la Argentina el hormigón es el material estructural de empleo más difundido, es un hecho reconocido que la práctica de construir con dicho material ha recibido en nuestro país menores cuidados y atención que la que el mencionado material merece.

Las condiciones en que se desarrollan los trabajos de ejecución de la mayor parte de las estructuras de hormigón hacen pensar que quienes actúan en ellos creen que los mismos no requieren conocimientos ni habilidad especiales, y que la mano de obra no especializada y general puede realizar la mayor parte de las operaciones. En efecto, la preparación y colocación del hormigón se deja generalmente en manos de los obreros de menor capacidad, limitándose la supervisión, en la mayoría de los casos, a establecer vigilancia sobre el rendimiento de la mano de obra en relación al volumen de trabajo realizado.

La posibilidad de que en las obras se encuentren, supervisando los trabajos, capataces con los conocimientos básicos elementales sobre la tecnología del hormigón y de sus materiales componentes debe considerarse inexistente. Esta situación relacionada con el bajo nivel técnico de la mano de obra, resulta agravada por una supervisión profesional generalmente descuidada o inexistente en el momento de la ejecución de las estructuras, a lo que debe sumarse una falta prácticamente total de controles para apreciar la calidad del hormigón con que se moldean las estructuras. Este conjunto de circunstancias desfavorables es lo que ha conducido, sin dudas, a la baja calidad del hormigón y de las estructuras que con él se construyen. Ello a su vez ha contribuido para que se produzcan los hechos que hoy nos alarman y que, paradójicamente, sólo se producen con menor frecuencia que la que sería lógico esperar como consecuencia de la grave situación imperante en esta industria.

La baja calidad del hormigón y de las estructuras no puede, en general, detectarse mediante una mera observación visual de la estructura terminada. En muchos casos, cuando la obra es de ejecución reciente, el hormigón de mala calidad puede aparecer como de aspecto similar al de buena calidad. Los efectos de las cargas y de las acciones perjudiciales que actúan sobre las estructuras, recién se hacen visibles después que la estructura ha sido puesta en servicio. De ahí la importancia que debe atribuirse a la realización de ensayos sistemáticos de control de calidad realizados paralelamente a la ejecución de las estructuras.

Para evitar la repetición de los hechos lamentables que con justicia tanto han alarmado a la población y a los mismos profesionales, y para corregir y superar la etapa de casi general descuido e irresponsabilidad en que hoy se desenvuelve la ejecución de gran parte de las estructuras de hormigón, será necesario adoptar algunas medidas que, en algunos casos, son de resorte de los poderes públicos, pero en la mayoría de ellos corresponden exclusivamente a la esfera de acción de los profesionales y empresas actuantes. Dichas medidas deben incluir:

- 1) La creación de cursos básicos elementales de capacitación

y entrenamiento para capataces y obreros, y la exigencia de los certificados de aprobación como requisito previo para actuación en obra. Esto no constituye ninguna novedad en los países de técnica y conciencia técnica desarrolladas.

- 2) La necesidad de que el personal profesional que actúa en obra demuestre responsabilidad en la dirección de los trabajos y preocupación para que en obra se apliquen los conocimientos actuales de la tecnología del hormigón y las buenas prácticas constructivas que son su complemento indispensable.
- 3) La necesidad de que se pongan en vigencia, y se cumplan, disposiciones oficiales adecuadas que fijen responsabilidades en los trabajos de producción y colocación de hormigón de obra de la calidad especificada. Al respecto es oportuno señalar que el PRAEH-1964 en su Art. I.6.b) establece que "El Director de Obra y la Empresa Constructora compartirán solidaria y conjuntamente, la responsabilidad de la producción de hormigón de la calidad especificada, y obtención de la seguridad estructural necesaria de la obra, de acuerdo a las disposiciones contenidas en este Reglamento y a los documentos que constituyen el proyecto". En otro de sus artículos se va incluso más lejos, exigiendo que ".... el Director de Obra declare por escrito que, a los efectos indicados en el párrafo anterior, actuará también en calidad de agente natural del poder fiscalizador oficial, asumiendo la responsabilidad personal y directa que en virtud de tal compromiso le corresponda".
- 4) El cumplimiento de disposiciones como las que acaban de indicarse llevan implícita, como condición importante e imprescindible, la necesidad de realización de ensayos sistemáticos que permitan conocer, durante la etapa constructiva de las estructuras, las características y calidad del hormigón de obra. Debe llegarse al convencimiento de que estos ensayos de control deben realizarse no porque así puedan exigirlos las reglamentaciones, sino voluntariamente, porque es lo lógico y lo que conviene al propietario, al profesional y a la empresa constructora, como único medio de conocer la calidad del material con que se ejecuta la estructura, y para tener la seguridad y tranquilidad de que la estabilidad de la obra no podrá ser puesta en peligro por un hormigón de calidad deficiente..

5) Necesidad de que, a los efectos de que en obras de pequeño volumen puedan aprovecharse las ventajas referentes a calidad, uniformidad y garantía de resistencia que en razón del equipo de elaboración y condiciones de control y supervisión sólo pueden obtenerse en las obras de gran volumen e importancia, se promueva y difunda el empleo del hormigón elaborado en plantas centrales, que se entrega a pie de obra en camiones agitadores o mezcladores. Las ventajas señaladas son muy importantes para cualquier estructura pero muy especialmente para aquellas en que se requieren altas resistencias, u hormigones de características especiales.

La adopción de técnicas, medidas y disposiciones como las que acaban de indicarse constituirá, sin duda, un aporte muy valioso para evitar la repetición de accidentes de igual o de mayor importancia y repercusión que los ocurridos últimamente.

Quienes se aventuren a seguir construyendo las estructuras de hormigón en las mismas condiciones actuales de ignorancia de los conocimientos básicos de la tecnología del hormigón, de desconocimiento de las características y de la calidad del material que emplean en la construcción, y de descuido e irresponsabilidad en la supervisión, tendrán que resignarse a vivir esperando el momento y la oportunidad, que sin dudas llegarán, en que la responsabilidad de un colapso y sus lamentables consecuencias los llevarán a reflexionar, un poco tardíamente, respecto a lo conveniente y lógico que hubiese resultado un cambio en las actuales prácticas de ejecución de las estructuras de hormigón.

La imposibilidad práctica de contar con los medios, equipos, y con el número de inspectores capaces, independientes y entrenados, necesarios para una atención eficaz de las innumerables estructuras en ejecución de esta zona del país, hace pensar que la solución del problema analizado no puede buscarse por el lado de una fiscalización oficial de tipo policial, sino en la asignación de responsabilidades a los profesionales y empresas actuantes.

**ESTUDIO DE ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN
EN LA VELOCIDAD DE ROTURA DE EMULSIONES
ASFALTICAS CATIONICAS**

**Dr. Alfredo Pinilla
Dr. Jorge O. Agnusdei
Lic. Pascual Frezzini**

Serie II, nº 171

I. Velocidad de rotura de las emulsiones asfálticas catiónicas

INTRODUCCION

Las emulsiones bituminosas catiónicas constituyen tal vez el más importante progreso en la tecnología de los materiales bituminosos de los últimos años. (1) y (2).

Desarrollados originalmente en Francia hace unos quince años, su consumo en ese país constituye más del 70 % del volumen de producción de emulsiones y su uso se ha extendido a numerosos países por las innumerables ventajas que posee frente a las emulsiones bituminosas aniónicas.

Dentro de las mismas podemos citar las siguientes:

- 1) Su excepcional adherencia a los agregados pétreos de cualquier tipo, especialmente a los hidrófilos.
- 2) Su alto contenido de betún hasta un 25 % mayor que las emulsiones asfálticas aniónicas.
- 3) Su tipo de rotura que es independiente de la humedad ambiente, por lo cual permite su empleo en muy diversas condiciones climáticas.

En nuestro país las emulsiones asfálticas catiónicas se producen desde hace pocos años y han sido empleadas por varias reparticiones nacionales y provinciales con carácter experimental (3) y su empleo tiende a incrementarse.

Hasta hace pocos años no existía ningún ensayo de medida

de la velocidad de rotura de las emulsiones asfálticas catiónicas.

La A.S.T.M. (4) ha propuesto en 1965 un ensayo de demulsibilidad que también está incluido en la especificación Federal de EE.UU. (5) con el empleo del dioctil sulfosuccinato de sodio.

La técnica indicada es mencionada solamente para las emulsiones asfálticas catiónicas de rotura rápida, (CRS-1 y 2), pero no es mencionada para las emulsiones de tipo rotura media o tipo sobre estabilizadas.

Para el caso de las emulsiones catiónicas, el mecanismo de rotura ha sido interpretado de acuerdo con experiencias de Gaestel (6) y otros (7), (8) y (9). La excepcional adhesión obtenida después de la rotura entre el betún y la piedra silícea es debida a la adsorción del catión orgánico que recubre el agregado pétreo de una capa oleófila que facilita y mejora el mojado con el betún.

MÉTODOS DE ENSAYO

Si bien existen en la bibliografía numerosos métodos de ensayo para medir la velocidad de rotura, se emplearán para este estudio los siguientes, cuya exposición se indica a continuación:

1) Método del índice de ruptura de la Cía. ESSO de Francia (10)

Se colocan en un vaso de precipitado 100 g de silex de granulometría definida (3/8 mm) anotando el peso del conjunto y se mezclan con 10 g de emulsión asfáltica catiónica filtrada, mezclando bien con varilla durante 30 segundos.

Se deja reposar 10 minutos en ambiente saturado de humedad evitando la evaporación; enjuagar tres veces la piedra con ácido clorhídrico diluido y luego con agua hasta que sea incolora, secar en estufa a 160°C a peso constante.

La velocidad de rotura o índice de rotura, se expresa como

la relación entre el peso de betún depositado sobre la piedra y la cantidad de betún incorporado en la emulsión. Un índice de ruptura de 100 indicaría que toda la emulsión ha roto en contacto con la piedra.

2) Método para determinar las características de ruptura de la Cía. International Bitumuls

El método (10) se basa en mezclar 461 g de arena de Ottawa (20-30) seca, con 4 g de cemento portland normal, tipo III A.S. T.M., durante un minuto en un recipiente adecuado y adicionarle 35 g de emulsión asfáltica catiónica mezclando bien durante 90 segundos.

Al final de este tiempo, se inclina el recipiente para separar el exceso de emulsión.

Luego se separa aproximadamente la mitad de la muestra y se coloca sobre un papel absorbente. La muestra que quedó en el recipiente se pulveriza con agua corriente a presión constante según A.S.T.M. D-244, hasta cubrir la mezcla, retirando el exceso de agua y se continúa lavando hasta que el agua salga clara.

Se vierte la mezcla sobre papel absorbente evaluando en cada caso, por estimación visual, la superficie recubierta antes y después del lavado, repitiendo el examen luego que la mezcla se ha secado.

Los resultados se expresan para la mezcla en seco, indicando si el recubrimiento ha sido muy bueno, bueno o malo de acuerdo al siguiente criterio: muy bueno: superficie totalmente recubierta exclusive alguna burbuja y los bordes afilados; bueno: la superficie recubierta es mayor que la descubierta; malo: la superficie descubierta es mayor que la recubierta.

Después de la lluvia con agua, expresar los resultados en la misma forma. En ambos casos comentar los resultados de la evaluación de la mezcla y la superficie descubierta. Según el criterio de los autores las emulsiones que producen un escaso recubrimiento y se rompen agrumándose en el ensayo seco, se consideran de rotura rápida, las que se recubren bien antes y después del lavado son las de rotura media (mezcladas con arena) y las que dan buen recubrimiento antes del lavado y bajo recu-

brimiento después del lavado se consideran de rotura lenta. Como la arena de Ottawa (95 % de cuarzo) proviene del exterior, se trató de reemplazarla por cuarzo triturado de igual granulometría y arena silíceo argentina y oriental.

3) Índice de coalescencia con esferas de vidrio (modificado)

Este método fue desarrollado por un laboratorio de EE.UU. y está actualmente bajo estudio por el mismo (11).

El método consiste en pesar 46,5 g de perlas de vidrio Kimble de 6 mm de diámetro, en un recipiente de vidrio de medida normalizada, pesando el conjunto.

Adicionar 1 g de agua y agitar 15 segundos con una varilla.

Luego agregar 3,5 g de emulsión asfáltica en estudio y girar el conjunto en un agitador por 30 minutos a 15 rpm.

Luego se retira la mezcla y se lava con agua destilada en condiciones normalizadas, escurriendo el líquido a través de un tamiz n° 20 (U.S.St.).

Se coloca el vaso con la mezcla en una estufa y se seca 1 hora a 130°C. Se pesa dejando enfriar previamente y expresándose el índice como la relación entre asfalto depositado sobre las perlas de vidrio y el asfalto contenido de la emulsión en estudio.

4) Método de determinación de la velocidad de rotura, recubrimiento y resistencia al agua de la Dirección Nacional de Viabilidad (12)

El ensayo se cumple en dos etapas:

a) Tiempo de rotura:

Se pesan 200 g de granito de Villa Mónica comprendido entre los tamices 3/8" y 1/4" que se colocan en un recipiente, se agregan 10 ml de agua hasta humedecer ligeramente el agregado pétreo.

Se adicionan 16 g de emulsión asfáltica catiónica, agitando y midiendo el tiempo que transcurre desde el agregado de emulsión hasta que ésta fragüe, lo cual se revela por la resistencia del mezclado.

b) Ensayo de recubrimiento y resistencia al agua

El agregado recubierto se extiende sobre una bandeja y se cura media hora a temperatura ambiente, se lava con agua hasta que ésta salga limpia. Se toman al azar diez piedras, se las dispone en un cristizador y se observa la superficie descubierta de cada piedra.

Se repite el ensayo con la piedra de la obra sin lavar y si el % de recubrimiento es menor del 80 %, se repite con la piedra lavada.

En la presentación de los resultados se expresa el tiempo de rotura, en segundos y el recubrimiento luego de curado al aire con ambas piedras.

De acuerdo con el criterio del Laboratorio del Departamento de Investigaciones Técnicas, un tiempo de mezcla inferior a 60 segundos revela una emulsión catiónica de rotura rápida.

5) Método de Karl Letters (13)

El método propuesto por este autor alemán en 1961, mide la ruptura de la emulsión en contacto con el agregado pétreo utilizando un método de contacto repetido en cascada y se basa en la siguiente técnica:

Se pesa en una serie de doce tubos de ensayo, 10 g de piedra cuarcítica de 5 a 8 mm en cada una. Se miden 10 ml de emulsión catiónica diluida al 10 % con agua y se introduce inmediatamente en el tubo n° 1, se cierra con un tapón de goma, se invierte por 5 veces consecutivas y se deja en reposo dos minutos. Luego de este tiempo, la emulsión sobrenadante se vierte sobre el tubo número 2 y así sucesivamente hasta que la emulsión se haya roto, lo que se conoce por la débil coloración del líquido.

En la mayoría de los casos se llega a un tubo en el cual la cantidad de emulsión restante es insuficiente para cubrir la piedra y se diluye entonces con 2-3 ml de agua destilada.

De acuerdo a la información europea disponible (14) las emulsiones catiónicas de tipo rotura rápida, deben romper antes del tubo n° 8 y después del n° 5 lo cual asegura estabilidad frente a rupturas prematuras.

Para las emulsiones semi-rápidas éstas deben romper entre los tubos 8 y 12, en tanto que para las lentas deben sobrepasar el tubo n° 12 sin romper.

Este método se emplea como técnica de orientación en el Laboratorio de Puentes y Calzadas de Francia.

6) Ensayo de demulsibilidad A.S.T.M. (4)

Este ensayo se practica en forma similar al de emulsiones aniónicas pero empleando 35 ml de dioctil sulfosuccinato de sodio al 0,8 %.

Además de los métodos ya mencionados existen otras técnicas algunas de las cuales son similares a las indicadas más arriba como por ejemplo las mencionadas en (15)-(16)-(17).

ANALISIS DE LAS EMULSIONES BITUMINOSAS

Las emulsiones bituminosas catiónicas fueron obtenidas de fabricantes locales y también elaboradas o modificadas en el LEMIT. Se ajustan a las características que se detallan en la tabla I.

VALORES EXPERIMENTALES

Operando con las materias primas mencionadas se realizaron los ensayos de velocidad de rotura que se detallan a continuación:

a) Método para determinar las características de rotura de la Cía. International Bitumuls

La técnica de ensayo ya ha sido descripta y los resultados obtenidos con los diferentes agregados pétreos y emulsiones,

T A B L A I

CARACTERISTICAS DE LAS EMULSIONES

	A	B	C	D	E	ES ₁	ES ₂	ES ₃	ES ₄
Viscosidad S. Furol a 50°C, s	24	43	50	60	115	35	18	16	26
Asentamiento, 5 días, %	3	2	3	3	1	2	6	5	5
Demulsibilidad, 35 ml de dioctil sulfosuccinato de sodio al 0,8 %	78	72	66	62	83	17	0	0	0
Mezcla con cemento, %	-	-	-	-	-	81	15	29	18
Carga de la partícula	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.
Residuo sobre tamiz n° 20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
pH a 20°C	1,5	3,4	3,0	4,4	3,0	2,1	5,4	5,1	5,0
Contenido de baux y emulsivo	68	68	67	68	72	66	62	60	65
<u>Sobre el residuo de la destilación</u>									
Penetración a 25°C (100 g-5 s)	115	162	115	130	121	148	162	120	130
Ductilidad a 25°C, cm	+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150
Ensayo de Oliensis	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.

se indican en la tabla II.

Observando esta tabla se concluye que:

- 1) Las emulsiones asfálticas catiónicas A, B, C, D, E. y ES₁ rompen con todos los agregados pétreos secos, lo cual indicaría que se trata de emulsiones de rotura rápida de acuerdo a la clasificación de este método.
- 2) Las emulsiones asfálticas catiónicas ES₂, ES₃ y ES₄, son más estabilizadas y permiten un fácil mezclado en seco con cualquiera de los agregados pétreos estudiados. Con respecto al recubrimiento, la arena de Ottawa es más fácilmente recubierta que los agregados pétreos restantes los cuales tienen características superficiales y mineralógicas distintas. El cuarzo triturado presenta mayor reactividad frente a la emulsión, mezclándose con más dificultad que la arena de Ottawa.

Las arenas oriental y argentina presentan un pobre recubrimiento con respecto a la arena tipo.

- 3) Los resultados de mezcla en húmedo y seco de las emulsiones ES₂, ES₃ y ES₄, indican que se trata de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura media de acuerdo a la clasificación expuesta más arriba.

b) Método del índice de ruptura de la Cía. ESSO - (Francia)

Los resultados obtenidos se indican en la tabla III en relación a la temperatura del ensayo, factor de suma importancia.

Del estudio de la tabla III, se puede indicar:

- 1) Que a medida que la temperatura aumenta en las emulsiones A, B, C, D. y E, se produce una mayor rotura sobre el agregado pétreo lo cual constituye un hecho conocido y citado en la bibliografía (6).
 - 2) Las emulsiones más estables ES₁, ES₂, ES₃ y ES₄, no rompen frente al agregado pétreo de sílex.
- c) Índice de coalescencia con esferas de vidrio

En la tabla IV se indican los valores obtenidos.

Se evidencia, salvo el caso de la emulsión A que las B, C, D y E son emulsiones con mayor tendencia a la rotura que las restantes, que depositan menor cantidad de asfalto y tienen menor índice de coalescencia y por lo tanto aparecen como de rotura más lenta que las primeras.

d) Método de determinación de la velocidad de rotura, recubrimiento y resistencia al agua (empleado en la Dirección Nacional de Vialidad)

En la tabla V se indican los valores obtenidos, operando en las condiciones mencionadas a 20°C.

La tabla indica que las emulsiones asfálticas A, B, C, D y E, rompen con cierta facilidad antes de 60 segundos, no presentando superficie descubierta.

El resto de las emulsiones asfálticas dan tiempo de rotura mayores de 1 minuto, con superficie recubierta del orden del 50 % lo cual las clasificaría como de rotura media o lenta.

e) Método de Karl Letters

En este método llamado de tratamiento en cascada hemos empleado como agregado pétreo cuarcita de Mar del Plata y los resultados obtenidos se indican en la tabla VI.

La rotura en las emulsiones A, B, C, D y E, se inicia en el tubo n° 5 y debido al contacto por cascada, la misma ha cedido todo su betún al ponerse en contacto con el agregado del tubo n° 8, lo cual indicaría una velocidad de rotura mayor que las otras. Las restantes emulsiones no rompen en los primeros tubos, sino que comienzan a hacerlo con el tubo n° 8 y no dejan depósito apreciable en el n° 12, con excepción de la emulsión ES₄, que mantiene la estabilidad aún después del contacto con el tubo n° 12.

En la tabla VII se presenta la clasificación de las emulsiones según los distintos métodos de ensayo.

T A B L A IIMETODO DE LA COMPAÑIA INTERNACIONAL BITUMULS

Emulsión Bituminosa	Arena de Ottawa		Cuarzo		Arena Argentina		Arena Oriental	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
A	R	-	R	-	R	-	R	-
B	R	-	R	-	R	-	R	-
C	R	-	R	-	R	-	R	-
D	R	-	R	-	R	-	R	-
E	R	-	R	-	R	-	R	-
ES ₁	R	-	R	-	R	-	R	-
ES ₂	MB	CB	MB	CR	MB	CR	MB	CR
	CMB		CB		CB		CB	
ES ₃	MB	CB	MB	CRM	MB	CRM	MB	CRM
	CMB		CR		CR		CR	
ES ₄	MB	CMB	MB	CR	MB	CRM	MB	CRB
	CMB		CB		CRB		CB	

R : La emulsión rompe completamente

MB : La emulsión mezcla bien

CB : El agregado pétreo se cubre bien

CMB : El agregado pétreo se cubre muy bien

CR : Fl agregado pétreo se cubre regular

CRB: El agregado pétreo se cubre de regular a bien

CRM: El agregado pétreo se cubre de regular a mal

El significado de estos términos ya ha sido informado en la técnica de ensayo.

T A B L A III

INDICE DE RUPTURA (ESSO)

Emulsión Bituminosa	Temperatura, °C		
	25	30	35
A	20	38	48
B	15	19	36
C	5	9	13
D	12	15	21
E	7	20	25
ES ₁	0	0	3
ES ₂	0	0	2
ES ₃	0	0	0
ES ₄	0	0	0

T A B L A IV

INDICE DE COALESCENCIA

Emulsión bituminosa	Indice de coalescencia
A	84
B	94
C	95
D	92
E	92
ES ₁	81
ES ₂	75
ES ₃	72
ES ₄	74

T A B L A V

RECUBRIMIENTO Y RESISTENCIA AL AGUA

Emulsión Bituminosa	Tiempo de rotura (segundos)	Superficie descubierta
A	26	0
B	39	0
C	50	0
D	44	0
E	47	0
ES ₁	76	50
FS ₂	84	50
ES ₃	108	50
ES ₄	97	50

T A B L A VI

METODO KARL LETTERS

Emulsión bituminosa	Número de los tubos en los cuales se produce la rotura
A	5 - 8
B	5 - 8
C	5 - 8
D	5 - 8
E	5 - 8
ES ₁	8 - 12
ES ₂	8 - 12
ES ₃	8 - 12
ES ₄	+ 12

T A B L A VII
M E T O D O S D E E N S A Y O

Emulsión Bituminosa	A.S.T.M. 2 397	International Bitumuls (arena Ottawa)	Recubrimiento Resist.al agua V.Nacional ARMOUR	K.Letters (cuarcita)
A	R.Rápida	R.Rápida	R.Rápida	R.Rápida
B	" "	" "	" "	" "
C	" "	" "	" "	" "
D	" "	" "	" "	" "
E	" "	" "	" "	" "
ES ₁	(1)	R. Media	(2)	R. Media
ES ₂	(1)	" "	(2)	" "
ES ₃	(1)	" "	(2)	" "
ES ₄	(1)	" "	(2)	" "

(1) Estas emulsiones asfálticas de acuerdo a A.S.T.M. podrían ser clasificadas como de rotura media ya que no rompen con dióxido de sulfuro de sodio y no rompen completamente en el ensayo de cemento portland.

(2) Estas emulsiones asfálticas tienen un tiempo de mezclado superior a 60 segundos y pueden ser consideradas como de tipo rotura media o lenta.

II. Influencia de la temperatura en la velocidad de rotura

El objeto de esta segunda parte del trabajo, es informar los resultados obtenidos al examinar la influencia de la temperatura, en la velocidad de rotura de dos tipos de emulsión asfáltica catiónica.

Para ello se estudió el comportamiento de una emulsión de tipo rotura rápida, de las empleadas en tratamientos superficiales frente a varios tipos de agregados pétreos convencionales de diferentes características superficiales y composición, en otro caso se preparó experimentalmente una emulsión asfáltica catiónica del tipo estable con miras a estudiar su comportamiento frente a mezclas finas graduadas del tipo lechada asfáltica (Slurry Seal), estudiando la influencia de la temperatura y otros factores en la velocidad de rotura de la misma.

MATERIALES EMPLEADOS

Emulsiones asfálticas catiónicas: Se emplearon dos tipos de emulsiones asfálticas catiónicas, una de rotura rápida tipo (CRS1) y otra de rotura lenta (tipo CSS1) de acuerdo a la A.S.T.M.

Sus características se detallan en la tabla VIII.

T A B L A VIII

	Tipo rotura rápida	Tipo rotura lenta	Método de ensayo
1) Sobre la emulsión asfáltica			
Viscosidad Saybolt-furol a 25°C, s	28	20	A.S.T.M.
Contenido de betún y emulsivo, %	64,0	61,0	A.S.T.M.
Residuo sobre tamiz U.S. n° 20. %	0	0	A.S.T.M.
Demulsibilidad, 35 ml de dioctil sulfosuc- cinato de sodio al 0,8 %	89,8	-	-
Ensayo de rotura (Letters), agregado pé- trea, cuarcita, tubo	8	11	Letters
Carga de partícula	Positiva	Positiva	-
Asentamiento, 5 días, %	5,0	1,0	-
Potencial hidrógeno, a 20°C	3,4	4,5	-
Aceite destilado, %	0,5	-	A.S.T.M.
Ensayo de recubrimiento y resistencia al agua, %	100	-	-
Ensayo Vialit piedras adheridas	100	-	-
Ensayo con cemento, %	-	0,8	-
2) Sobre el betún recuperado .			
Penetración a 25°C (100g - 5 s)	152	168	A.S.T.M.
Ductilidad a 25°C, cm	120	+150	A.S.T.M.
Solubilidad en S ₂ C, %	98,5	-	A.S.T.M.
Ensayo de Oliensis	Negativo	Negativo	A.S.T.M.

METODOS DE ENSAYO

- 1) Ensayos con emulsiones asfálticas catiónicas de rotura rápida:
 - a) Tiempo de rotura: se empleó el método desarrollado por la Cía. Armour (Bulletin G-22-R-1, 19-1962).
 - b) Ensayo de recubrimiento y resistencia al agua: se realiza de acuerdo a la técnica ya descripta.
- 2) Ensayo de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta:

En este caso interesa el comportamiento de la emulsión de rotura lenta frente al agregado pétreo fino, de análogas características al empleado en la lechada asfáltica convencional, ya que ésta es su mayor aplicación.

En este caso el agregado pétreo estaba constituido por arenas graduadas, obtenidas por mezclas de arena natural y de trituración en 50 % de cada una, adicionada de filler calcáreo para que cumpliera los requisitos detallados en la tabla IX. Esta granulometría coincide con la recomendada por Harkenness (18) y Mc Coy (19).

La determinación del tiempo de rotura para una temperatura dada se realiza pesando 100 g de arena seca en un recipiente de fondo semiesférico, mantenido no menos de 30 minutos a temperatura constante y adicionando la cantidad calculada de agua (5 a 10 %) a la misma temperatura, mezclando bien con una espátula.

Luego se agregan rápidamente 15 cm³ de emulsión asfáltica a la temperatura indicada y se mezcla con la espátula, poniendo simultáneamente el cronógrafo en marcha. La agitación debe ser suave, percibiéndose al cabo de cierto tiempo, que el material ha roto o fraguado por una mayor resistencia al mezclado. Se detiene entonces el cronómetro y se toma el tiempo transcurrido.

T A B L A IX

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS PETREOS

	Especificación	Valor obtenido
Indice de plasticidad.....	menor de 5	0
Equivalente arena	menor de 40	0,8
Cranulometría		
Pasa tamiz U.S.Std. n° 4, %	100	100
Pasa tamiz U.S.Std. n° 8, %	85-100	92
Pasa tamiz U.S.Std. n° 16, %	58- 90	75
Pasa tamiz U.S.Std. n° 30, %	37- 75	56
Pasa tamiz U.S.Std. n° 50, %	20- 35	33
Pasa tamiz U.S.Std. n° 100, %	10- 20	16
Pasa tamiz U.S.Std. n° 200, %	0- 10	4

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Influencia de la temperatura en el tiempo de rotura de la emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida

En la tabla X y en la fig. 1 y 2 se observa la variación del tiempo de rotura de la emulsión asfáltica de rotura rápida, frente a distintos agregados pétreos en función de la temperatura hasta 45°C.

En primer lugar, se comprueba que para iguales condiciones de operación y para todos los agregados pétreos estudiados, el tiempo de rotura disminuye a medida que aumenta la temperatura, aunque en forma distinta según los agregados.

En lo referente a la adhesión residual del betún sobre el agregado pétreo, la tabla XI resume los resultados obtenidos en función de la temperatura.

Se observa así, que cualquiera sea la temperatura de mezclado, el recubrimiento es completo para el granito, la cuarcita y el basalto en tanto que el calcáreo, la grava silícea y la tosca tienen un descubrimiento del 20 %.

Uno de los factores que se consideró de interés estudiar, fue la influencia de la cantidad de emulsivo en el tiempo de rotura frente a diferentes agregados y en función de la temperatura dentro del intervalo convenido.

Para ello, la emulsión de rotura rápida fue adicionada de 0,2; 0,4 y 0,6 % de emulsivo bajo la forma de clorhidrato, ajustando el pH al mismo valor del material original. Los emulsivos empleados se denominan con las letras A, B, S y T.

Los resultados obtenidos siguiendo la técnica descripta; se indican en las fig. 3 a 8.

A cualquier temperatura considerada, el incremento de emulsivo aumenta el tiempo de rotura, este valor del incremento es apreciable para el calcáreo y la tosca especialmente a bajas temperaturas.

T A B L A XTIEMPO DE ROTURA (Segundos)

Temperatura de mezclado °C	Agregado pétreo						Basalto
	Granito	Cuarcita	Calzáreo	Grava silícea	Tosca		
5	318	276	101	540	112	840	
10	230	204	75	425	80	553	
15	182	154	60	243	60	270	
20	110	105	43	110	48	189	
25	63	68	36	85	39	111	
30	34	48	22	69	20	60	
35	25	28	20	44	19	37	
40	18	18	19	24	18	25	
45	13	17	16	12	15	17	
50	12	14	15	12	15	14	

Tamaño de agregado pétreo: 3/8" - 1/4"

T A B L A X I

SUPERFICIE DESCUBIERTA, %

Temperatura °C	Agregado pétreo					
	Granito	Cuarcita	Calcáreo	Grava silícea	Tosca	Basalto
5	0	0	20	20	20	0
10	0	0	20	20	20	0
15	0	0	20	20	20	0
20	0	0	20	20	20	0
25	0	0	20	20	20	0
30	0	0	20	20	20	0
40	0	0	20	20	20	0
45	0	0	20	20	20	0
50	0	0	20	20	20	0

Tamaño del agregado pétreo: 3/8" - 1/4"

La adhesividad de los residuos se informa en la tabla XII.

Influencia de la temperatura en el tiempo de rotura de emulsiones catiónicas de rotura lenta

La principal aplicación de la emulsión de rotura lenta es su empleo en la preparación de lechada asfáltica (Slurry seal).

La lechada asfáltica es un tipo especial de mezcla en frío con emulsión asfáltica, aniónica o catiónica constituida por agregados finos graduados, filler y agua cuya composición y comportamiento depende de numerosos factores entre ellos del agregado, tipo de emulsión, condiciones climáticas, etc.

La mezcla típica para la determinación del tiempo de rotura es la siguiente:

Agregado pétreo	100 g
Emulsión asfáltica ca-	
tiónica estable.....	15 g
Agua de dilución.....	10 g

El agua de dilución es agua corriente y en ciertos casos dicha agua contenía estabilizador en las cantidades indicadas en la tabla de valores respectivos (tabla XIII) considerando dichos valores relacionados al peso de emulsión asfáltica.

Los valores de la tabla anterior se indican en las fig. 9, 10 y 11. Se observa en los mismos que la emulsión original rompe a tiempos decrecientes, a medida que asciende la temperatura entre 5 y 30°C. Cualquiera sea el aditivo.

Al adicionar el estabilizador en el agua de premojado en las concentraciones mencionadas, cambia la variación del tiempo de mezclado con la temperatura.

A medida que se incremente la concentración de estabilizador para una misma temperatura, crece el tiempo para la rotura, aunque dicho valor depende del estabilizador considerado.

Observése que a 30°C todas las mezclas consideradas en la tabla XIII dan tiempos de rotura muy bajos; que seguramente afectarán el mezclado y el comportamiento del sistema sobre todo desde el punto de vista de su aplicación en obra.

T A B L A XII

SUPERFICIE DESCUBIERTA, %

Temperatura °C	Agregados pétreos											
	Granito cuarcita basalto	Calcáreo	Grava silíceo	Tosca								
5	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20		
15	0	0	0	20	20	30	30	30	20	20		
25	0	0	0	20	20	30	30	30	20	20		
35	0	0	0	20	20	30	30	30	20	20		
45	0	0	0	20	20	30	30	30	20	20		
Emulsionante adicionado, %												
en peso.....	0	0,2	0,4	0,6	0	0,2	0,4	0,6	0	0,2	0,4	0,6

T A B L A XIIITIEMPO DE ROTURA DE LA EMULSION, Segundos

Temperatura °C	Emulsión original	Estabilizador utilizado								
		B	S	T						
5	31	178	462	795	229	448	862	197	460	876
10	24	108	267	497	139	252	440	117	208	408
20	15	35	82	175	24	66	110	26	52	116
30	10	12	15	22	14	16	19	11	12	15
Concentración de estabilizador, % sobre la emulsión en el agua de mezcla.....										
		0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7

T A B L A X I V

TIEMPO DE ROTURA DE LA EMULSION, Segundos

Temperatura °C	Emulsión original	E s t a b i l i z a d o r A		
5	31	275	483	961
10	24	135	278	609
20	15	53	118	158
30	10	13	17	20
Concentración de estabilizador, % sobre la emulsión en el agua de la mezcla		0,2	0,4	0,7

Para el estabilizador A, adicionados en la misma forma que los anteriores acidificando a pH 3 con HCl se han obtenido los valores que se observan en la fig. 12 y tabla XIV.

De cualquier manera, los valores de la variación del tiempo de rotura con la temperatura, revelan la enorme importancia que parecería tener este factor en los ensayos de laboratorio, para la preparación de la lechada asfáltica catiónica.

CONCLUSIONES

I.- Sobre los métodos de ensayo (tabla VII)

1) Las emulsiones asfálticas catiónicas de tipo rotura rápida pueden identificarse de acuerdo a las siguientes técnicas que son equivalentes, de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo:

a) Por medio del ensayo de demulsibilidad A.S.T.M. con el empleo del dioctil sulfosuccinato de sodio al 0,8 % con valores superiores a 40.

b) Por el método de K. Letters empleando cuarcita, siempre que la ruptura se produzca entre los tubos nº 5 y nº 8.

c) Por el método de la Cía. International Bitumuls empleando arena de Ottawa (20-30) a condición de que la emulsión instantáneamente rompa al mezclarse con el agregado pétreo. No es recomendable la sustitución de la arena de Ottawa por otros agregados (arena argentina, oriental y cuarzo triturado) porque tienen distinto comportamiento frente a las emulsiones catiónicas.

d) Por el método de la Cía. Armour Co. (modificado por la Dirección Nacional de Vialidad) cuando se tienen tiempos de mezclado menores de sesenta segundos y recubrimientos mayores del 80 % sobre el agregado pétreo después de lavado.

2) Para la clasificación de las emulsiones asfálticas catiónicas estudiadas, más estables que las de rotura rápida, es decir de tipo rotura media, se pueden emplear las siguientes técnicas:

a) Por el método de la Cía. International Bitumuls cuando se tiene buen recubrimiento tanto antes como después del lavado del agregado pétreo tipo (arena Ottawa).

b) Por el método de K. Letters cuando la ruptura se produce entre los tubos nº 8 y 12.

c) Mediante los ensayos especificados A.S.T.M. cuando la demulsibilidad es cero y el ensayo con cemento portland es mayor de dos; lo cual concuerda con los valores experimentales obtenidos para la velocidad de rotura según métodos de International Bitumuls Co. y K. Letters.

3) Para la clasificación de las emulsiones asfálticas catiónicas estables se dispondría de los métodos de la Cía. International Bitumuls Co. y K. Letters, pero en este trabajo no ha sido posible verificar la aptitud de los mismos, por no disponer de emulsiones asfálticas catiónicas de tipo estable.

4) Si bien los métodos de índice de coalescencia e índice de ruptura permiten diferenciar emulsiones catiónicas de tipo rápida de las más estables, no se dispone aún de suficientes datos experimentales como para fijar valores de clasificación de la velocidad de rotura.

II.- Sobre la influencia de la temperatura en la velocidad de rotura

1) En el caso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura rápida empleando distintos agregados pétreos de tamaño comprendido entre tamices U.S.Std. 3/8" y 1/4" y de acuerdo a la técnica descrita en el presente trabajo se determina que el tiempo de rotura disminuye a medida que aumenta la temperatura en el intervalo entre 5 y 50°C para cualquier agregado pétreo considerado.

2) A 5°C, el tiempo de rotura de la grava silíceo es doble que el de la cuarcita, algo menor para el granito y casi la quinta parte menor para el calcáreo y la tosca; el basalto tiene el tiempo de rotura más elevado.

3) A 20°C, los tiempos de rotura son prácticamente iguales entre cuarcita, grava y granito, el calcáreo y la tosca rompen en la mitad de tiempo que los anteriores.

4) A 40° y 50°C los tiempos de rotura disminuyen sensiblemente para todos los agregados pétreos ensayados, tendiendo a igualarse, dentro de las condiciones establecidas por la técnica de ensayo.

5) La adhesividad residual en las condiciones enunciadas, no parece estar influida por la temperatura de mezclado para ninguno de los agregados pétreos estudiados como así tampoco por la cantidad de emulsivo de refuerzo, dentro de las cantidades empleadas.

6) Un incremento de la cantidad de emulsivo, hasta el 0,6 % aumenta el tiempo de rotura entre 5 y 45°C, cualquiera sea el agregado considerado.

7) Para el caso del sistema (agregado pétreo fino-emulsión asfáltica catiónica tipo superestable) la velocidad de rotura con el empleo de piedra granítica triturada, arena silíceo natural y filler calcáreo, se encuentra una apreciable sensibilidad a la temperatura, incrementándose los tiempos de rotura a medida que disminuye la temperatura entre 5 y 30°C.

8) Para el caso estudiado (sistema lechada asfáltica) los aditivos A, B, S y T mezclados en fase acuosa a la piedra, incrementan el tiempo de rotura en forma sensible con respecto a la emulsión original, permitiendo un buen mezclado siempre que su concentración supere un cierto valor, a la temperatura de 20°C o inferiores. A temperaturas de 30°C con la emulsión estudiada y los estabilizadores en las concentraciones empleadas, los tiempos de rotura eran demasiados pequeños para permitir una mezcla satisfactoria.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Bellanger, M. & Duriez, M. - Revue Gen. des Routes. 23, 309 (1957).
- 2) Sauterey, R. - Decimotercera Reunión del Asfalto. (1964).
- 3) Romero, S. - Decimocuarta Reunión del Asfalto. 446, (1966)
- 4) A.S.T.M. D-2397 (1965).
- 5) F.S.B. Specification for cationic emulsified asphalt SSA-0067 4c (1965).
- 6) Gaestel, C. - Chemistry & Industry, n° 6, 221 (1967).
- 7) Letters, K. - Bitumen, Teer, Asphalte und Pech, 12, 269 (1961).
- 8) Rodebush, H. - Highway Research Board, S. Report n° 40 (1958).
- 9) Vogt, C. - Rev. Gen. des Routes, n° 319, 55 (1958).

- 10) Comunicación personal.
- 11) Comunicación personal.
- 12) Armour Ind. Chemical Co. - Bulletin G 22-R-1, 19, (1962).
- 13) Letters, K. - Bitumen, teer, Asphalte und Peche. (1961).
- 14) Sauterey, R. - Comunicación personal.
- 15) Syndicat de Fabricant d'Emulsions de Bitume. Les emulsions de bitume et leurs techniques de application. Ed. (1966).
- 16) Armour Ind. Chem. Co. - Bulletin G 22 R4, pág. 18, (1964).
- 17) Ceintrey, M. - citado en la conferencia de V. Bonitzer, Pub. Vialidad de la Pcia. de Bs. As. (1962).
- 18) Harkness, L. - Cationic Slurry Seal (1967).
- 19) Mc Coy, P. - Chev. Asph. Tech. Paper 144 (1968).
- 20) Sauterey, R. - Decimotercera Reunión del Asfalto, (1964).

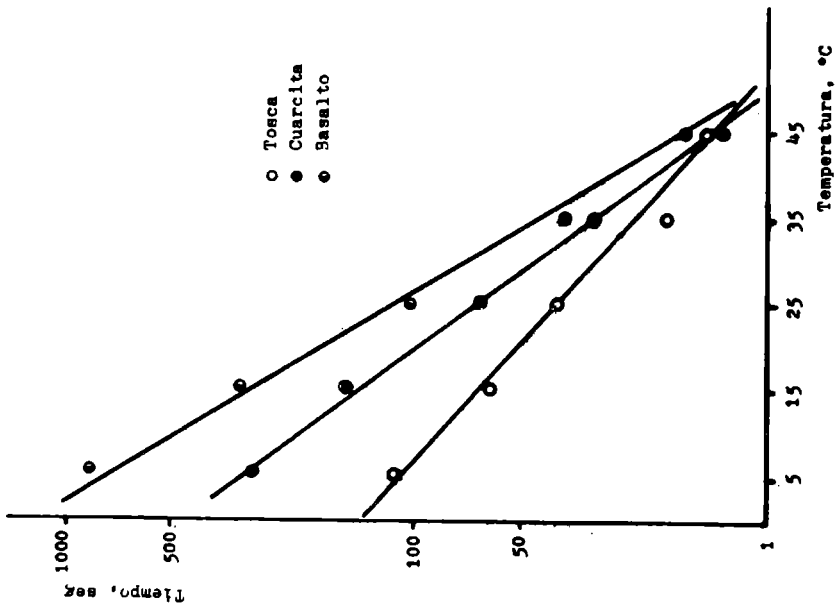


Fig. 1.- Emulsión catiónica de rotura rápida
Tiempo de rotura en función de la temperatura

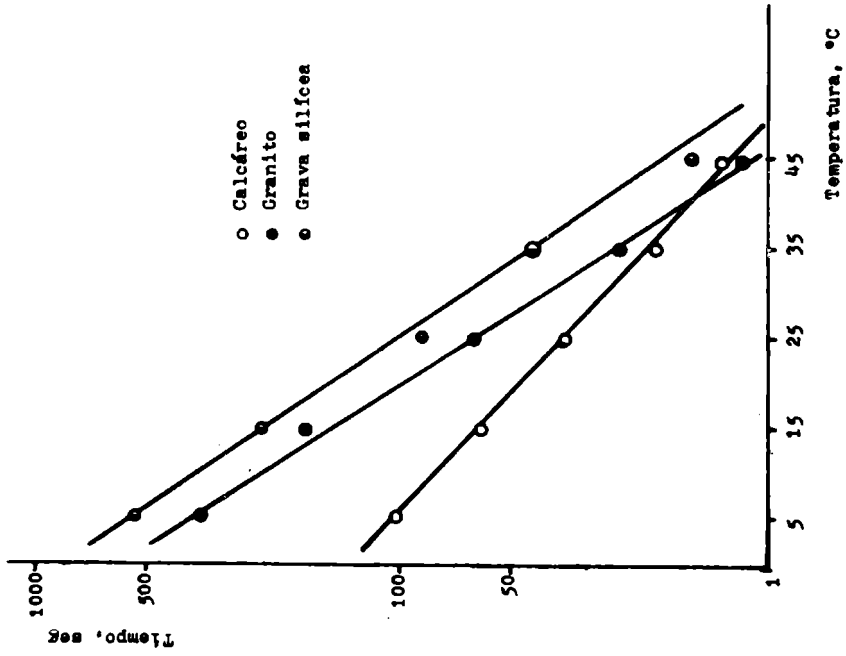


Fig. 2.- Emulsión catiónica de rotura rápida
Tiempo de rotura en función de la temperatura

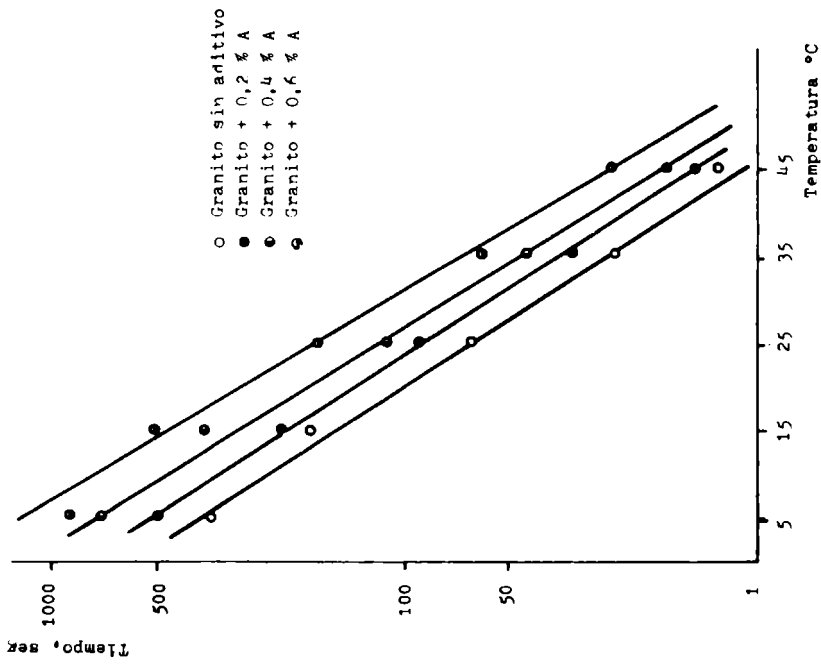


Fig. 3.- Emulsión catiónica de rotura rápida
Tiempo de rotura en función de la temperatura

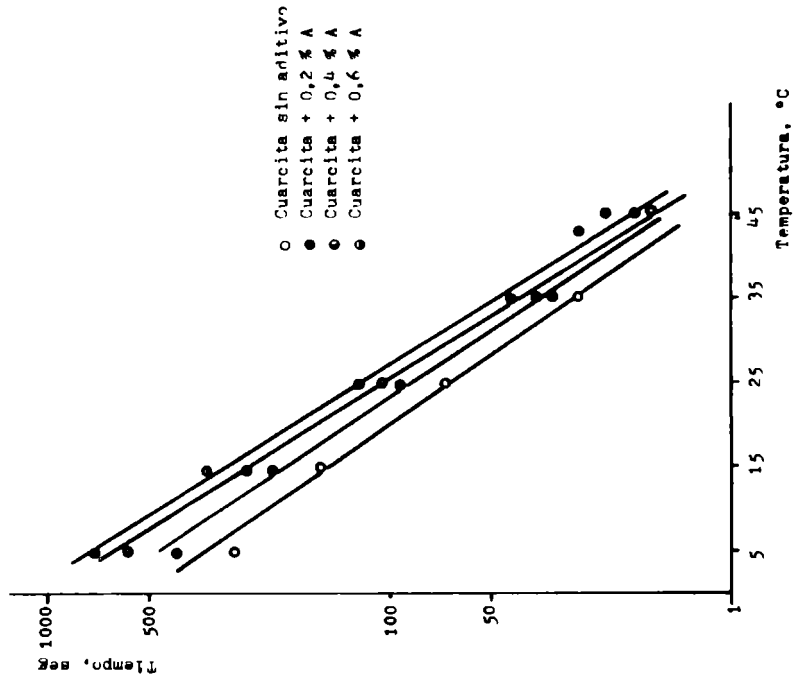


Fig. 4.- Emulsión catiónica de rotura rápida
Tiempo de rotura en función de la temperatura

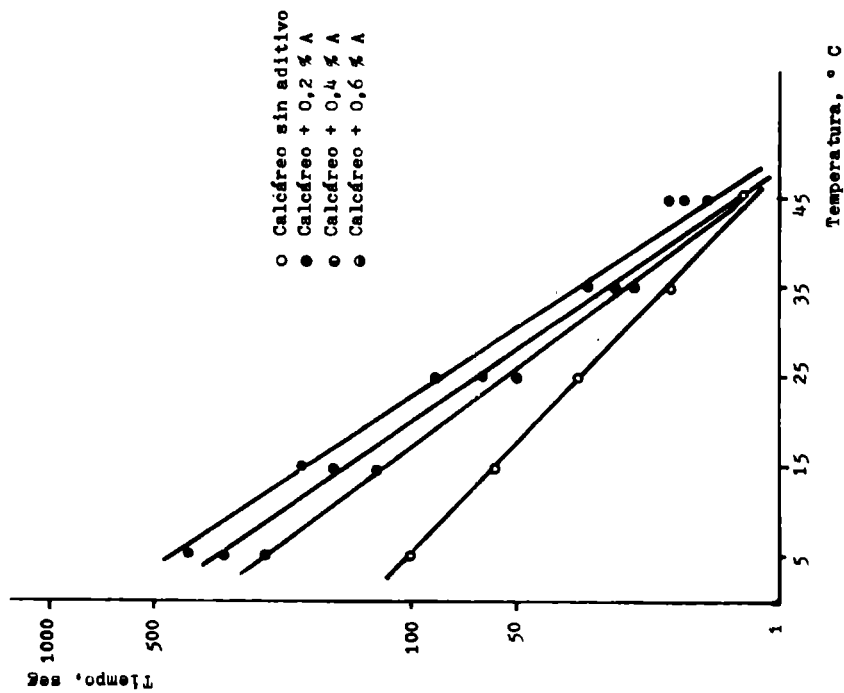


Fig. 5.- Emulsión catiónica de rotura rápida
Tiempo de rotura en función de la temperatura

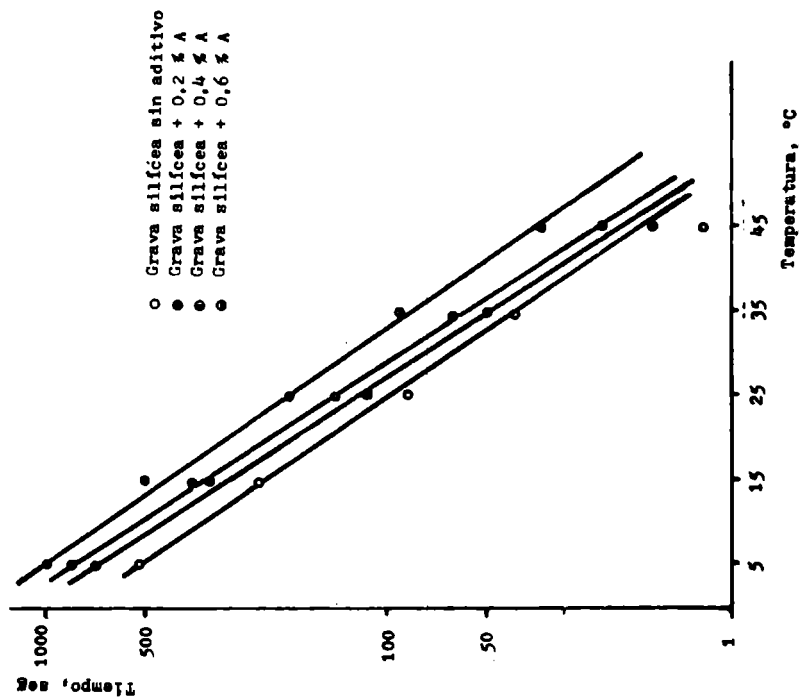


Fig. 6.- Emulsión catiónica de rotura rápida
Tiempo de rotura en función de la temperatura

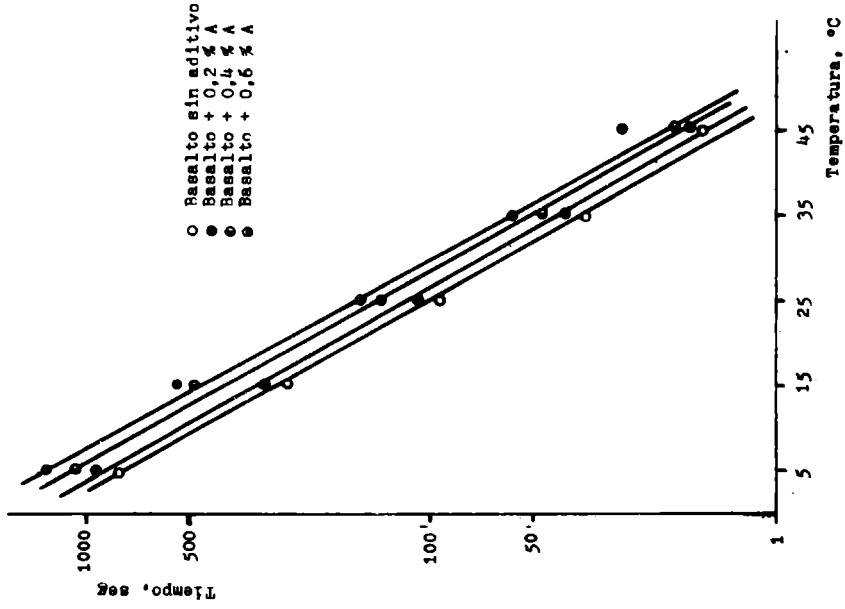


Fig. 8.- Emisión catiónica de rotura rápida
Tiempo de rotura en función de la temperatura

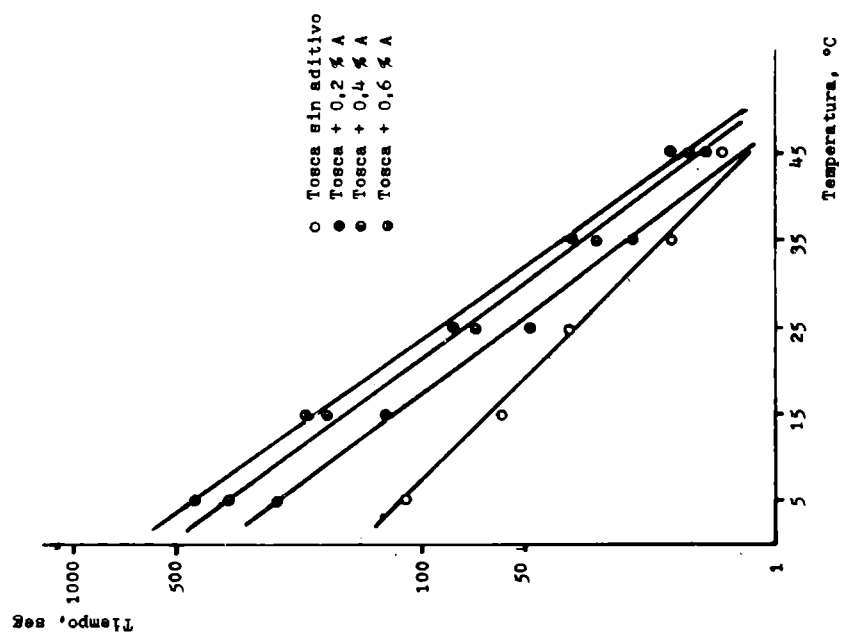


Fig. 7.- Emisión catiónica de rotura rápida
Tiempo de rotura en función de la temperatura

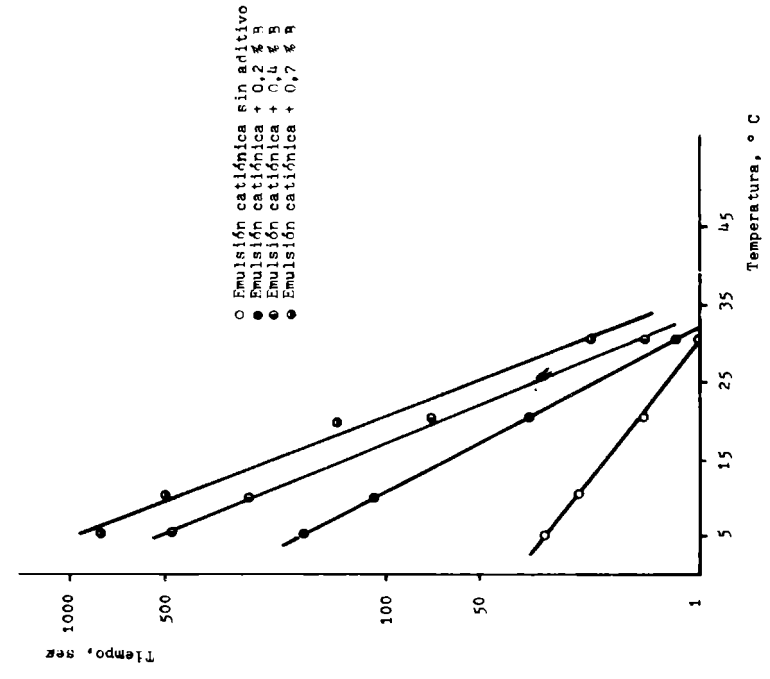


Fig. 9.- Emulsión catiónica para lechada asfáltica
Tiempo de rotura en función de la temperatura

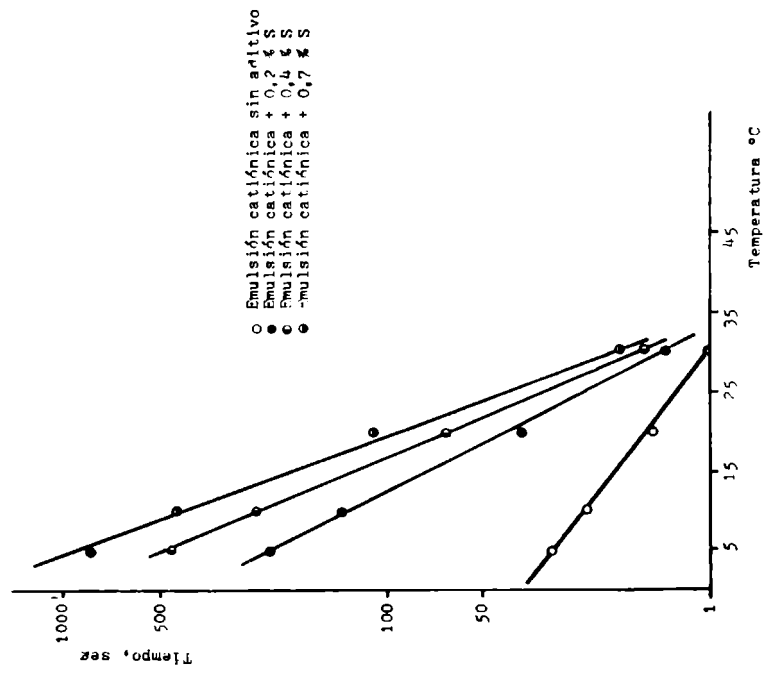


Fig. 10.- Emulsión catiónica para lechada asfáltica
Tiempo de rotura en función de la temperatura

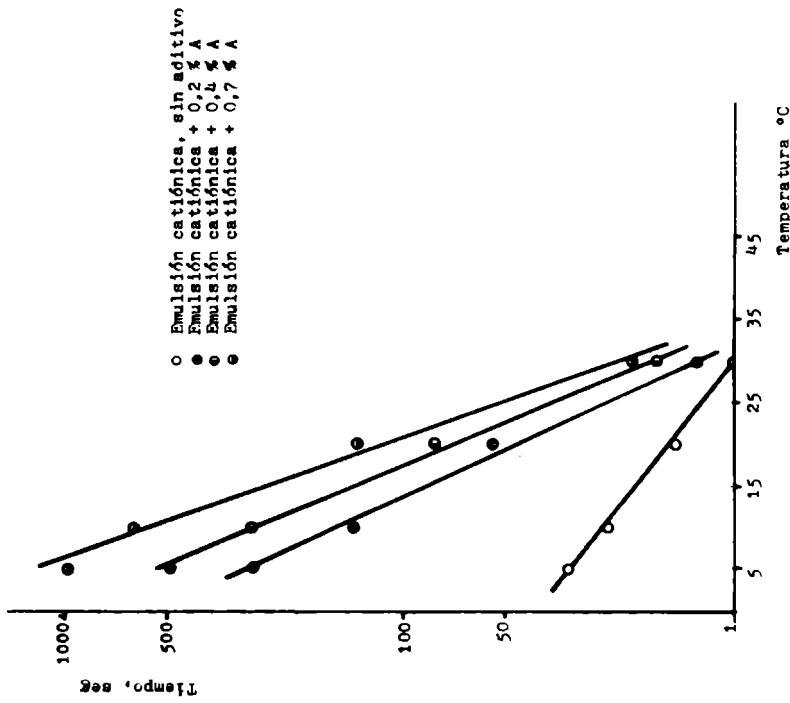


Fig. 12.- Emulsión catiónica para lechada asfáltica. Tiempo de rotura en función de la temperatura

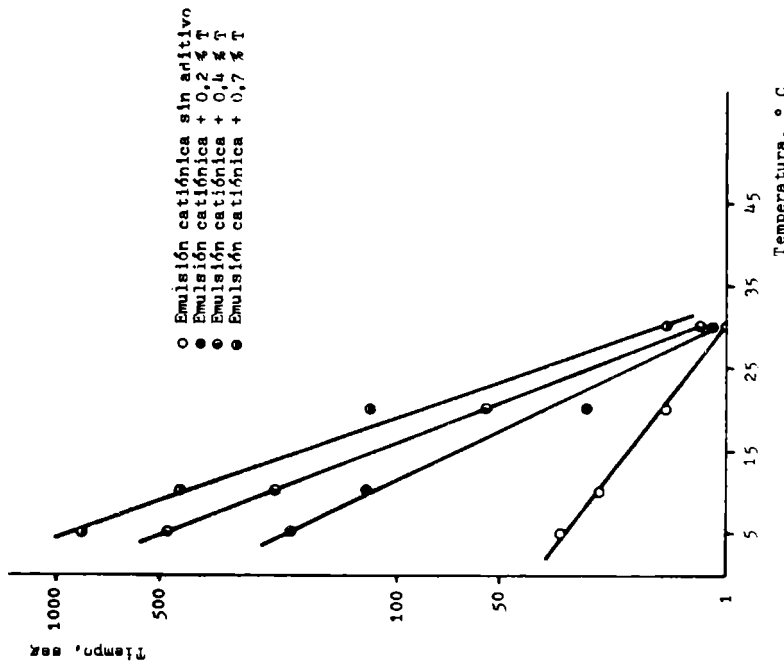


Fig. 11.- Emulsión catiónica para lechada asfáltica. Tiempo de rotura en función de la temperatura

**MAPA GEOEDAFOLOGICO VIAL DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

(1a. parte)

**Dr. Víctor E. Mauriño
Ing. Luis M. Fossa**

Serie II, nº 172

INTRODUCCION

El propósito del LEMIT, al presentar esta primera etapa del mapa geoedafológico vial de la provincia de Buenos Aires, es el de llenar un importante vacío en el conocimiento de los suelos de las distintas regiones de este Estado.

El poseer una carta en la cual se expresen las grandes unidades de suelos existentes en la provincia, además de ser el primer paso obligado en todo mapa, permitirá en el futuro proyectar las redes viales con mayor ajuste a las condiciones reales de cada zona, significando ello un ahorro de esfuerzos y el logro, por otra parte, de celeridad y eficacia en los mismos.

El LEMIT, a lo largo de una buena cantidad de años de labor ha reunido una valiosa información en los aspectos vinculados con los suelos, por lo que se ha podido aprovechar parte de ella actualizando muchos de los datos compilados. Para completar el estudio, se han realizado numerosos perfiles y ensayos que integran la información utilizada para presentar la hoja geoedafológica vial que nos ocupa.

UBICACION DE LA ZONA

La zona estudiada se halla comprendida entre la costa Paraná-Río de La Plata de Campana a Magdalena como límite NE (ver Fig. 1) y por una línea que une los pueblos de S.A. de Areco, Mercedes, Navarro y General Belgrano como límite SW. Los correspondientes al NW y SE están dados por las líneas Campana-S.A. de Areco y Magdalena-Gra. Belgrano respectivamente.

GEOLOGIA

Sólo nos referiremos a la geología de superficie por ser ella la que está íntimamente relacionada con los procesos edafógenos.

El cuaternario en esta área se encuentra vinculado al Pampiano y post-Pampiano. El primero de ellos tiene la mayor representación areal y está integrado por limos y limos loëssoides pertenecientes al Ensenadense y por los suelos loëssicos del Bonaerense.

El Ensenadense se encuentra muy modificado en general por influencia ácuea y por ello es a menudo advertible la presencia de niveles concrecionales de hierro o de carbonato de calcio, estos últimos como posibles variaciones del nivel freático o como productos de procesos edáficos.

El Bonaerense en cambio, por ser de origen eólico, no presenta estratificación, y da lugar a la formación de suelos loëssicos profundos.

El post-Pampiano se encuentra en la región, representado por el Lujanense y el Platense junto con la facies estuárica del primero o sea el Querandinense.

El Lujanense se presenta como arenas y arcillas de origen marino, que han quedado ambalsadas en los llanos interiores. La facies litoral, corresponde al Querandino y se ha originado por la ingresión de las aguas sobre la plataforma de abrasión que hemos llamado baja terraza. El Querandinense está formado por limos arcillosos y arcillas de origen regresivo, mientras que el Platense da origen a cordones litorales conchiles y arenosos que caracterizan a nuestro litoral estuárico atlántico.

GEOMORFOLOGIA

El sector estudiado se encuentra comprendido dentro de las

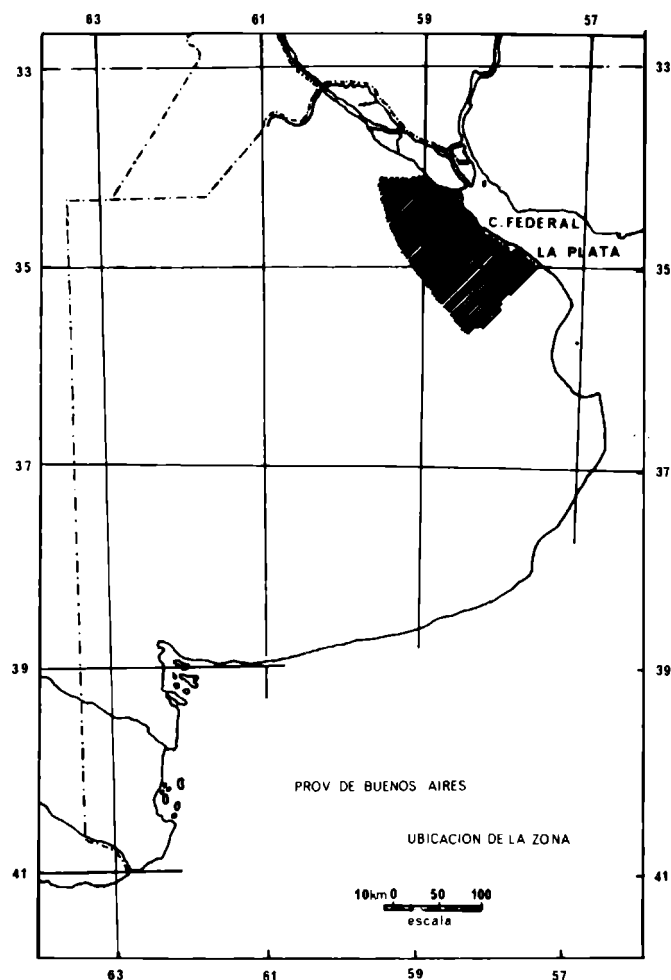


Fig. 1

regiones denominadas por Frengüelli, como pampa baja y pampa deprimida, debido a la influencia en superficie de los rasgos tectónicos profundos. La primera de ellas, corresponde a la faja costera subnegativa paranense estuárica, comprendida desde la costa hasta unos 40 km hacia el interior. Adosándose a continuación, aparece la pampa deprimida con un desarrollo en ancho similar al anterior en correspondencia con una faja negativa. Dentro de esta misma y coincidente con la ubicación de General Belgrano, se encuentra el área de máximo hundimiento de la Provincia.

La región se caracteriza por la presencia de suaves pendientes originadas en gran parte por las divisorias de aguas, sobre

todo la determinada por las dos cuencas más importantes: Paraná-Río de La Plata y Samborombón-Salado.

Desde el límite SE y hasta aproximadamente el Riachuelo al NW, la zona puede ser dividida en dos fajas subparalelas que corresponden a la denominada baja terraza, ubicada en el extremo oriental y la alta terraza en la parte meridional. La primera se extiende desde cero metros hasta los 5 metros de cota aproximadamente, y la segunda desde la mencionada altura hasta culminar en los 30 metros. A partir de aquí decrece hacia el SW en relación con la presencia de la cuenca del Salado.

La pampa baja, hacia el NW, se transforma en la pampa ondulada, caracterizada por suaves depresiones y lomadas que le confieren un aspecto típico a la región. En cambio hacia el extremo SE está influida por la presencia de albardones conchiles y arenosos formados como consecuencia de ingresiones marinas que modificaron la fisiografía original.

HIDROLOGIA

Aguas superficiales

La región se caracteriza por tener cursos de agua autóctonos, con la excepción de la cuenca paranense.

La red hidrográfica está integrada por algunos cursos principales como los ríos: Salado, Samborombón, Reconquista, Lujan y Matanza. Todos ellos componen una red con numerosos afluentes que afectan y han afectado una importante superficie de la Provincia. Estos ríos, así como el resto de la red que podríamos llamar secundaria, poseen caudales muy dispares a través del año que van desde el orden de los 400 hm³ por minuto, en creciente, hasta sólo transformarse en una pequeña corriente durante el estiaje..

Por otro lado existe una gran proporción de lagunas y espejos de agua, tales como el sistema de lagunas vinculadas con la zona depresiva ocupada por el curso del río Salado.

T A B L A I

Tipo	2	3	7	9	10	11	12	14	15	16	19	21	22	23	25	29	31
L L	45	37	47	31	36	46	50	27	48	62	41	75	105	57	50	57	86
I P	15	10	24	9	12	20	25	7	26	37	21	42	77	25	25	27	48
% pasa 200	95	86	89	81	90	94	92	85	94	94	86	95	97	96	92	94	98
Clasif.	A75	A4	A76	A4	A6	A76	A76	A4	A76	A76	A76	A75	A76	A75	A76	A75	A75
I. G.	13	8	16	8	9	13	16	8	17	20	13	20	20	19	16	19	20
VS	5	6	2,5	10	12	4	2,5	7	2	1,5	4	2	1,5	2	3	1,5	1,5

T A B L A II

Tipo	Horiz.	LL	IP	% Pasa tamiz 200	Clas.	I.G.	V.S.	Textura
2	A ₁	45	15	95	A ₇₋₅	13	5	Arc. Limosa
7	A ₁	47	24	89	A ₇₋₆	16	2,5	" "
3	A ₁	37	10	86	A ₄	8	6	Limo arcillosa

T A B L A III

Tipo	Horiz.	LL	IP	% Pasa tamiz 200	Clas.	I.G.	V.S.	Textura
9	C	31	9	81	A ₄	8	10	Limo-arcillosa
10	C	36	12	90	A ₆	9	12	" "
11	C	46	20	94	A ₇₋₆	13	4	Arcill.-limosa
12	C	50	25	92	A ₇₋₆	16	2,5	" "

Aguas subterráneas

Principalmente interesa en nuestro caso la presencia de la capa freática, por ser ella la que está vinculada con los procesos edáficos. La presencia de la misma es muy variable y está condicionada a numerosos factores que la controlan, merece citarse su caudal que resulta en los casos óptimos de 500 l/h con depresiones de 10 metros.

El censo realizado por el LEMIT permite establecer que la fluctuación de altura de la capa varía desde, 0,30 m para la zona de la baja terraza y depresiones interiores, hasta 14 metros de profundidad para las zonas de mayor altura absoluta.

MÉTODOS DE TRABAJO

El estudio comprendió el levantamiento en campaña de los perfiles adáficos, toma de muestras de cada horizonte, y censo de la capa freática. Paralelamente se efectuó relevamiento geológico que comprendió: geomorfología, estratigrafía y condiciones hidrográficas regionales. En laboratorio se realizaron las determinaciones I P, lavado sobre tamiz 200, clasificación y valor soporte. Además en los suelos tipos se determinó; intercambio de base, grupos de arcillas por análisis térmico diferencial y difracción de Rayos X. Por último se determinó la composición mineralógica de la fracción arena.

La escala topográfica usada como base fue de 1:50.000, utilizándose la cartografía del I.G.M., Catastro y Vialidad de la Pcia. de Buenos Aires. Los datos finales fueron volcados en escala de 1:250.000.

PERFILES

Se levantaron 40 perfiles que, dispuestos en forma de trama,

dieron los resultados básicos, habiéndose completado la información, cuando así resultó necesario, con observaciones singulares.

Se tomaron alrededor de 200 muestras que luego quedaron reducidas a 120 sobre las cuales se hicieron las determinaciones precedentemente mencionadas. A este número de muestras deben agregarse los resultados de otro tanto de ellas que existían archivadas en el LEMIT.

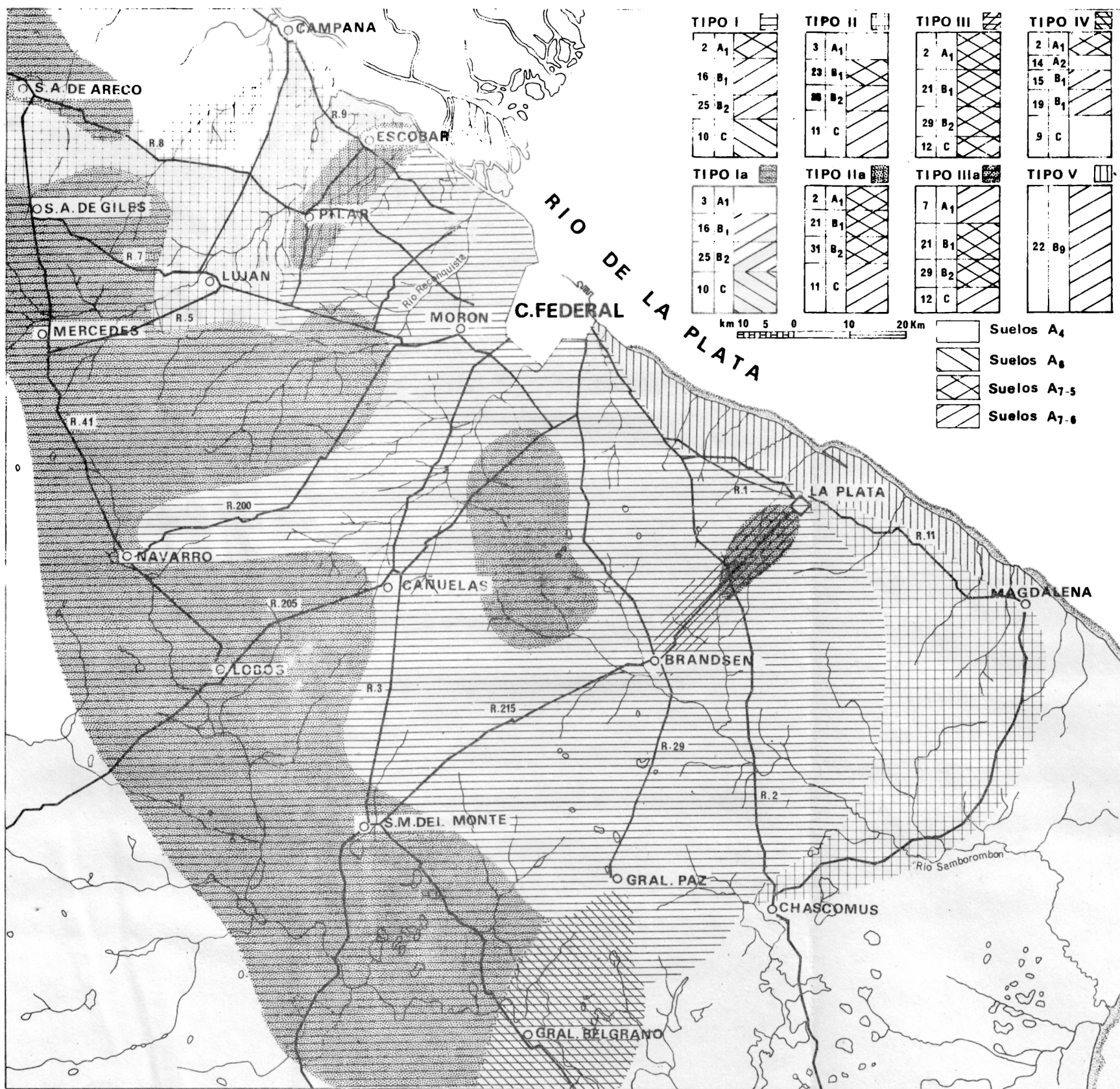
MINERALOGIA DE LOS SUELOS

Se ha estimado un dato importante el establecer la composición mineralógica de los suelos tipos, tanto en la fracción inerte como en la activa.

La fracción arena de todos ellos mantienen casi constante su composición, y puede decirse que predominan ampliamente los feldspatos calcosódicos sobre el resto de los componentes. Luego en orden decreciente de importancia siguen el vidrio volcánico, cuarzo, ortosa y restos líticos pertenecientes a vulcanitas. Entre los minerales de mayor peso específico predominan los anfíboles y los piroxenos junto con los opacos representados por magnetita y hematita. En orden sólo accesorio se encuentran clastos de zircón, muscovita, epidoto, granate y turmalina. Esta mineralogía permite establecer que las rocas madres de estos suelos resultan alóctonas.

La fracción fina (limo-arcilla) fue estudiada por los métodos de difracción de Rayos X y análisis térmico diferencial. Los resultados obtenidos, permiten establecer que el horizonte C en la región que nos ocupa se encuentra predominantemente compuesto por illita en mezcla e interestratificada con montmorillonita lo mismo que el horizonte B₁. El A₁ se lo halla compuesto por illita y pequeñas proporciones de caolinita.

En cuanto al valor T determinado también sobre los suelos tipos, se ha establecido que los valores de intercambio para el horizonte C varían entre 16,8 a 31,8 M.E. %. Los horizontes B₁ también poseen valores altos que oscilan alrededor de 33,5 M.E. % y



los A_1 entre 21,2 y 23,0 M.E. %.

CONCLUSIONES

El análisis del total de los perfiles edafológicos, nos ha permitido sintetizar los grandes grupos edáficos que predominan en la región, tal como puede observarse en el mapa. De esta manera hemos obtenido ocho perfiles tipos que configuran el carácter de zonalidad intrínseca, todo ello por supuesto, condicionado a las restricciones impuestas por la escala utilizada, y que como se ha mencionado, ha sido seleccionada con vistas al logro de una primera carta edafológica-vial en un tiempo prudencialmente corto.

En el mapa puede observarse que las mencionadas unidades de suelos mantienen una estrecha relación con la geomorfología y geología regional. Así vemos que la mayor parte del área se halla integrada por suelos con horizontes C del tipo denominado 10 con horizontes A_1 de tipo 2 y 3 (ver tabla I), y vinculados especialmente con los pisos Ensenadense y Bonaerense cuyas características se han mencionado precedentemente y en los lugares donde el Pampiano no se halla muy modificado, con la excepción del área que aparece dentro de esta zona con horizonte C de tipo levemente diferente y con A_1 de tipo 2 y 7.

Luego tenemos una parte situada en el SW donde el C es de tipo 9 y marca el comienzo de una zona con caracteres morfológicos distintos, coincidente con la depresión de Gral. Belgrano y la gran cubeta por donde se desplaza el sistema del Salado.

Por último nos queda un perfil donde predomina un potente horizonte B correspondiente al tipo 22, cuyo espesor varía de acuerdo con los accidentes paleogeomorfológicos de la plataforma de abrasión donde este suelo se ha sedimentado, estando vinculado a la baja terraza y la ingresión Querandinense.

Los caracteres definitorios de los horizontes B pueden observarse en la tabla I en la cual se los consigna, así como en los perfiles tipo.

En cuanto a las condiciones técnicas de las grandes unidades edáficas que integran la región, se concluye en base a los perfiles característicos, que se pueden identificar, tomando por separado el primer y tercer horizonte tres suelos tipos del primero y cuatro del tercero.

Los tres suelos tipos del horizonte A, corresponden todos a suelos de textura fina, arcillo-limosos dos de ellos y limo arcilloso el restante, cuyas características físicas y mecánicas lo sindicaron como subrasante de mediana a baja calidad.

En la tabla II se resumen sus características fundamentales.

Los cuatro suelos característicos del horizonte C, son de textura fina, arcillo-limosos o limo-arcillosos, de mediana a baja capacidad portante asimilables dos de ellos, en el perfil existente de un pavimento, a subrasantes relativamente pobres y en los otros dos casos se les podría incluir en la categoría de suelos seleccionados, si es que no se los juzga con rigurosidad, sin alcanzar por sí solos a reunir las condiciones mínimas de soporte para ser utilizados como sub-base.

Las características de dichos suelos se indican en la tabla III.

Bastida R.

U.D.C. 591.5

MARINE FOULING ALONG ARGENTINE COASTS. MONTHLY SETTLEMENT IN MAR DEL PLATA HARBOUR DURING THREE YEARS

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 1/55 (Serie II, n° 168)

Analysis of organisms settlement results on short term panels at Mar del Plata' Port during three consecutive years (1966-69), are described as a research program on fouling and marine paints along Argentine's coasts.

The results of main environment characteristics of the area with settlement graphs of principal fouling species are included.

Settled communities development degree on short term panels immersed monthly along the year were analyzed trying to graduate these development stages and find their relationship with environmental characteristics.

Close correlation between fouling development degree and sea water temperature was observed.

Rascio V. and J. J. Caprari

U.D.C. 667.6:620.197

ANTICORROSION PAINTS FOR THE PROTECTION OF SHIPS' BOTTOMS. III. INFLUENCE OF THE STEEL PRETREATMENT AND THE PAINT SYSTEM EMPLOYED

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 57/91 (Serie II, n° 169).

New experiences with anticorrosion marine paint systems, performed during the period 1968/69 in Mar del Plata's port, are described.

The results obtained with oleoresinous paints applied on steel sand blasted panels, have demonstrated that the paint system (number of coats) and the pretreatment of the steel (employ of a vinyl wash-primer) are the most important variables to be considered. The thickness to be used in this type of paints was estimated between 150 to 180 microns.

With vinyl paints, three coats of anticorrosion primer, and three of the boot topping paint (100 microns system) is very efficient to protect the steels plates in raft's trials. In the underwater zone, two coats of antifouling paints are employed to complete the protective coating.

LAS INCRUSTACIONES BIOLÓGICAS EN LAS COSTAS ARGENTINAS. LA FIJACION MENSUAL EN EL PUERTO DE MAR DEL PLATA DURANTE TRES AÑOS CONSECUTIVOS

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 1/55 (Serie II, nº 168).

Como parte del plan de investigaciones sobre incrustaciones biológicas y pinturas marinas en las costas argentinas, se han analizado los resultados de la fijación sobre paneles mensuales en el puerto de Mar del Plata a lo largo de tres años consecutivos (1966/69). Se incluyen los resultados de las principales características ambientales del área y los gráficos de fijación de las especies más importantes de la comunidad incrustante.

A su vez se estudia el estado de desarrollo de las comunidades adheridas sobre los paneles mensuales, sumergidos por períodos de treinta días a lo largo del año. Se propone una escala para clasificar los mismos y se busca determinar las relaciones de los diversos estados de desarrollo con las características ambientales del área. Se han detectado vinculaciones muy estrechas entre la temperatura del agua y el grado de desarrollo del fouling.

Rascio V. y J. J. Caprari

C.D.U. 667.6:620.197

PINTURAS ANTICORROSIVAS PARA LA PROTECCION DE CARENAS DE BARCOS. III. INFLUENCIA DEL PRETRATAMIENTO DEL ACERO Y DEL ESQUEMA DE PINTADO UTILIZADO

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 57/91 (Serie II, nº 169).

En este trabajo se presentan experiencias con sistemas anticorrosivos marinos efectuadas durante el período 1968/69 en la balsa de Mar del Plata.

Los resultados obtenidos con pinturas oleoresinosas aplicadas sobre paneles arenados, demostraron que el esquema utilizado (número de manos) y el pretratamiento del acero (empleo de wash primer vinílico) son las variables más importantes a considerar. Se estima entre 150 y 180 micrones el espesor mínimo a aplicar.

Con pinturas vinílicas, tres manos de fondo anticorrosivo y tres de pintura de línea de flotación (100 micrones) resultan eficaces para la protección de las placas de acero. En la zona sumergida dos manos de pintura antifouling completan los esquemas ensayados.

THE MANUFACTURING CONDITIONS AND QUALITY CONTROL OF CONCRETE. INFLUENCE ON THE RECENT COLLAPSES OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES.

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 93/104 (Serie II, n° 170).

Some of the main probable causes of recent collapses of reinforced concrete building structures are analyzed. Inferior concrete quality being one of them. It is pointed out that no matter how perfect the structure design is and how careful and refined the calculations are, if concrete has not the quality and strength assumed by the designer, all the refinements will be useless and lacking of practical sense and interest.

As in this country, generally, and specially in the field of private concrete structures, concrete is not subject to quality control during the construction period, the importance of making tests is emphasized as the only possible mean to know and foresee concrete quality with time enough to adopt measures that will allow to obtain the assumed quality and with it the stability and structural safety.

Recommended practices to be adopted in order to avoid the repetition of concrete structure failures are described.

Pinilla A., J. O. Agnusdei and P. Frezzini

U.D.C. 625.75

CATIONIC EMULSIFIED ASPHALTS. THE INFLUENCE OF SOME FACTORES ON THE RATE OF SETTING.

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 105/142 (Serie II, n° 171).

In the first part of this paper the objective is to obtain information about the more adequate laboratory method for to measure the rate of setting in cationic emulsified asphalts, in the three types: rapid, medium and slow setting. The purpose is to standarize this method of test in our country.

In the second part a report is given with the results obtained when the influence of the temperature against rate of setting is investigated with two types of cationic emulsified asphalts. One of them is a rapid setting type like one employed in surface dressing and the other is a slow setting used in slurry seal mixes.

Fava A.S.C.

C.D.U. 666.97:658.562

LAS CONDICIONES DE ELABORACION Y EL CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGON DE OBRA. SU RELACION CON LOS RECIENTES COLAPSOS DE ESTRUCTURAS.

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 93/104 (Serie II, n° 170).

Se analizan algunas de las causas principales a las que pueden atribuirse los recientes colapsos de estructuras, destacándose que por inteligente que sea un proyecto y por elaborados y cuidadosos que sean los cálculos, si el hormigón de obra no reúne las características ni la calidad previstas por el proyectista, todos los refinamientos de cálculo carecerán totalmente de sentido y de interés práctico.

Como en nuestro medio y en el ámbito de las obras de carácter privado, prácticamente no se realizan ensayos para controlar la calidad del hormigón durante el período de construcción de las estructuras, se hace notar la importancia de dichos ensayos como único medio para conocer y prever la calidad de aquél con tiempo suficiente como para adoptar las medidas necesarias que aseguren la calidad deseada y con ello la estabilidad, durabilidad y seguridad de dichas estructuras. Se resumen las recomendaciones tendientes a evitar la repetición de los hechos producidos.

Pinilla A., J. O. Agnusdei y P. Frezzini

C.D.U. 625.75

ESTUDIO DE ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE ROTURA DE EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS.

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 105/142 (Serie II, n° 171).

El propósito de este trabajo en su primera parte, es obtener información sobre el método de laboratorio más adecuado para medir la velocidad de rotura de las emulsiones asfálticas catiónicas en sus diferentes tipos: de rotura rápida, media y lenta, con el objeto de normalizar en nuestro país dicho ensayo.

En la segunda parte se informan los resultados obtenidos al examinar la influencia de la temperatura en la velocidad de rotura de dos clases de emulsión catiónica: una de rotura rápida del tipo de las empleadas en tratamientos superficiales y otra de rotura lenta empleada en mezclas finas graduadas del tipo lechada asfáltica (slurry seal), bajo diversas condiciones de mezclado y con distintos agregados.

Mauriño V. E. and L. M. Fossa

U.D.C. 631.4 (822)

HIGHWAY GEOEDAFOLOGICAL CHART OF THE PROVINCE OF BUENOS AIRES, 1st. PART.

LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 143/156 (Serie II, n° 172).

The object of this paper is to acknowledge about the nature of sub-grade of the Province of Buenos Aires, through the sistematic investigation of the physical, mechanical and mineralogical properties of the typical soils. These are types of soils which represent the regional variations derived from the genesis over some special geologic formations.

The distribution of these types of soils has allowed the construction of a map of the region delimited by the Paraná - Río de La Plata basin between Campana and Magdalena at NE, and a line through San Antonio de Areco, Mercedes, Navarro and General Belgrano at SW. At NW by the line Campana, San Antonio de Areco and at SE by Magdalena - General Belgrano.

MAPA GEOEDAFOLÓGICO VIAL DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, 1º PARTE
LEMIT (La Plata, Argentina), 4-1970, 143/156 (Serie II, nº 172).

Este estudio tiene por finalidad el conocimiento integral de las rasantes naturales que cubren la Provincia de Buenos Aires, mediante la investigación sistemática de las características físicas, mecánicas y mineralógicas de los suelos que se determinan como "tipo", estableciéndose con tales, a aquellos que regionalmente representan las propiedades técnicas derivadas de su génesis sobre determinadas formaciones geológicas.

Sobre la base de la distribución de estos suelos tipo se ha construido el mapa correspondiente a esta primera etapa, que comprende como límite NE la costa Paraná-Río de La Plata, de Campana a Magdalena y una línea que une los pueblos de San Antonio de Areco, Mercedes, Navarro y General Belgrano, como límite SO. Los correspondientes al NO y SE están dados por las líneas San Antonio de Areco - Campana y Magdalena - General Belgrano respectivamente.

Este ejemplar se terminó de
imprimir en los Talleres Grá-
ficos del M. O. P., el día 23
de noviembre de 1970

Se permite la publicación parcial o total de estos trabajos
siempre que se deje constancia de la fuente de origen