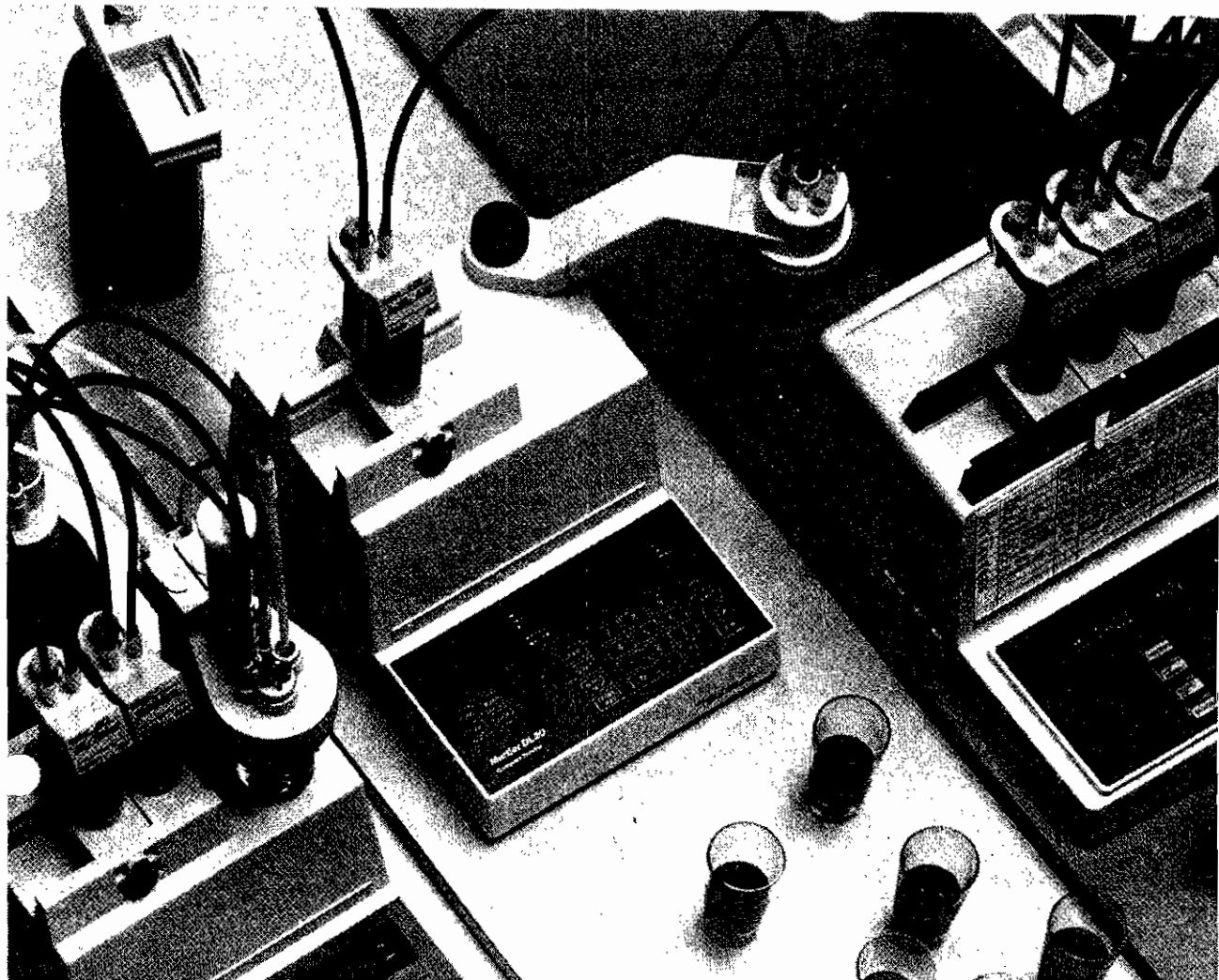


cidepint

ISSN - 0325 - 4186



CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO
EN TECNOLOGIA DE PINTURAS
CIC - CONICET

ANALES 2/1986

ESTUDIOS ECOLOGICOS SOBRE LAS COMUNIDADES INCRUSTANTES
DE LA TOMA DE AGUA DE LA CENTRAL ELECTRICA NECOCHEA,
(PUERTO QUEQUEN, ARGENTINA), PERIODO 1981-82*

G. BRANKEVICH**, J. L. FLAMINIO*** Y R. BASTIDA****

- * Trabajo realizado por Convenio con el INIDEP (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero).
- ** Dirección de la Energía de la Prov. de Buenos Aires (DEBA).
- *** Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNMDP).
- **** INIDEP y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

SUMMARY*

The present paper aims at laying ecological and biological basis for the effective implementing of antifouling controls at the Necochea Power Station (Buenos Aires Province, Argentina).

This study was carried out from February 1981 to January 1982. Tests were performed at the power station water intake.

A diversity index was applied to obtain a representation of the annual fluctuation of fouling in the area, micro and macrofouling being considered independently. Calculated diversity values were correlated with mean monthly water temperature.

Sample affinity was analyzed, micro and macrofouling being treated separately in order to determine their degree of interaction regarding community behaviour.

The sample mussel population found in different sections of the cooling system was studied because of practical reasons.

Settlement cycles of the main fouling species were graphed and the ecological succession of the community was examined.

* Brankevich, G., Flaminio, J. L. y Bastida R.- Ecological studies of fouling communities on water intake of Necochea Central Power Station (Puerto Quequén, Argentina), perid 1981/82. CIDEPIINT-Anales, 41 (2-1986).

INTRODUCCION

El presente trabajo constituye una nueva contribución al conocimiento de las comunidades incrustantes de Puerto Quequén, sobre las cuales se viene investigando en forma ininterrumpida desde 1977. Estos estudios tienen como principal finalidad sentar las bases biológicas y ecológicas que permitan una efectiva aplicación de sistemas de control antifouling en la Central Termoeléctrica emplazada en la zona.

En esta oportunidad el estudio abarcó el período comprendido entre los meses de febrero de 1981 y enero de 1982, llevándose a cabo los ensayos en el sector Toma de Agua de la Central.

Por primera vez se aplicaron índices de diversidad para obtener un panorama de su fluctuación anual en el fouling de la zona, considerando en forma independiente el micro y macrofouling. Complementariamente, los valores calculados de diversidad fueron analizados en correlación con la temperatura media mensual del agua.

En forma similar a lo realizado en ensayos previos ⁽¹⁾ se efectuó un análisis de afinidad entre las muestras obtenidas, tratando también por separado el micro y macrofouling, a los efectos de determinar las interacciones de ambos en el comportamiento general de la comunidad.

Debido a la importancia que los mitflidos encierran desde el punto de vista práctico, se efectuó un análisis poblacional de las muestras obtenidas en distintos sectores del sistema de refrigeración.

Los ciclos de fijación de las principales especies del fouling fueron graficados como en estudios anteriores, a la vez que la comunidad fue analizada en su sucesión ecológica.

AREA DE ESTUDIO

Como se ha detallado en estudios anteriores ^(2, 3), el área está caracterizada por condiciones hidrológicas peculiares debido a la influencia recíproca que se establece entre la masa de agua de origen marino y los aportes fluviales. Esta característica típicamente estuarial, condiciona marcadas variaciones tanto diarias como estacionales en los factores ambientales, principalmente en lo que respecta a la salinidad del agua.

Por tratarse de una zona templada, las variaciones térmicas a lo largo del año son muy amplias resultando los valores registrados similares a los de estudios previos (1, 3). La curva de temperatura media del agua (Fig. 1) presentó una variación anual de aproximadamente 10°C; el valor máximo absoluto se registró en febrero, con 22°C, mientras que el mínimo absoluto fue de 8,8°C, en julio. La amplitud térmica máxima para un mismo mes fue de 4°C y se registró en los meses de junio y diciembre.

Las marcadas variaciones observadas en la curva de salinidad (Fig. 2) responden a lo ya señalado para este ambiente. Los valores medios han oscilado entre 9,2 ‰ y 21 ‰, coincidiendo en forma general con lo observado en los estudios anteriores ya citados.

Los valores de pH se han mantenido por encima de 8 a lo largo de todo el año, indicando la ausencia de procesos importantes de contaminación por materia orgánica.

METODOLOGIA

La metodología de muestreo empleada en el presente trabajo fue básicamente igual a la utilizada anteriormente, pero la ubicación de los paneles testigo se restringió a la zona externa (Toma de Agua), donde se llevaron a cabo muestreos mensuales y acumulativos.

El análisis del material obtenido en cada uno de los meses estudiados, fue procesado independientemente, según perteneciera al macro o microfouling.

En el primero de los casos se procedió a la identificación, separación y recuento de la totalidad de los individuos pertenecientes a los distintos grupos registrados. En los casos donde la operación de recuento exigía una técnica demasiado engorrosa, ya sea por tratarse de organismos coloniales o por haber sufrido deterioro en sus estructuras que impedian la correcta individualización, se recurrió a la aplicación de una escala de abundancia relativa que incluye cuatro categorías (abundante, frecuente, escaso y raro). A su vez los valores numéricos de abundancia fueron transformados a la escala relativa, para poder realizar las comparaciones respectivas. Una vez separados los organismos pertenecientes al macrofouling, el material restante se utilizó para la identificación y recuento de las especies pertenecientes al microfouling. Para tal fin, primeramente se igualaron los volúmenes de las distintas muestras, llevándolos a 200 ml y por medio de agitación mecánica se logró la homogeneización del contenido de los mismos. Bajo estas condiciones se pipeteó una gota de 0,03 ml del material a estudiar, con la cual se realizó el preparado.

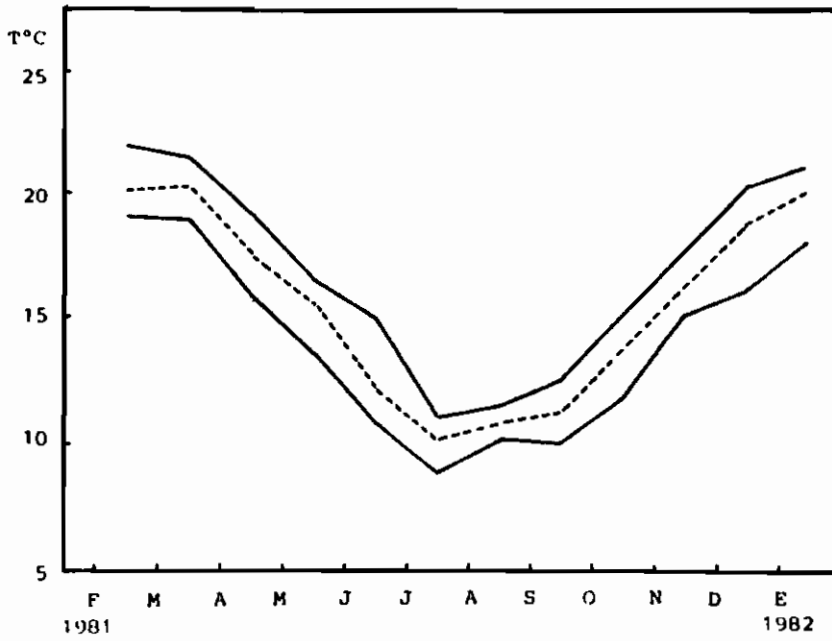


Fig. 1.- Temperatura máxima, media y mínima del agua

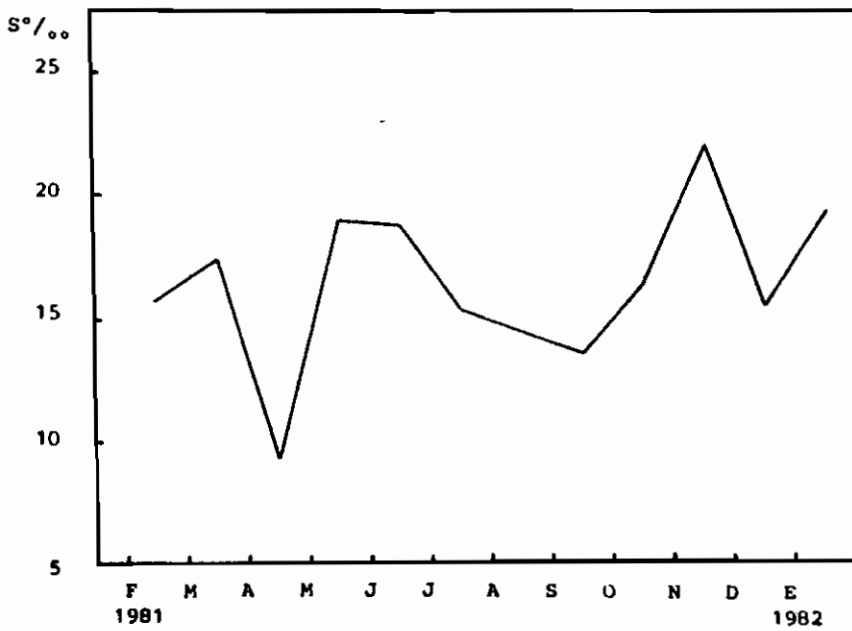


Fig. 2.- Salinidad máxima, media y mínima

Para cada muestra se montaron cuatro preparados, dos de los cuales fueron utilizados para la observación previa de la abundancia relativa de cada especie en la muestra y en los dos restantes se efectuaron recuentos sobre diez campos distribuidos al azar sobre cada cubreobjetos de 22 x 22 mm, totalizando veinte campos por cada panel. El aumento fue de 400 X.

Al igual que lo aplicado en el tratamiento de las muestras de macrofouling, los organismos coloniales del microfouling fueron relevados únicamente en base a la escala de abundancia relativa. Los copépodos, incluidos dentro del microfouling, han presentado una gran diversidad en la zona, razón por la cual su evaluación ha sido realizada en conjunto, aplicando la escala de abundancia relativa.

En base a las especies componentes del micro y macrofouling y al número de individuos registrados en cada una de las muestras se calcularon los valores de diversidad (H'), empleando para tal fin el índice de Shannon Weaver (⁴, ⁵). A su vez se llevó a cabo el análisis de la correlación entre la temperatura media mensual del agua y la diversidad calculada en el micro y macrofouling en forma independiente, por medio del coeficiente de correlación por rangos de Kendall, τ (⁶).

El grado de afinidad entre las muestras fue analizado en base a métodos cuali y cuantitativos. Para ello se aplicó el coeficiente de comunidad (CC) de Jaccard (⁵, ⁷) y el índice de Czekanowski (⁷) respectivamente, confeccionando con los valores obtenidos diagramas de "trellis" (⁵) y dendrogramas (⁸) para cada uno de los grupos analizados.

Dada la importancia que revistió la colonización de mitílidos durante el ciclo estudiado, se realizó un análisis poblacional sobre el sistema acumulativo a catorce meses, en los dos últimos niveles de profundidad. Dicho análisis consistió en la separación de ambas especies presentes, recuento y medición de la longitud total de cada individuo, realizando posteriormente histogramas con los valores registrados.

Paralelamente a la extracción de los paneles acumulativos a catorce meses, se pudieron obtener muestras de uno de los canales de refrigeración de la Central, coincidiendo el período de funcionamiento del mismo con la permanencia del sistema acumulativo en la zona.

La razón expuesta precedentemente permitió llevar a cabo la comparación entre las distintas muestras de mitílidos desarrolladas sobre los paneles acumulativos y dentro del canal señalado. Para ello se aplicó en un primer momento el Test de Bartlett (⁶), lo que permitió conocer el grado de homogeneidad; luego se llevó a cabo el Análisis de Varianza en los casos donde fue posible, aplicando el Test de Muestras Heterogéneas en los restantes.

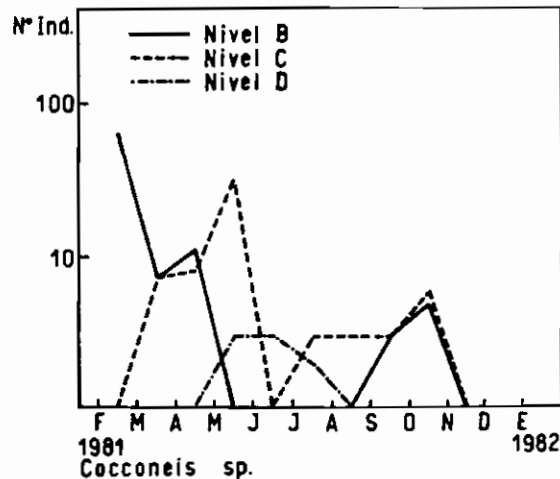
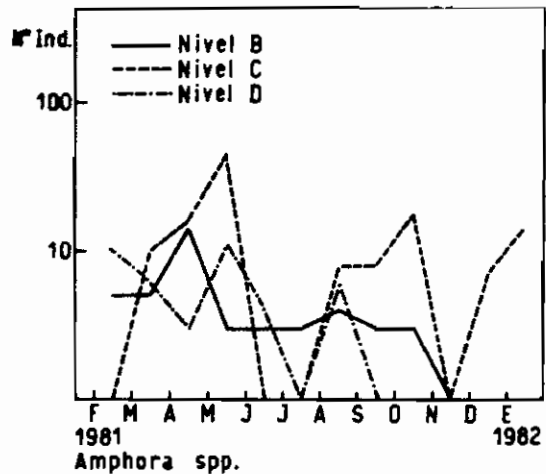
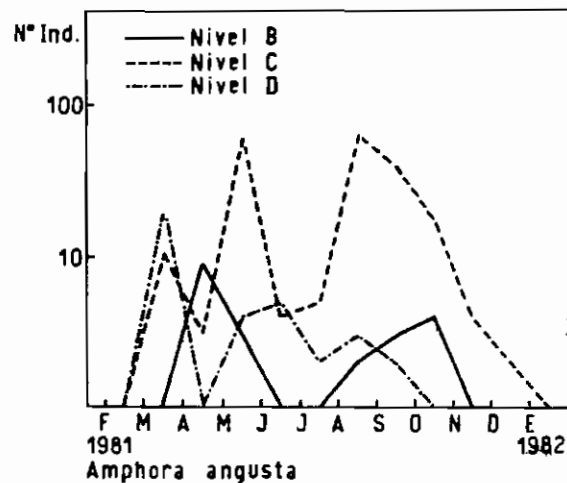
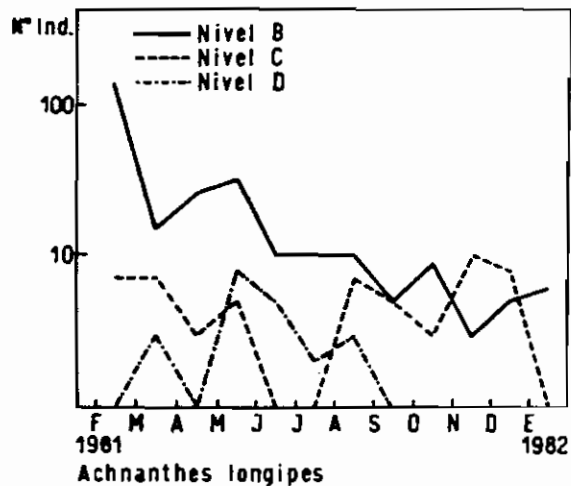


Fig. 3.- Número total de individuos en 20 campos tomados al azar sobre dos preparados

CICLOS DE FIJACION SOBRE PANELES MENSUALES

En base al análisis de los sustratos de renovación mensual ha sido posible determinar los ciclos de fijación de las principales especies incrustantes. En esta oportunidad, y como complemento de los datos de frecuencia relativa (Fig. 6 y 9), se llevó a cabo el censo directo de los individuos pertenecientes a los distintos grupos taxonómicos registrados, permitiendo esto conocer con mayor exactitud las fluctuaciones anuales de las especies observadas.

La graficación de los datos obtenidos por recuento directo se realizó en base a una escala logarítmica, sumando 1 al dato numérico (n), para salvar la indefinición matemática del valor cero (0). Por consiguiente cada punto representado corresponde a la función $n + 1$. De esta manera, en los meses en que no fue registrado ningún ejemplar, se graficó el número de individuos mediante el valor 1.

Los tres niveles de profundidad en que se ubicaron los paneles se denominaron B, C y D, siendo el primero el más superficial y el último el más profundo.

Al igual que en estudios anteriores (1, 3, 9), la división de microfouling y macrofouling adoptada no es homóloga a la división tradicional del bentos de comunidades naturales, considerando dentro del microfouling a los organismos comprendidos desde bacterias (no contempladas en este estudio) hasta estadios larvales de invertebrados y copépodos, mientras que en el macrofouling queda comprendido el resto de los organismos presentes en la comunidad.

A continuación se describen las especies que han presentado un ciclo de fijación factible de ser graficado. Otras especies que han aparecido en forma esporádica se incluyen en la lista respectiva (Tabla IV), pero no se han realizado comentarios sobre las mismas.

MICROFOULING

Achnanthes longipes (Fig. 3 y 6)

El ciclo de fijación de esta especie ha abarcado la totalidad del año de estudio, evidenciando clara estratificación batimétrica. La mayor frecuencia se registró en los niveles superiores, particularmente en el B.

La comparación del presente ciclo con los registros de ante-

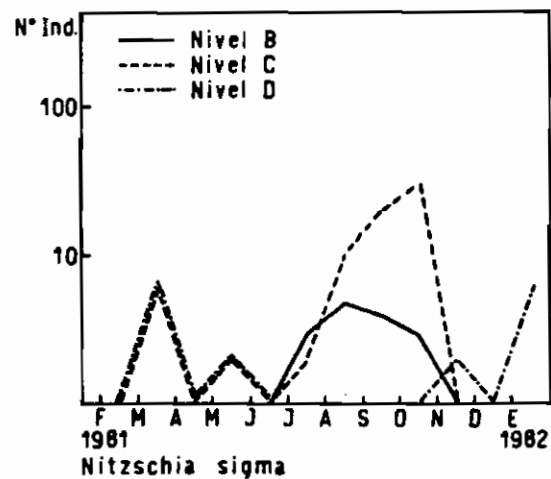
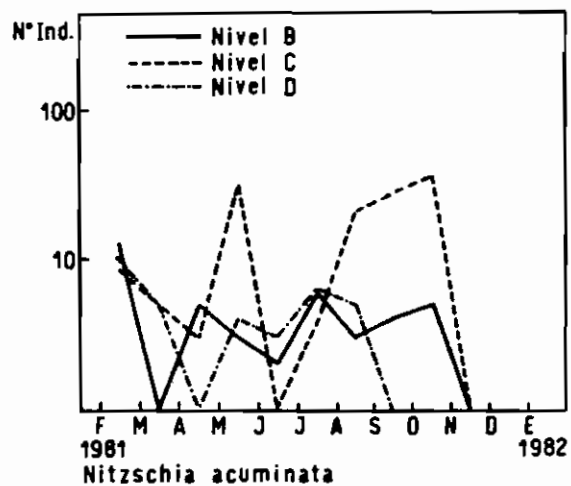
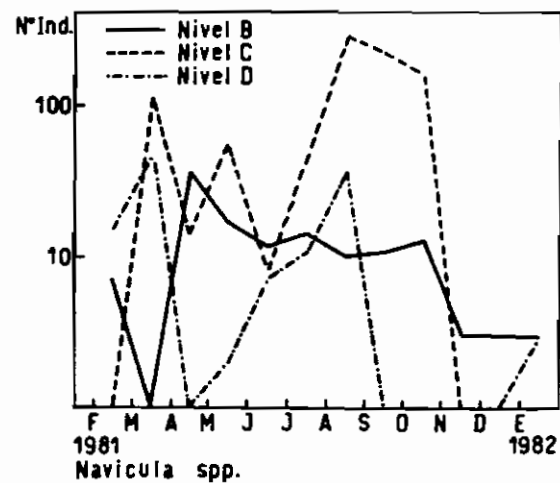
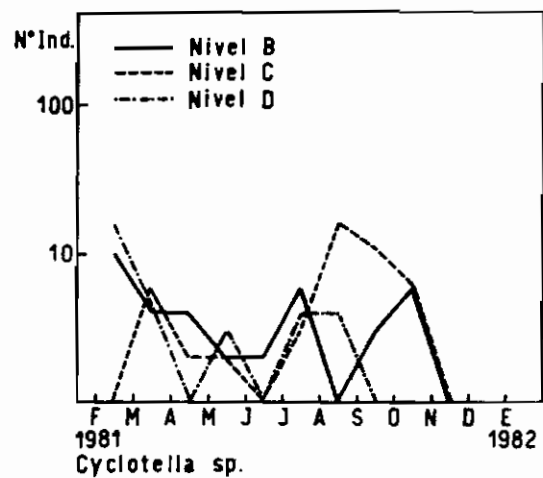


Fig. 4.- Número total de individuos en 20 campos tomados al azar sobre dos preparados

riosos estudios permitió establecer una gran similitud entre ellos, correspondiendo en todos los casos al mes de febrero la mayor colonización de esta diatomea en la zona.

Amphora angusta (Fig. 3 y 6)

Esta diatomea fue registrada por primera vez desde que se iniciaron los estudios en P. Quequén; es una especie litoral marina, que se encuentra principalmente en mares templados y fríos (10).

La colonización de los distintos niveles de profundidad por esta especie presentó una clara preferencia por el intermedio (C), siendo las épocas de mayor colonización las correspondientes a fines del otoño y principio de la primavera. En los niveles B y D esta especie estuvo presente preferentemente en otoño, pero sin llegar a tener la importancia observada en el nivel mencionado previamente.

Amphora spp. (Fig. 3 y 6)

A diferencia de lo observado en estudios previos (1, 3), durante el presente período se registró este género en forma significativa a través de varias especies no definidas hasta el momento.

Las diatomeas de este género han colonizado los paneles a lo largo de todo el año, con excepción del mes de noviembre, siendo rara su presencia en junio y julio. Al igual que lo observado con *Amphora angusta*, la mayor colonización se presentó en el nivel C, con máxima fijación en otoño.

Cocconeis sp. (Fig. 3 y 6)

Durante el presente estudio, este género ha sido registrado a lo largo de casi todo el año, correspondiendo al primer cuatrimestre las máximas frecuencias. La preferencia de estas diatomeas por los niveles superiores, apreciada en estudios anteriores, se ha confirmado en el presente, ya que la mayor concentración de individuos se observa en los paneles B y C.

Cyclotella sp. (Fig. 4 y 6)

Este género había sido citado para la zona, pero sin haber presentado una frecuencia significativa sobre los sustratos experimentales.

En el presente estudio, esta diatomea ha colonizado preferentemente los niveles superiores, observándose una mayor abundancia en su número durante el fin del verano, invierno y primavera.

Melosira sulcata (Fig. 6)

En el presente período esta especie se registró en forma esporádica y en bajas densidades, sin llegar a configurar un ciclo de colonización definido. Esta característica confirma lo observado en anteriores estudios, donde tampoco presentó un claro período de fijación. La preferencia por algún nivel en particular no se ha

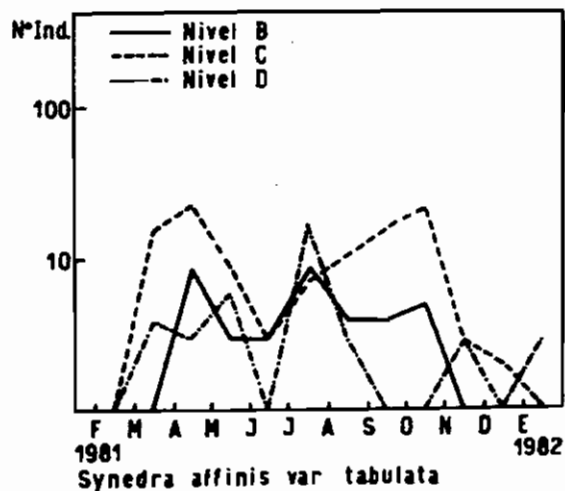
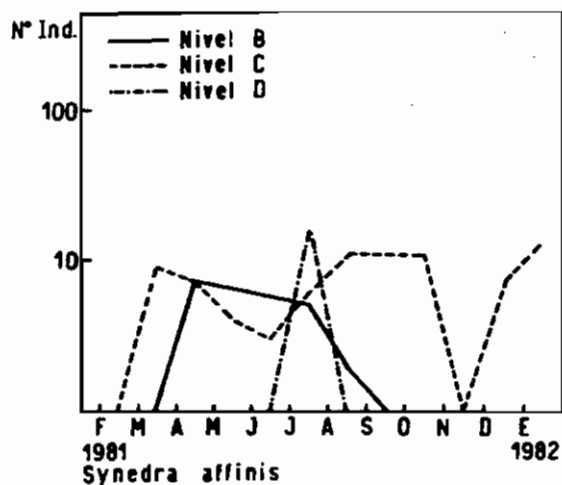
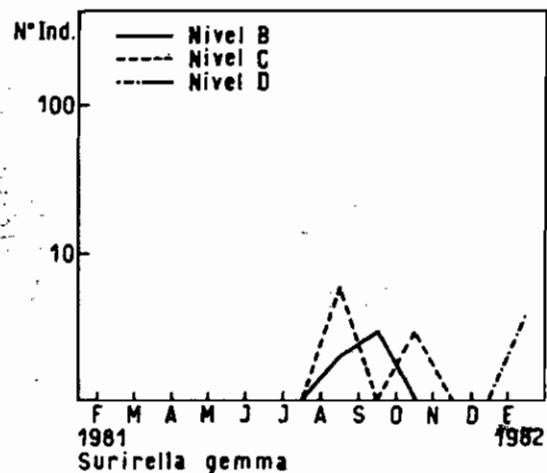
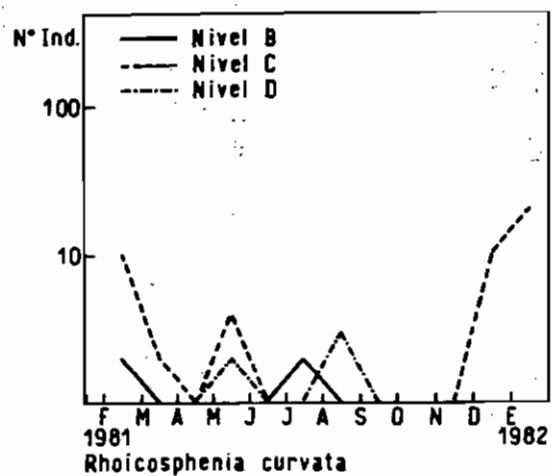


Fig. 5.- Número total de individuos en 20 campos tomados al azar sobre dos preparados

observado, registrándose en proporciones similares en todos ellos.

Melosira spp. (Fig. 6)

Además de la especie citada precedentemente, existen por lo menos dos más del género *Melosira* aún no definidas. La presencia de las mismas sobre los sustratos artificiales abarcó la totalidad del año de estudios, en coincidencia con los registros previos obtenidos en la zona. El período de mayor fijación se extendió de agosto a febrero, con clara preferencia por el nivel C.

Navicula spp. (Fig. 4 y 6)

Este género ha sido nuevamente uno de los mejores representados dentro del grupo de las diatomeas. Su presencia sobre los sustratos experimentales se ha extendido a lo largo de todo el período del ensayo. El nivel C fue el de mayor colonización, abarcando ésta desde marzo hasta octubre. El nivel B presentó un ciclo similar, pero con menor número de individuos, y una disminución aún mayor se observó en el D. Esta zonación vertical ya había sido observada anteriormente.

Nitzschia acuminata (Fig. 4 y 6)

Esta especie, típica de aguas dulces y salobres (10) es citada por primera vez como integrante de las comunidades incrustantes de P. Quequén. En este período esta diatomea fue registrada a lo largo de todo el año, con excepción del trimestre noviembre-enero. El nivel C fue el de mayor colonización, especialmente en mayo y en el período agosto-octubre.

Nitzschia sigma (Fig. 4 y 6)

Como en estudios anteriores esta especie estuvo representada en los sustratos artificiales con un ciclo de fijación irregular. El período agosto-octubre fue el de mayor colonización, principalmente en el nivel C. Durante el resto del año se registró en forma ocasional y en bajas densidades. Comparando con ciclos previos, hay coincidencia en las épocas de mayor fijación, con una preferencia por los niveles más iluminados.

Rhoicosphenia curvata (Fig. 5 y 6)

La colonización por parte de esta especie fue significativa en el período diciembre-febrero y en el nivel C. De la comparación con ciclos anteriores surge coincidencia con el período 1977/78, no resultando similar al registrado durante 1978/79.

Surirella gemma (Fig. 5 y 6)

Este género fue citado en anteriores estudios tanto en los sustratos artificiales como en las muestras de plancton. En la presente etapa se identificó la especie *S. gemma*, que presentó un breve ciclo de fijación, sin que el número de individuos registrado fuera altamente significativo. La mayor abundancia se observó en agosto, nivel C.

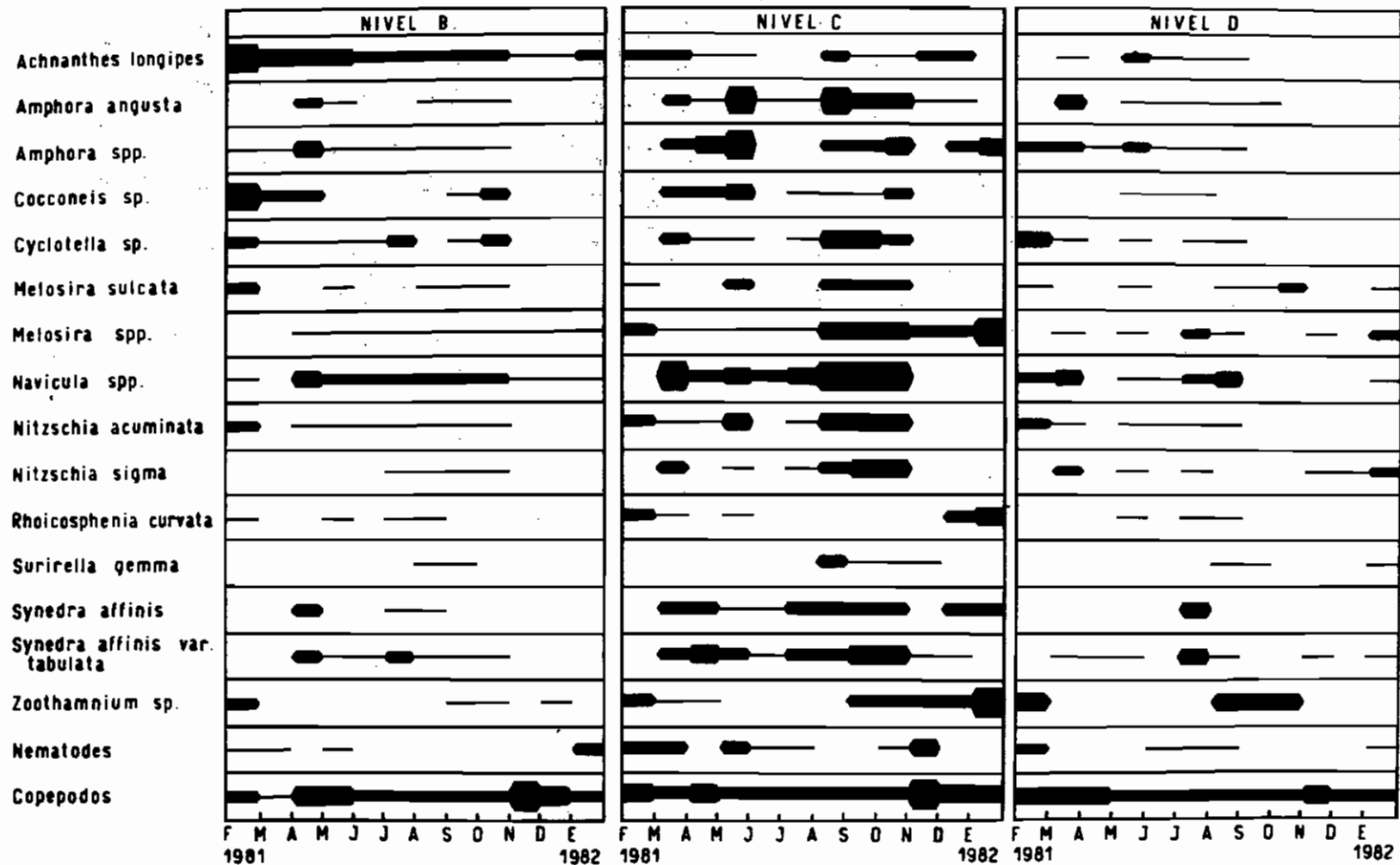


Fig. 6.- Ciclos de fijación

Synedra affinis (Fig. 5 y 6)

Si bien este género fue citado anteriormente, no se había llevado a cabo hasta el presente su determinación a nivel específico. Esta diatomea es una especie característica de aguas marinas y salobres, observándose la también en estado subfósil en los sedimentos del área abarcada por el antiguo ensanche del estuario del Río de la Plata, como así también en los sedimentos del platense del curso inferior de los arroyos de la provincia de Buenos Aires que desembocan en el Atlántico (11).

La colonización durante el presente estudio se produjo preferentemente en el nivel C, presentando tres períodos principales de fijación: marzo-abril, julio-octubre y diciembre-enero. Su abundancia a lo largo de este año no llegó a ser significativa, no superando el rango de escaso en la escala de frecuencia relativa.

Synedra affinis var. *tabulata* (Fig. 5 y 6)

Al igual que lo ocurrido con la especie anterior, esta diatomea ha sido clasificada por primera vez dentro de las incrustaciones biológicas de Puerto Quequén. Su ciclo de fijación abarca casi todo el año de estudio, con dos períodos de mayor colonización (marzo-mayo y julio-octubre). La preferencia batimétrica correspondió al nivel C, observándose su presencia en forma discontinua en B y D.

Zoothamnium sp. (Fig. 6)

Este ciliado colonial presentó un ciclo de fijación estacional, abarcando en forma general los meses de primavera y verano. Comparando con los estudios previos realizados en la zona se observa coincidencia en la preferencia por la colonización de los niveles inferiores, registrándose un acortamiento significativo en el período de fijación durante este último año.

Nematodes (Fig. 6)

La colonización de los sustratos experimentales por parte de estos organismos no presentó un patrón definido. La mayor abundancia se registró en el nivel C (febrero, marzo, mayo y noviembre). Las densidades observadas fueron menores con respecto a ciclos anteriores registrados en el puerto de Mar del Plata (12,13).

Copépodos harpacticoideos (Fig. 6)

La graficación de las especies componentes de este grupo se realizó en forma conjunta por razones de orden práctico. Integran este grupo los géneros *Ameira*, *Amphiascus*, *Dactilopodia*, *Harpacticus*, *Laophonte*, *Nitocra*, *Paralaophonte* y *Tisbe*.

Coincidentemente con lo observado en años anteriores la colonización se produjo a lo largo de todo el estudio sin establecerse preferencia batimétrica. El período de mayor fijación fue el comprendido entre los meses de noviembre y abril, siendo el primero de los citados el de mayor abundancia.

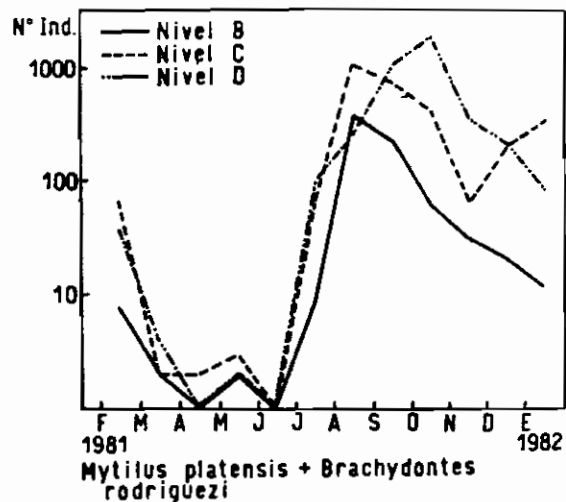
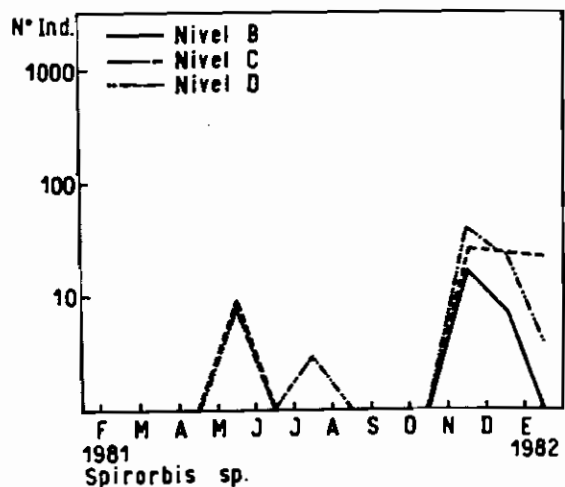
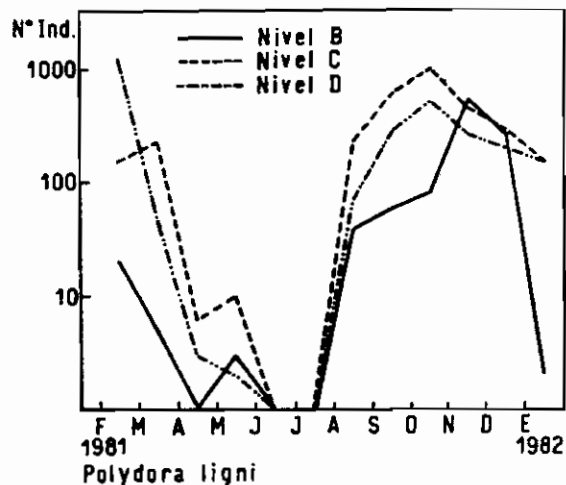
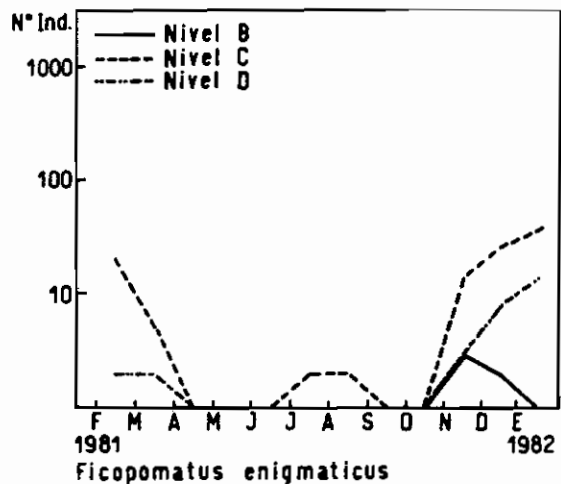


Fig. 7.- Número total de individuos en cada uno de los niveles de profundidad

MACROFOULING

Enteromorpha spp. (Fig. 9)

La colonización de los sustratos artificiales por parte de estas clorofitas se extendió a lo largo de todo el período de estudio, incrementándose su abundancia durante la primavera. La principal especie de este género fue *Enteromorpha intestinalis*. La preferencia por la fijación en los niveles superiores, observada en estudios anteriores se registró nuevamente en el presente, confirmando la estrecha relación que existe entre estas algas y la intensidad lumínica.

Ulva lactuca (Fig. 9)

Esta especie fue identificada por primera vez en la zona como componente de la comunidad incrustante local, aun cuando ya había sido citada por Bastida (14) en el fouling del puerto de Mar del Plata.

Su ciclo de fijación fue típicamente estacional, presentando su mayor abundancia durante el verano. Es importante remarcar que el único nivel colonizado fue el B, indicando una zonación extrema con requerimientos lumínicos superiores a los del género *Enteromorpha*, coincidiendo con lo ya señalado para Mar del Plata (12, 14).

Gonothyraea loveni (Fig. 9)

La colonización de los paneles experimentales por parte de estos campanuláridos se ha extendido en forma general desde julio hasta marzo, siendo el período de mayor fijación octubre-febrero. Como en estudios previos se observó preferencia por la colonización de los niveles inferiores, coincidiendo también las épocas en las cuales se lo registró con mayor intensidad.

Tubularia crocea (Fig. 9)

La colonización de esta especie presenta un ciclo estacional (enero y febrero). En cuanto a las preferencias batimétricas de este hidrozoo, se la observa en los niveles inferiores, principalmente en el D. Estas diferencias en la zonación pueden atribuirse a la distinta intensidad lumínica que caracteriza a cada nivel, coincidiendo con lo observado en ambientes naturales y con registros anteriores en la zona.

Ficopomatus enigmaticus (Fig. 7 y 9)

Esta especie, citada en estudios anteriores como *Mercierella enigmatica*, ha presentado un claro ciclo de fijación estacional (noviembre-marzo). El análisis comparativo entre los presentes registros y los anteriores de la zona demostró una coincidencia en el inicio de la colonización de este serpúlido, y una gran similitud en la extensión del período durante el cual se lo encuentra en los sustratos experimentales.

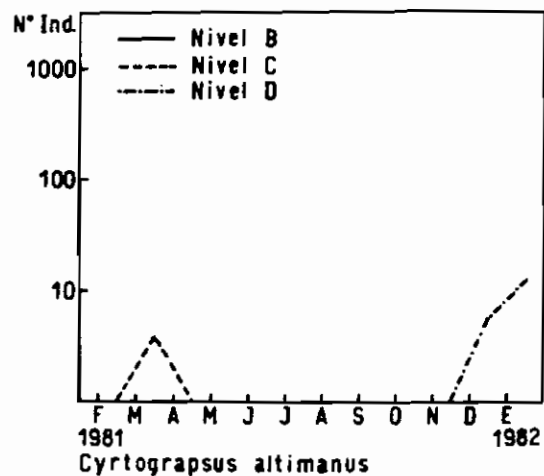
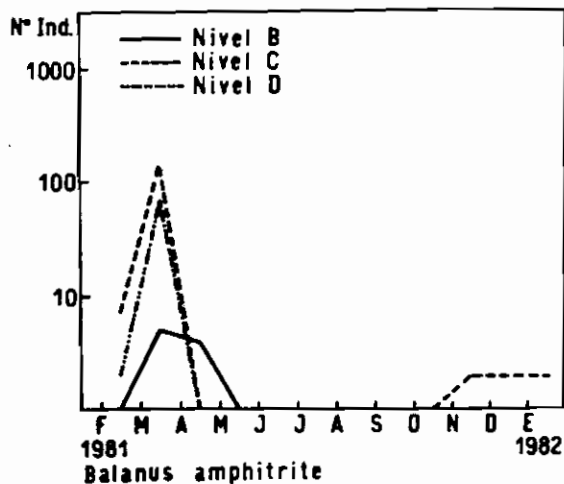
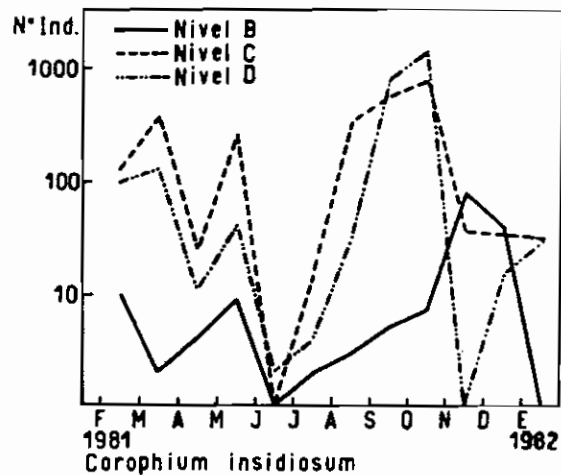
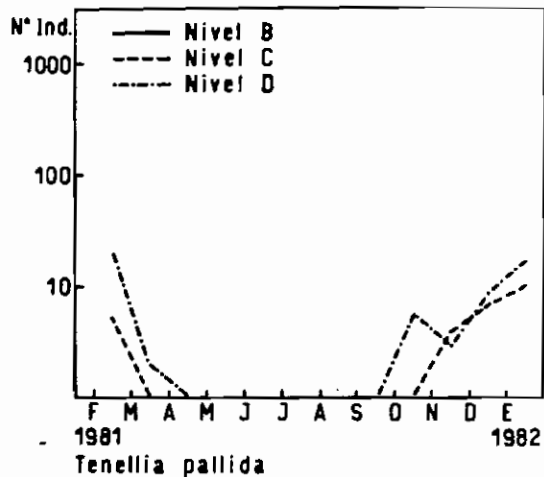


Fig. 8.- Número total de individuos en cada uno de los niveles de profundidad

Polydora ligni (Fig. 7 y 9)

Su presencia en los paneles experimentales se extendió a lo largo de todo el año de estudio, con excepción de los meses de junio y julio. El presente ciclo de fijación ha sido mucho más claro que el observado durante 1978/79. Se registró una preferencia por los niveles C y D. Esta especie del macrofouling es una de las que ha presentado mayor cantidad de ejemplares por nivel, siendo uno de los organismos dominantes de este período.

Spirorbis sp. (Fig. 7 y 9)

El ciclo de fijación de este género no había sido analizado en estudios anteriores de la zona por no haber presentado patrones de colonización factibles de ser graficados. En el presente ensayo *Spirorbis* sp. presentó un período de colonización estacional, abarcando fines de la primavera y principio del verano, aunque también se observaron ejemplares en forma escasa durante mayo y julio. La preferencia batimétrica de este organismo coincidió con la tendencia general observada en el resto de los poliquetos analizados, colonizando con mayor abundancia los niveles inferiores.

Bowerbankia sp. (Fig. 9)

Este género se cita por primera vez en la zona. Su período de fijación fue típicamente estacional, abarcando los meses de enero y febrero. En esta oportunidad se registró una preferencia por colonizar el nivel intermedio (C), con una frecuencia superior a la observada en B y D.

Conopeum sp. (Fig. 9)

Si bien este briozoo se mencionó en períodos anteriores, nunca tuvo un claro ciclo de fijación, debido a lo escaso de su presencia en los paneles mensuales. Durante el presente estudio, su período de colonización se restringió principalmente a los meses de enero y febrero, observándose únicamente en los niveles inferiores.

Cryptosula pallasiana (Fig. 9)

Al igual que los dos géneros mencionados anteriormente, este briozoo presentó un ciclo de fijación estacional cuya mayor abundancia corresponde al mes de enero y en los niveles inferiores. Debe destacarse que *Cryptosula pallasiana* estuvo muy bien representada en los paneles acumulativos, formando colonias incrustantes de aspecto laminar. Este fenómeno no se registró en los paneles mensuales, donde se presentó en densidades sensiblemente menores debido a su lento crecimiento, hecho que coincide con observaciones realizadas por Bastida y Lichtschein en Puerto Belgrano⁽¹⁵⁾.

Brachydontes rodriguezii + *Mytilus platensis* (Fig. 7 y 9).

Estas dos especies se graficaron en forma conjunta, dado que su individualización presenta dificultades por tratarse de ejemplares de muy pequeña talla. El ciclo de fijación abarcó casi todo el

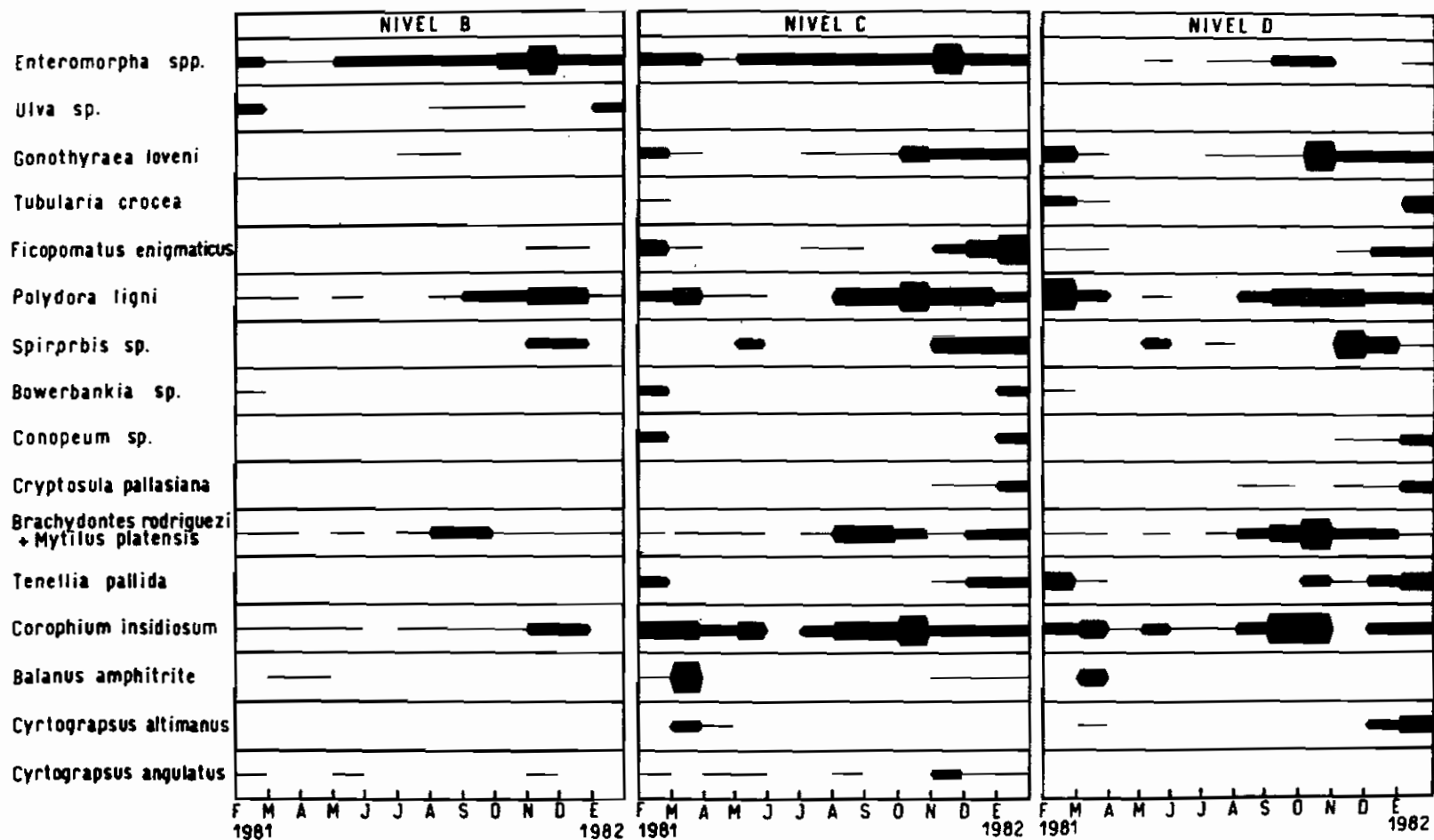


Fig. 9.- Ciclos de fijación

año, presentando una abundancia nunca antes registrada en la zona. Los meses de mayor colonización fueron los comprendidos entre agosto y enero, con clara preferencia por los niveles inferiores.

En base al análisis de este ciclo y a la comparación con los registrados anteriormente en la zona, podemos caracterizar a los últimos cinco meses del año y en especial al mes de octubre como los más importantes a tener en cuenta durante la aplicación de sistemas de control tendientes a inhibir la fijación de estos organismos en el circuito de refrigeración de la central.

Tenellia pallida (Fig. 8 y 9)

Se trata de una especie típicamente estacional, cuya fijación está íntimamente ligada a la presencia de los campanuláridos, entre los cuales vive y se alimenta. Durante el presente estudio, este nudibranquio colonizó los sustratos experimentales desde octubre hasta marzo, presentando una mayor densidad en enero y febrero. Al igual que lo observado anteriormente, la fijación más intensa se registró en los niveles inferiores.

Corophium insidiosum (Fig. 8 y 9)

Este anfípodo colonizó los sustratos experimentales durante casi todo el año, registrándose en forma más abundante en los niveles C y D. En comparación con ensayos previos, se observa un mayor número de ejemplares y una mayor extensión en el período de permanencia en forma significativa sobre los paneles.

Balanus amphitrite (Fig. 8 y 9)

Esta especie registró un ciclo de fijación estacional que se inicia en noviembre y finaliza en abril. La frecuencia de colonización fue baja, salvo en el mes de marzo, donde se llegó a valores superiores a 100 ejemplares en el nivel C. Esta característica en la colonización de los sustratos artificiales fue observada anteriormente (12), coincidiendo en gran medida el número máximo de ejemplares con las temperaturas máximas del agua en la zona.

Cyrtograpsus altimanus (Fig. 8 y 9)

La graficación en forma independiente de esta especie se realiza por primera vez en la zona, ya que hasta el presente fue citada conjuntamente con *Cyrtograpsus angulatus* (1, 9). El ciclo de fijación abarcó en forma general el verano, con excepción del mes de febrero, y preferentemente los niveles inferiores.

Cyrtograpsus angulatus (Fig. 9)

Esta especie presentó un ciclo de fijación más irregular que el de la anteriormente citada. Su presencia sobre los sustratos experimentales se extendió durante el verano, y en forma esporádica al principio y fin del otoño.

ANÁLISIS DE DIVERSIDAD EN EL MICROFOULING Y MACROFOULING EN PANELES MENSUALES

Recién en los últimos años se han realizado análisis de diversidad en comunidades incrustantes de otras latitudes. Hasta el presente es poco lo que se sabe al respecto sobre nuestras comunidades bentónicas naturales y nada se ha hecho sobre este tema en relación con las comunidades incrustantes de los puertos argentinos.

Tradicionalmente dentro del fouling se efectuaban comparaciones entre distintas zonas en base al número de especies integrantes de la comunidad. Esto, aunque no siempre, servía para dar una idea de la complejidad y agresividad de las incrustaciones.

El concepto ecológico de diversidad va más allá de una simple enumeración de especies y habla de la real participación de ellas dentro de la comunidad y del estado de esta última.

En el presente trabajo los valores de diversidad fueron calculados en base al índice de diversidad de Shannon Weaver (H'), respetando la homogeneidad en el tamaño de las muestras a comparar. Es por ello que el análisis del micro y macrofouling se realizó en forma independiente, dado que los valores de diversidad en el primero de dichos grupos están referidos a muestras tomadas al azar sobre 20 campos en dos preparados, mientras que en el macrofouling fue posible realizar un censo total de sus componentes en cada uno de los niveles de profundidad. Por otra parte, interesaba analizar por separado la diversidad del micro y macrofouling, en virtud de la distinta incidencia que ambos tienen desde el punto de vista práctico.

MICROFOULING

Los valores de diversidad (H') en el microfouling han presentado, a lo largo del año, una fluctuación entre 0 y 2,80 (Fig. 10), siendo los promedios anuales por niveles, para B, 2,15, para C, 2,06 y para D, 1,67. Esta gradación entre el nivel inferior y el superior puede responder a que la mayoría de las especies componentes del microfouling registradas en esta oportunidad han pertenecido al grupo de las diatomeas, las que encuentran en el nivel B las mejores condiciones para su desarrollo, ya que el mismo es el que posee mayor exposición a la luz.

En forma general, las fluctuaciones de la diversidad a lo largo del año en cada uno de los niveles, no han presentado un patrón definido. Este hecho se pudo comprobar al realizar la correlación de estos valores con uno de los parámetros ambientales más importantes en la regulación de esta comunidad, como es la temperatura del agua.

El análisis de la correlación entre la diversidad media mensual entre niveles (Fig. 12) con la temperatura media mensual del agua, se llevó a cabo mediante el coeficiente de correlación por rangos de Kendall, τ (6), el que indicó un valor de -0,3511 para las

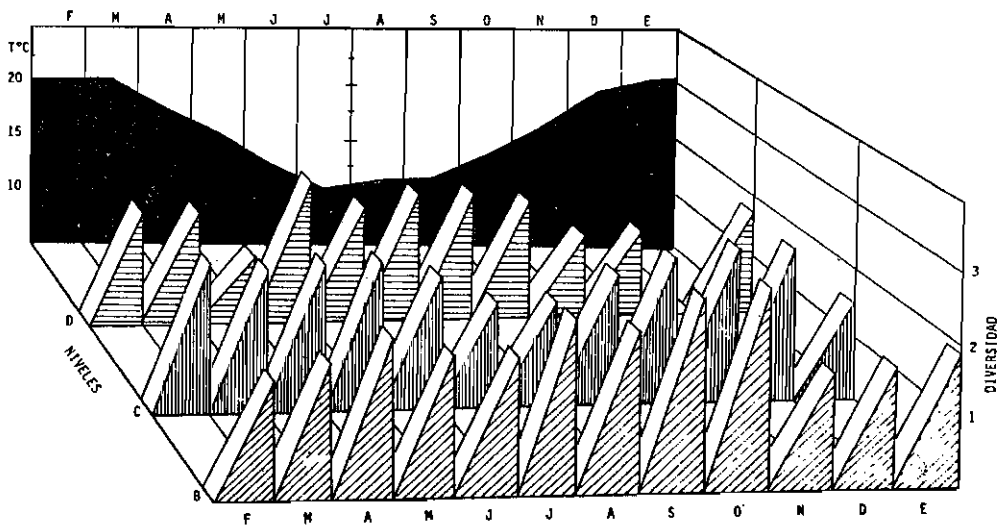


Fig. 10.- Diversidad (H') mensual del microfouling en cada uno de los niveles de profundidad

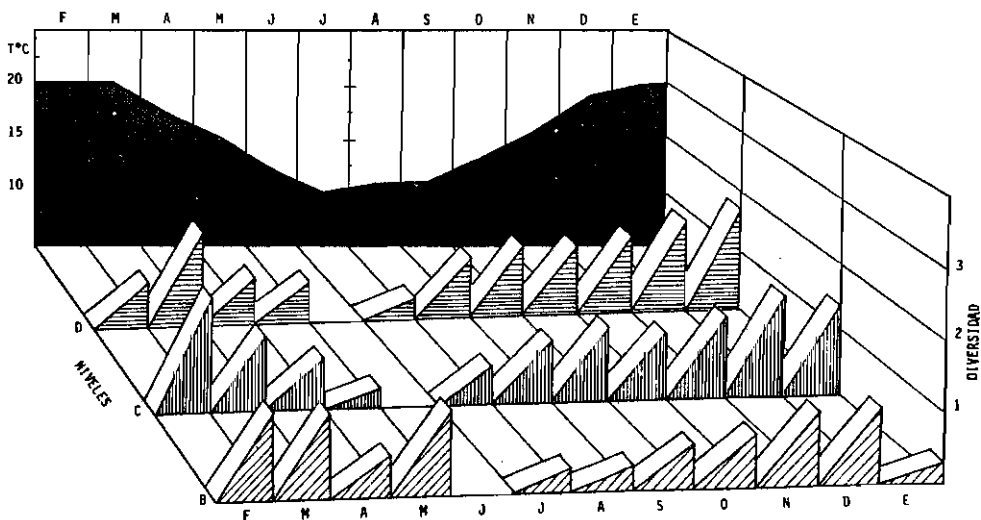


Fig. 11.- Diversidad (H') mensual del macrofouling en cada uno de los niveles de profundidad

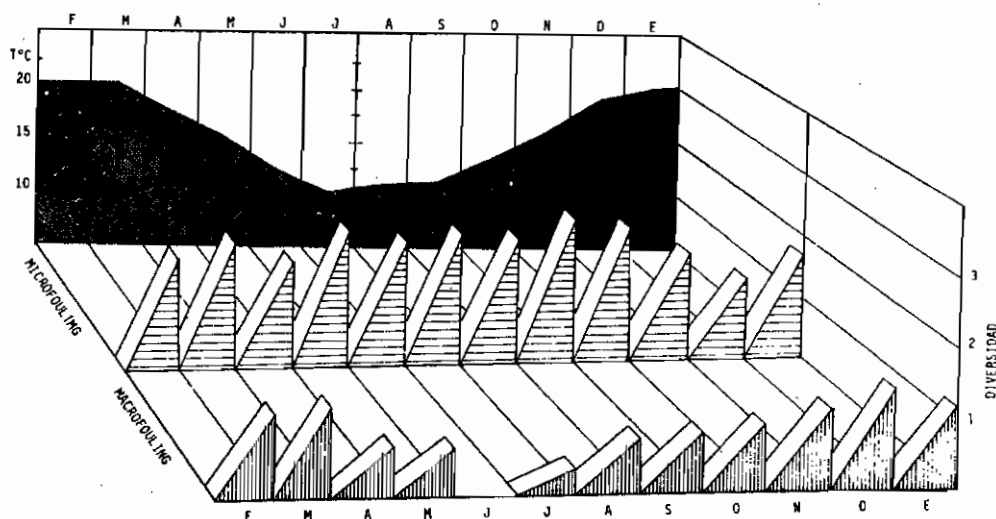


Fig. 12.- Diversidad (H') media mensual del microfouling y del macrofouling

variables citadas siendo el $\tau_{crit} = 0,4332$ y $\tau_{crit} = 0,5693$.
 $\begin{matrix} 0,05 & 0,01 \end{matrix}$

De lo expuesto se puede concluir que dichas variables no están linealmente correlacionadas.

MACROFOULING

Los valores de diversidad (H') a lo largo del período de estudio han fluctuado, para el macrofouling, entre 0 y 1,76 (Fig. 11), presentando valores medios anuales por niveles de: B, 0,74; C, 1,01 y D, 0,93.

A diferencia de lo observado en el microfouling, los niveles que han presentado valores de diversidad más elevados han sido los inferiores y predominantemente el nivel C. Esta diferencia nos indicaría una preferencia de los macrocomponentes por zonas más estables en la columna de agua, sin las condiciones adversas que le ofrece el nivel superior, como son la excesiva iluminación y la periódica exposición al aire producida por las fluctuaciones de la marea sobre la citada superficie ⁽¹⁾.

Las variaciones observadas en la diversidad a lo largo del año en cada uno de los niveles (Fig. 11) han presentado en forma general valores más altos durante épocas cálidas, en comparación con las estaciones frías.

Esta observación fue confirmada aplicando el coeficiente de correlación por rangos de Kendall. La correlación entre la diversidad media mensual entre niveles (Fig. 12) y la temperatura media mensual del

agua, indicó en esta oportunidad un valor 0,6060, siendo superior a los valores críticos mencionados anteriormente y confirmando la correlación positiva existente entre las variables.

El análisis llevado a cabo sobre el micro y macrofouling de paneles mensuales presentó diferencias en las variaciones de sus valores de diversidad a lo largo del año. Mientras que las especies componentes del microfouling no manifiestan una correlación con la temperatura del agua, las del macrofouling condicionaron sus variaciones con este factor. Esta característica diferencia los grupos analizados con respecto a sus respuestas a un parámetro ambiental importante.

EVOLUCION DE LA COMUNIDAD SOBRE PANELES ACUMULATIVOS

Con el objeto de comparar y reunir mayor información respecto de los procesos sucesionales de la comunidad, se procedió al análisis macroscópico global de los paneles acumulativos ubicados en el sector Toma de Agua de la Central mencionada. La información recopilada fue comparada con la de años previos y con muestreos llevados a cabo dentro de los canales de refrigeración de la Central.

Durante el primer mes de inmersión y luego de formarse el film inicial, se observó el desarrollo de algas verdes en los niveles superiores, pertenecientes a los géneros *Enteromorpha* y *Ulva*, las que disminuyeron su densidad con el aumento de la profundidad. El nivel D fue colonizado en forma frecuente por hidrozoo campanuláridos pertenecientes a la especie *Gonothyraea loveni*, compartiendo el sustrato con ejemplares de *Tubularia crocea*.

En el segundo mes de inmersión persistió la fijación de *Enteromorpha* spp. en el nivel superficial, en tanto la comunidad se hizo más compleja en los niveles inferiores. A su vez, se produjo el ingreso de nuevas especies, tales como el briozoo *Cryptosula pallasiana*, el serpúlido *Ficopomatus enigmaticus* e individuos juveniles de *Balanus amphitrite* en el nivel C. *Tubularia crocea* incrementó su número simultáneamente con la disminución de *Gonothyraea loveni* en el nivel D.

En el tercer mes, la comunidad en su conjunto no ha variado notablemente y sólo se registró un leve incremento de las especies que se habían fijado anteriormente, tales como *Ficopomatus enigmaticus*, *Cryptosula pallasiana* y *Balanus amphitrite*. La población de campanuláridos continuó decreciendo en forma significativa.

Durante el cuarto mes, sobre el típico cinturón de *Enteromorpha* spp., en el nivel B, que se incrementó levemente, se encontraron varios ejemplares de *Balanus amphitrite*, que evidenciaron de esta manera una expansión en cuanto a la zonación batimétrica registrada hasta el momento.

En el quinto y sexto mes continuó el incremento de *Enteromorpha* spp, manteniéndose estable la población de *Balanus amphitrite*

y reapareciendo *Gonothyrea loveni*, cuya abundancia aumenta sensiblemente en los niveles más profundos.

Durante el transcurso del séptimo y octavo mes de inmersión se observó en el panel B una declinación en la población de *Enteromorpha* spp., en tanto comenzó a aumentar el número de ejemplares de *Balanus amphitrite*. En el nivel C se apreció una comunidad de fisonomía diferente, dominada por *Enteromorpha* spp. y *Gonothyrea loveni*, que incrementó su abundancia en el panel D. Asociados a estos hidrozoo se observaron individuos muy juveniles de mitílidos, que encuentran en estas colonias un sustrato adecuado para fijarse.

En el nivel B del noveno mes continuó la disminución de *Enteromorpha* spp, manteniéndose constante el número de *Balanus amphitrite*. En los niveles inferiores la comunidad llegó al máximo desarrollo, caracterizada principalmente por el hidrozoo *Gonothyrea loveni*, que alcanza en el nivel D una significativa abundancia, cubriendo la totalidad del panel. En íntima relación con esta especie se observaron mitílidos juveniles en forma abundante, los que al igual que en el mes anterior, aprovecharon las colonias de campanuláridos para aumentar la colonización. Cabe destacar que el período durante el cual la comunidad llegó a su maduración es comparable al registrado en estudios anteriores en la zona, donde el desarrollo máximo de la comunidad se produjo a los diez meses, pese a que los muestreos del presente ensayo comenzaron en diferentes fechas.

Durante el décimo mes, como consecuencia del aumento de densidad de *Gonothyrea loveni* se produjo el desprendimiento de la comunidad por su propio peso. El espacio libre dejado en los paneles C y D permitió la recolonización de otras especies, tales como *Ficopomatus enigmaticus*, que ya había sido registrada anteriormente, el tunicado *Ciona intestinalis*, que ingresa como nuevo integrante de la comunidad, y un gran número de ejemplares de mitílidos, que dominaron en esta nueva etapa.

En el undécimo y duodécimo mes, la mitad inferior del panel C y la totalidad del panel D, quedaron totalmente cubiertas por los mitílidos, los que en un fenómeno de competencia espacial desplazaron a los tunicados y serpúlidos con los que compartían el sustrato. En el nivel B, se observó una disminución aún mayor en el número de ejemplares de *Enteromorpha* spp., permaneciendo sobre el mismo los cirripedios de la especie *Balanus amphitrite*, los que colonizaron el sustrato en períodos previos.

Debido al gran desarrollo observado en la población de mitílidos en comparación con registros anteriores, se decidió prolongar el monitoreo de los sustratos acumulativos para poder observar los pasos sucesivos de la comunidad y la participación que estos organismos tuvieron en ella.

Al cabo de dos meses más de inmersión, se observó un incremento en la talla de los mitílidos fijados en los niveles C y D, registrán-

dose paralelamente una disminución en el número de los mismos, producida por el inicio del desprendimiento de la población. En el nivel B se observó una gran densidad de *Balanus amphitrite*, constituyéndose en la especie dominante en el citado panel.

En forma coincidente al muestreo llevado a cabo en el decimo-cuarto mes de inmersión, fue desagotado uno de los canales de refrigeración de la Central. Este hecho resultó oportuno para efectuar un análisis comparativo entre la población de mitílidos desarrollada en diferentes zonas de la tubería y los paneles acumulativos a catorce meses. Estas comparaciones pudieron llevarse a cabo ya que la puesta en servicio del canal luego de su limpieza total coincidió con la iniciación de los ensayos en la zona de toma de agua. Las muestras del canal fueron obtenidas en dos sectores del mismo: a) Sector de Bombas (cercano a la Toma de Agua) y b) Sector de Condensadores (alejado significativamente de la toma de agua).

En resumen, las zonas comparadas fueron las siguientes:

Zona 1: Nivel C del sistema acumulativo.

Zona 2: Nivel D del sistema acumulativo.

Zona 3: Sector de Bombas.

Zona 4: Sector de Condensadores.

El procesamiento de cada una de las muestras obtenidas consistió en la separación de las dos especies de mitílidos (*Brachydontes rodriguezii* y *Mytilus platensis*) y el recuento y la medición de cada individuo.

Con los datos obtenidos se confeccionaron histogramas de frecuencia (Fig. 13, 14, 15 y 16); posteriormente se analizó el grado de homogeneidad en las distribuciones de frecuencia entre pares de muestras, utilizando para tal fin el Test de Bartlett⁽⁶⁾. Una vez calculados los valores de homogeneidad se llevó a cabo el Análisis de Varianza en los casos donde fue posible, aplicando el Test de Muestras Heterogéneas en los restantes.

Los resultados de las comparaciones llevadas a cabo entre distintas zonas se resumen en las Tablas I y II.

En la Tabla I, correspondiente a las muestras de *Brachydontes rodriguezii*, se observa que la totalidad de los valores calculados son altamente significativos, indicando una diferencia notoria entre las muestras con respecto a la variable considerada (largo total).

En la Tabla II, confeccionada en base al análisis de las muestras de *Mytilus platensis*, también se observa que la mayoría de los resultados son altamente significativos, a excepción de las comparaciones entre las zonas 1 y 2, donde hay similitud. La comparación entre las muestras de la zona externa (1 y 2) con las internas (3 y 4) y entre estas últimas entre sí indicó una diferencia altamente significativa en todos los casos.

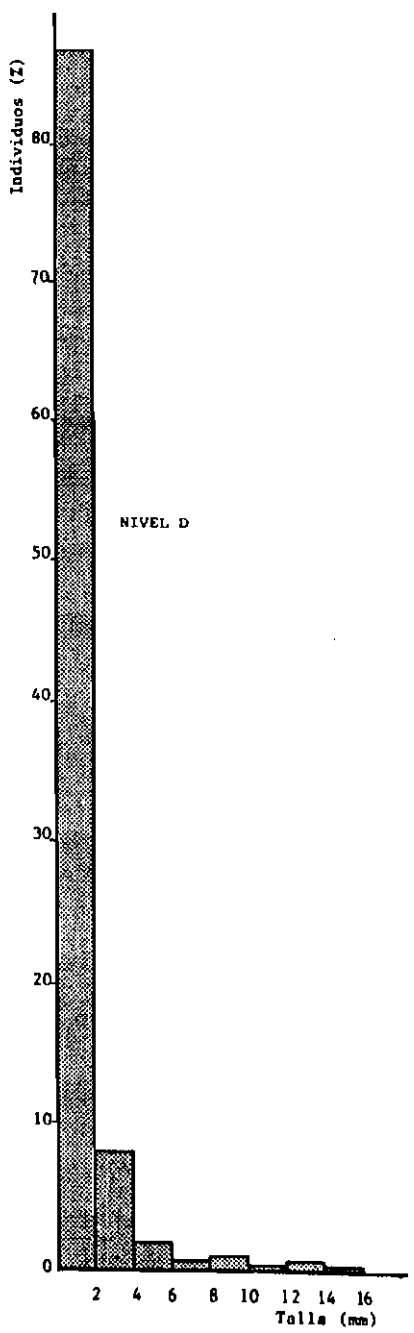
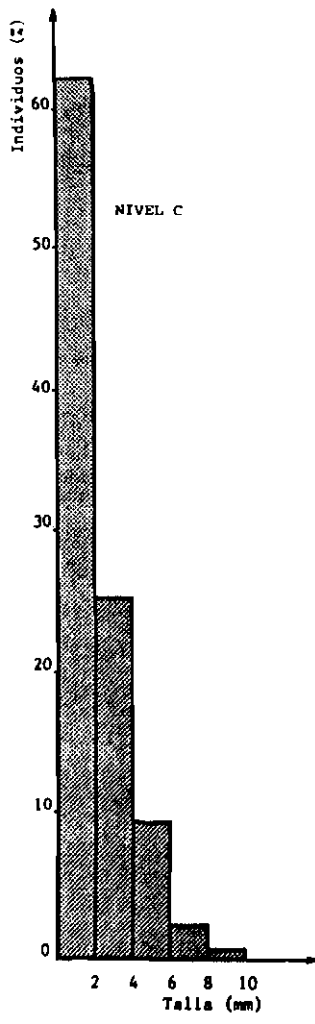


Fig. 13.- Distribución de frecuencia de las tallas de *Brachydontes rodriguezii* sobre paneles acumulativos a 14 meses

En base a las diferencias observadas en el análisis de las muestras de *Brachydontes rodriguezii* y *Mytilus platensis* entre las distintas zonas consideradas, se podría suponer la existencia de diferentes

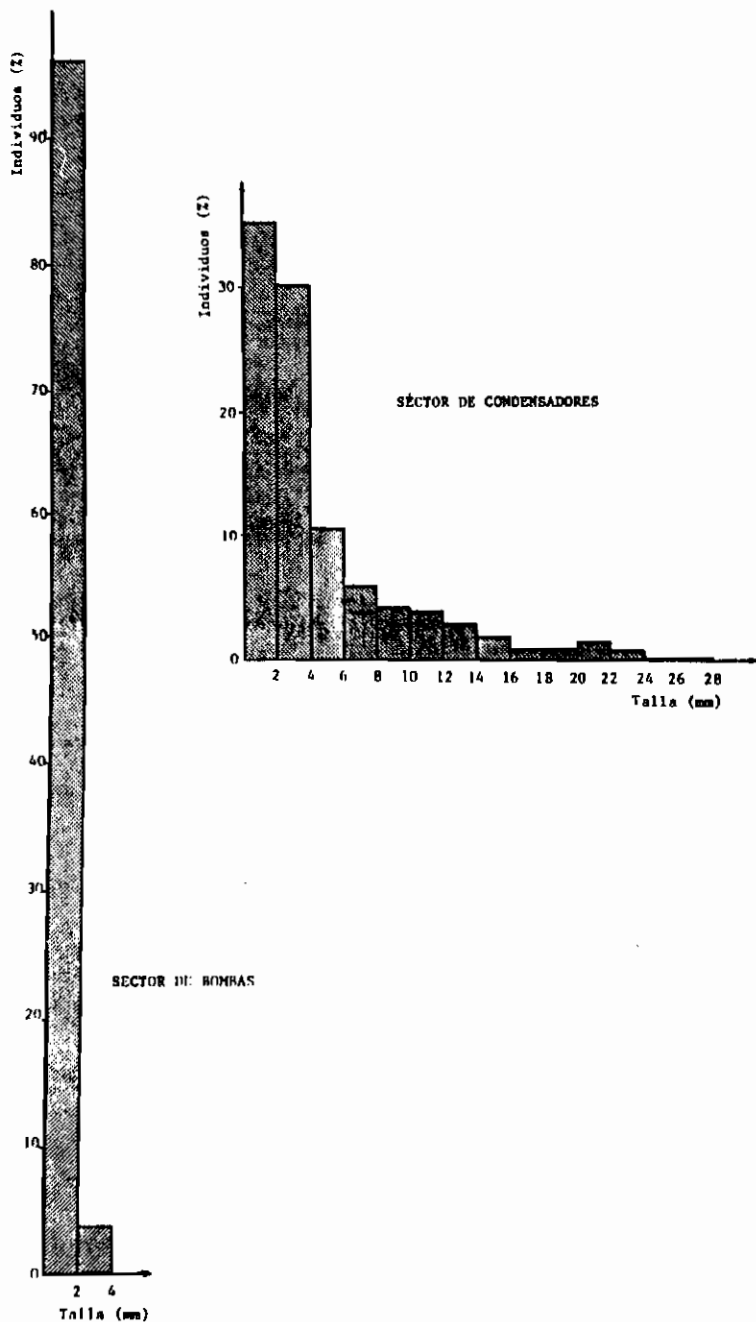


Fig. 14.- Distribución de frecuencia de las tallas de *Brachydontes rodriguezi* en los Sectores de Bombas y Condensadores

contingentes colonizadores. Esta suposición no sería correcta ya que las larvas fijadas en las tres zonas (Toma de Agua, Sector de Bombas y Sector de Condensadores) pertenecerían a un mismo contingente colonizador, que habría ingresado a la Central transportado por el

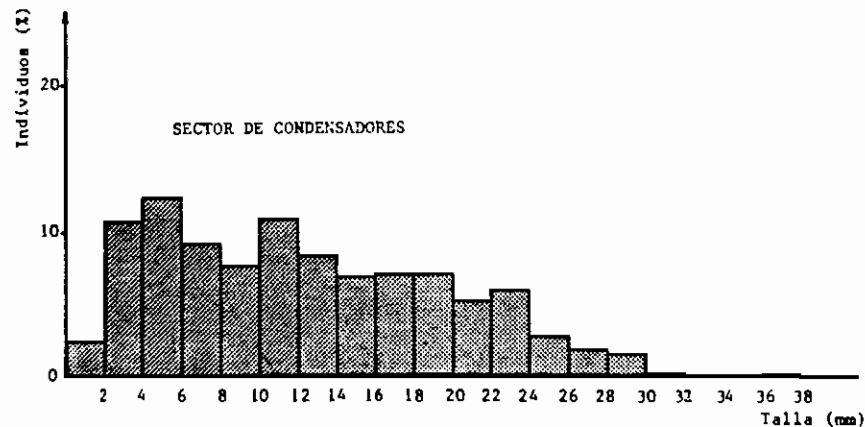
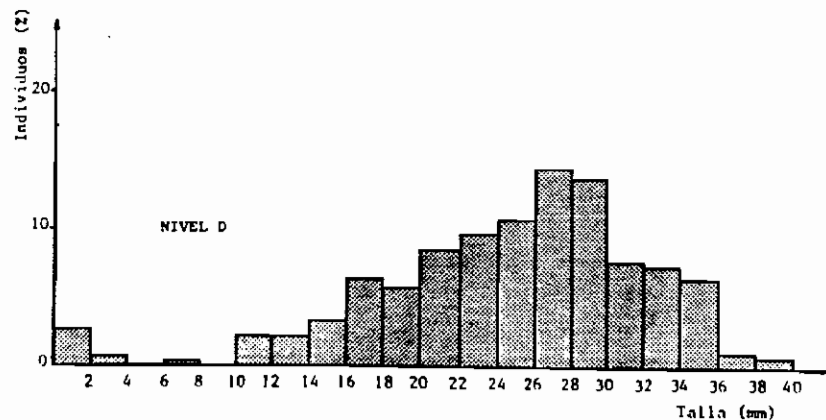
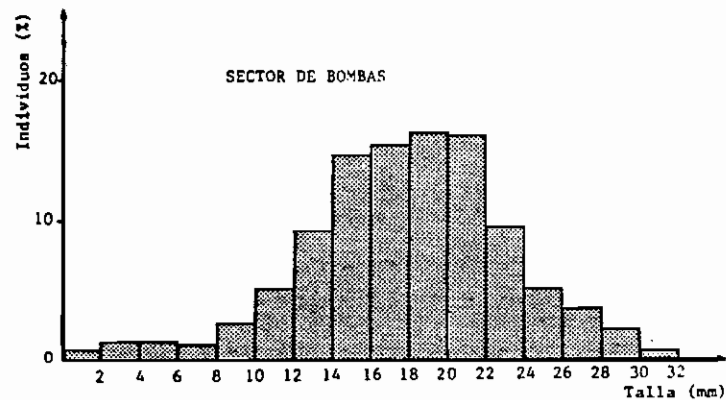
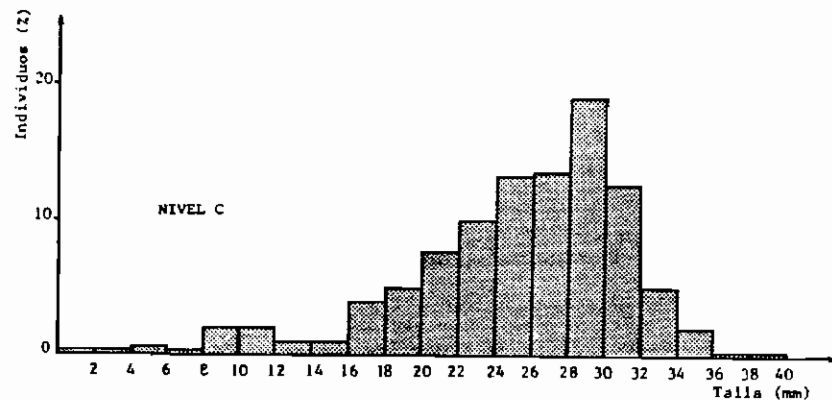


Fig. 15.- Distribución de frecuencia de las tallas de *Mytilus platensis* sobre paneles acumulativos a 14 meses

Fig. 16.- Distribución de frecuencia de las tallas de *Mytilus platensis* en los Sectores de Bombas y Condensadores

río Quequén.

La razón fundamental de las diferencias encontradas es, a criterio de los autores, producida por las variaciones de las condiciones ambientales desde la Toma de Agua hasta los Condensadores. Uno de los principales factores que incidiría en el desarrollo de estas especies sería la variación en el flujo de agua, que ve incrementada su velocidad desde el sector de bombas en adelante. Este aumento en la velocidad y el cambio de flujo laminar a turbulento condicionaría un ambiente adverso para el normal crecimiento de estas especies.

Por último, si se comparan las poblaciones de *Brachydontes rodriguezi* y *Mytilus platensis* entre sí (Fig. 13 a 16), se observa que la primera está caracterizada por una gran abundancia de individuos juveniles en todas las zonas, lo cual permite suponer que *Brachydontes rodriguezi* comenzaría su ciclo en un período posterior al de *Mytilus platensis*.

La relación entre ambas especies, en por ciento de individuos (Tabla III) fue similar en casi todas las zonas estudiadas, no observándose en general el predominio de ninguna de ellas.

ANÁLISIS DE LA AFINIDAD ENTRE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

Una vez concretados los análisis cuali y cuantitativos de las muestras obtenidas, se determinó el grado de afinidad existente entre las mismas a lo largo del período estudiado.

Para ello se utilizó el coeficiente de comunidad (CC) de Jaccard (5, 7), que evalúa la afinidad entre muestras teniendo en cuenta la presencia o ausencia de las especies halladas en las mismas, permitiendo obtener un panorama del grado de afinidad en base a aspectos cualitativos.

Con el objeto de profundizar aún más en el estudio de las posibles relaciones existentes entre las muestras, se aplicó el índice de Czekanowski (7), que mide el grado de afinidad entre las mismas pero teniendo en cuenta la abundancia de cada una de las especies componentes de la muestra.

Estos dos índices miden la similitud en la escala de 0 a 1, llevándose posteriormente los valores obtenidos a porcentajes y graficándolos en matrices de similitud (8) o diagramas de "trellis" (5). Con la finalidad de observar la relación entre muestras y grupos de muestras, en base a su afinidad, se confeccionaron dendrogramas (8) indicando en el eje de las abscisas la totalidad de las muestras analizadas y sobre el eje de las ordenadas se situaron los valores de afinidad en una escala porcentual.

En forma similar a lo realizado en estudios anteriores, el grado de afinidad entre las muestras fue analizado teniendo en cuenta en un primer momento la totalidad de la comunidad en estu-

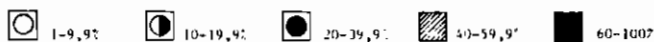
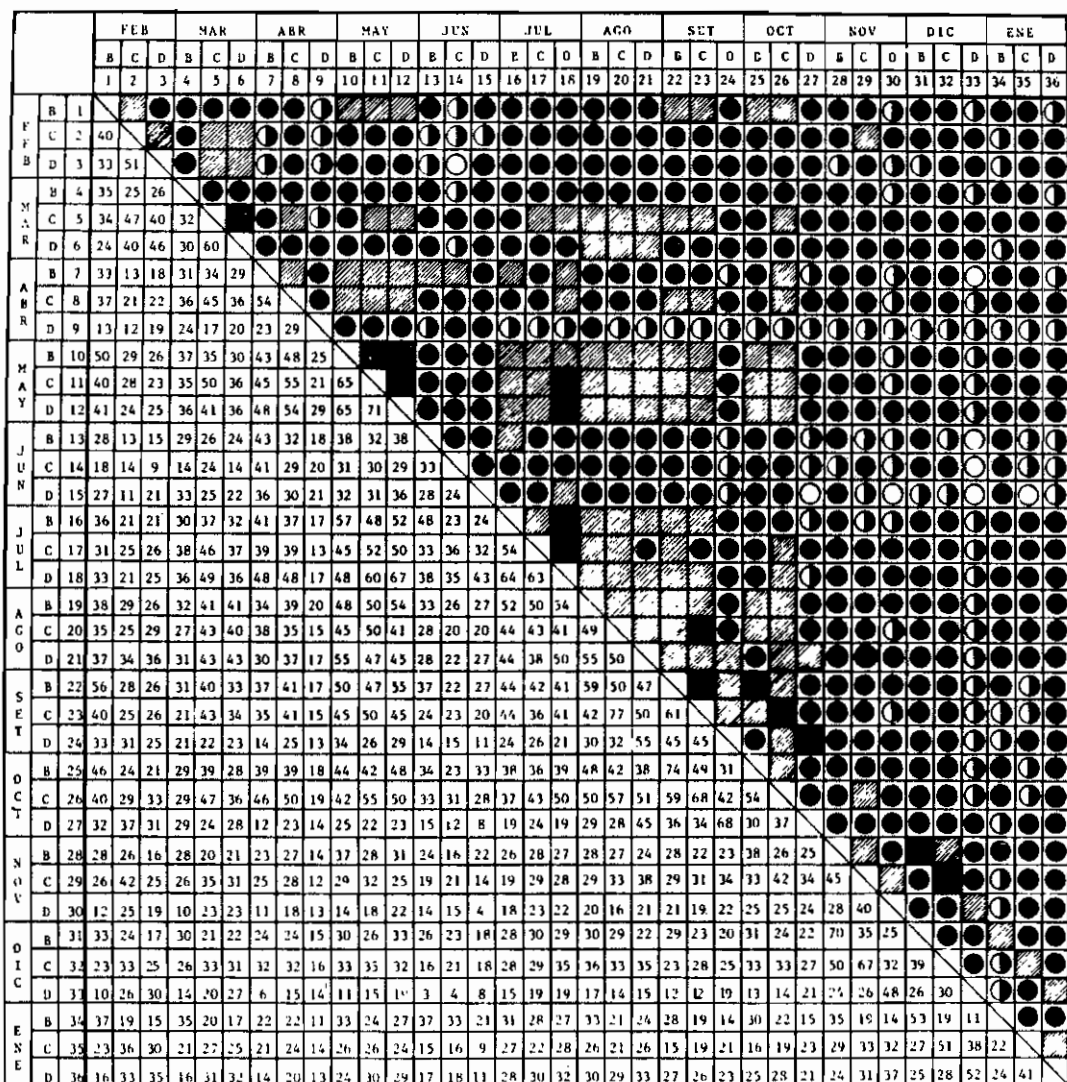


Fig. 17.- Diagrama de "trellis" (valores obtenidos aplicando el C.C. de Jaccard, considerando el total de especies de la comunidad).

dio, dividiendo posteriormente los componentes del micro y macrofouling y llevando a cabo su análisis en forma individual.

a) AFINIDAD ENTRE LAS MUESTRAS CONSIDERANDO EN FORMA CONJUNTA LAS ESPECIES COMPONENTES DEL MICRO Y MACROFOUING

Índice de Jaccard (Fig. 17 y 18)

Los valores de afinidad obtenidos mediante el índice de Jaccard,

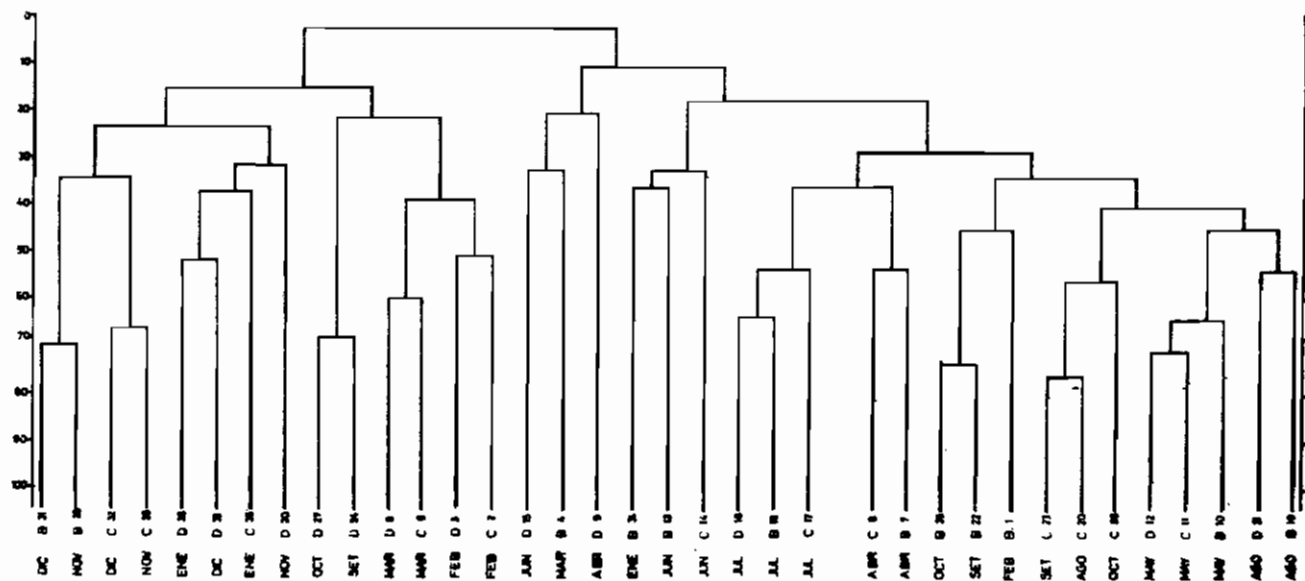


Fig. 18.- Análisis de agrupación en base al C.C. de Jaccard, considerando el total de las especies de la comunidad

en su mayoría fueron bajos.

En la matriz conformada con los mismos (Fig. 17) se puede observar en forma general una mayor afinidad entre las muestras pertenecientes al otoño, invierno (excepto el mes de junio) y principios de primavera. Los meses correspondientes a fines de primavera y verano, comparados entre sí y con los restantes meses del año, mantienen bajas afinidades a lo largo del período estudiado.

En forma particular se observa una mediana afinidad entre los niveles C y D de marzo, B y C de abril, todos los de mayo, julio, agosto, setiembre y los niveles B y C de octubre.

Analizando el dendrograma respectivo (Fig. 18) se puede observar la formación de dos grandes grupos de muestras, con un muy bajo nivel de afinidad entre sí. El primero está compuesto por las muestras 31, 28, 32, 29, 36, 33, 35, 30, 27, 24, 6, 5, 3 y 2, y el segundo por las muestras 15, 4, 9, 34, 13, 14, 18, 16, 17, 8, 7, 25, 22, 1, 23, 20, 26, 12, 11, 10, 21 y 19. Si se observan detalladamente los meses y niveles a que pertenece cada una de las muestras citadas, se pueden englobar dentro del primer gran grupo los meses de fines de primavera, verano y principios de otoño, con algunas excepciones en los niveles B. En cambio, en el segundo gran grupo, quedarían incluidos los meses correspondientes a otoño, invierno y principio de primavera. A su vez cada uno de estos grupos en el dendrograma se dividen en subgrupos, conjuntos, subconjuntos y núcleos a medida que aumenta la afinidad entre muestras o grupos de muestras. El análisis detallado de cada una de estas divisiones excedería el objetivo del presente trabajo, por lo cual se hará referencia únicamente a los núcleos que han presentado un mayor nivel de afinidad. Entre éstos se pueden citar los niveles C correspondientes de agosto y setiembre, que presentaron un grado de afinidad del 77 %. Una situación similar ocurrió con los niveles B de setiembre y octubre, con 74 % de afinidad y posteriormente le siguieron los niveles B de noviembre y diciembre, con 70 %. A continuación se ubicaron, con 68 %, los niveles D de setiembre y octubre.

De esta forma se ve que las muestras que han presentado mayores afinidades corresponden al período que abarca fines del invierno y principio de primavera, entre niveles iguales, pero al comparar niveles distintos entre sí, la afinidad disminuye sensiblemente, evidenciando una estratificación desde el punto de vista cualitativo entre las especies presentes.

Índice de Czekanowski (Fig. 19 y 20)

Los valores de afinidad calculados en base al índice de Czekanowski y representados en la matriz correspondiente (Fig. 19), han alcanzado, en forma general, valores altos al comparar los niveles C y D de julio, todos los de agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre y los C y D de enero, acentuándose aún más las afinidades entre los tres últimos meses.

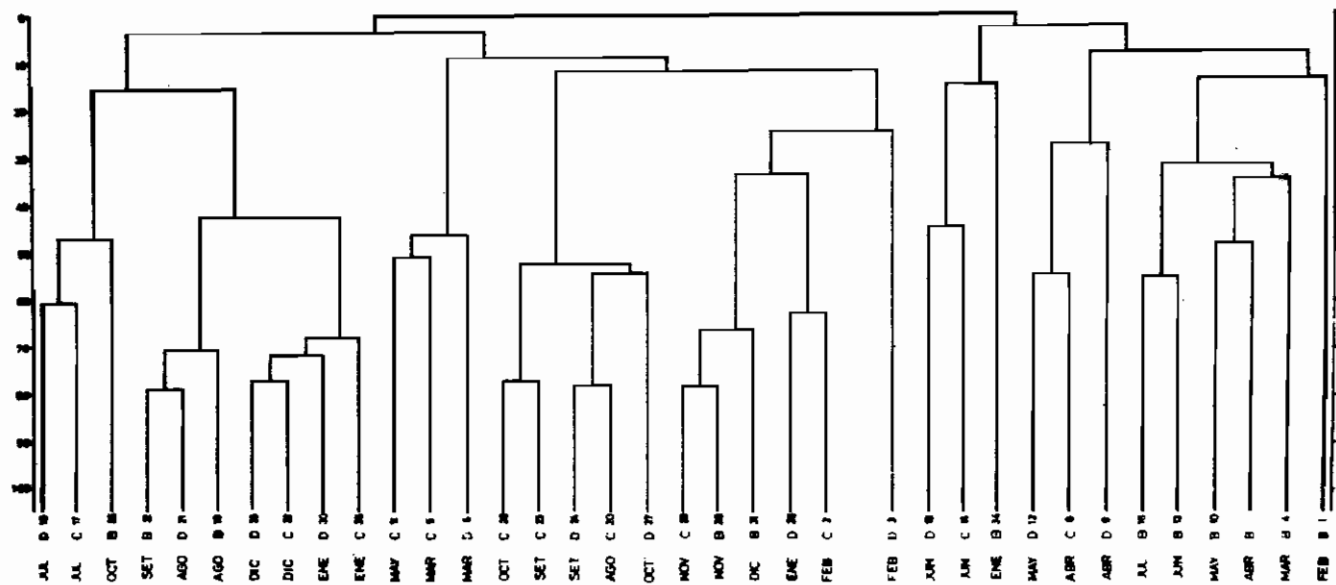
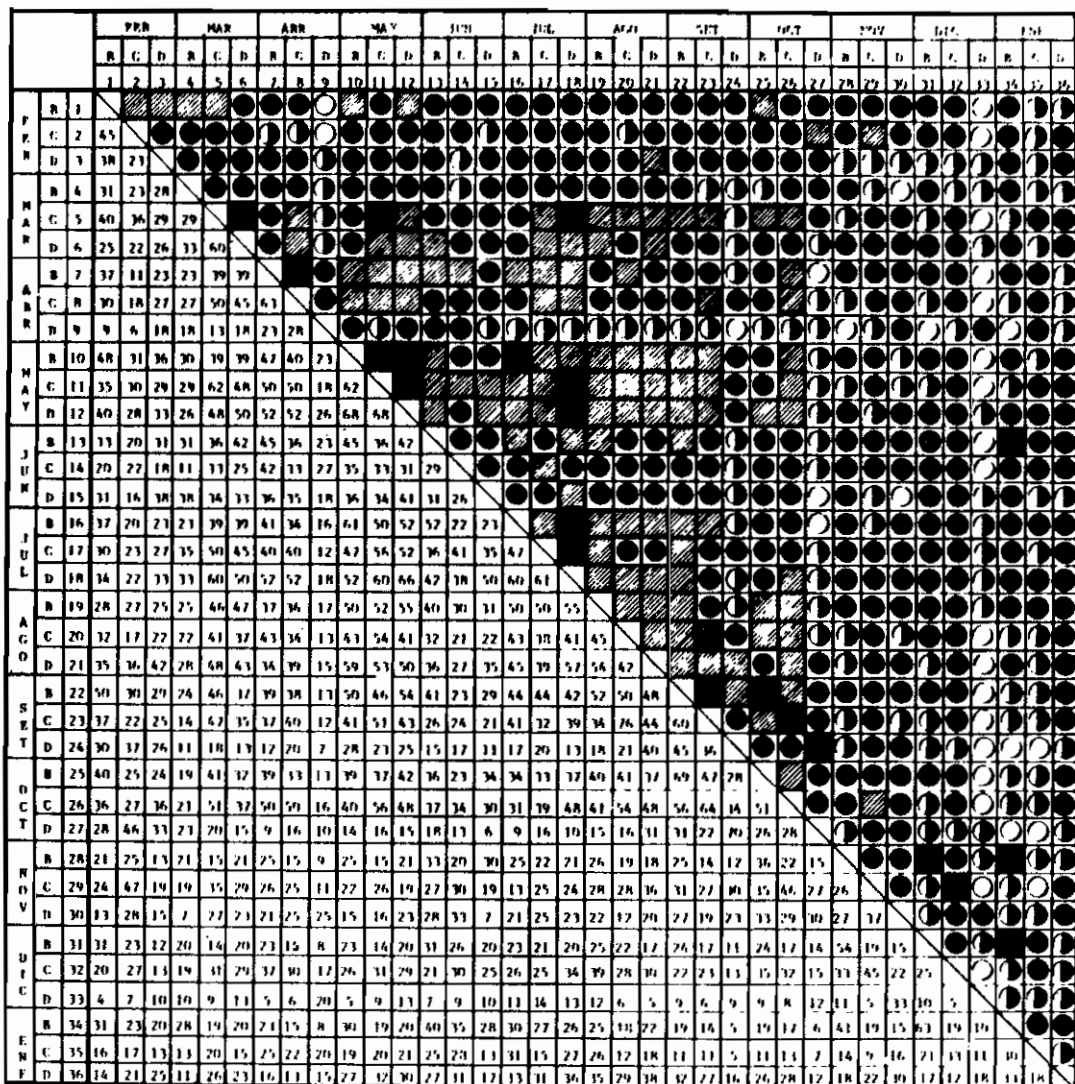


Fig. 20.- Análisis de agrupación en base al Índice de Czekanowski, considerando el total de las especies de la comunidad



○ 1-9.9% ◐ 10-19.9% ◑ 20-39.9% ◒ 40-59.9% ◓ 60-100%

Fig. 21.- Diagrama de "trellis" (valores obtenidos aplicando el C.C. de Jaccard considerando las especies del microfouling)

b) AFINIDAD ENTRE LAS MUESTRAS CONSIDERANDO LAS ESPECIES DEL MICROFOULING

Indice de Jaccard (Fig. 21 y 22).

Analizando el diagrama de "trellis" efectuado en base a los valores calculados por este índice (Fig. 21) se aprecia una mayor afinidad entre los niveles C y D de marzo; B y C de abril, todos los de mayo, julio, agosto, setiembre y los niveles B y C de octubre. Los res-

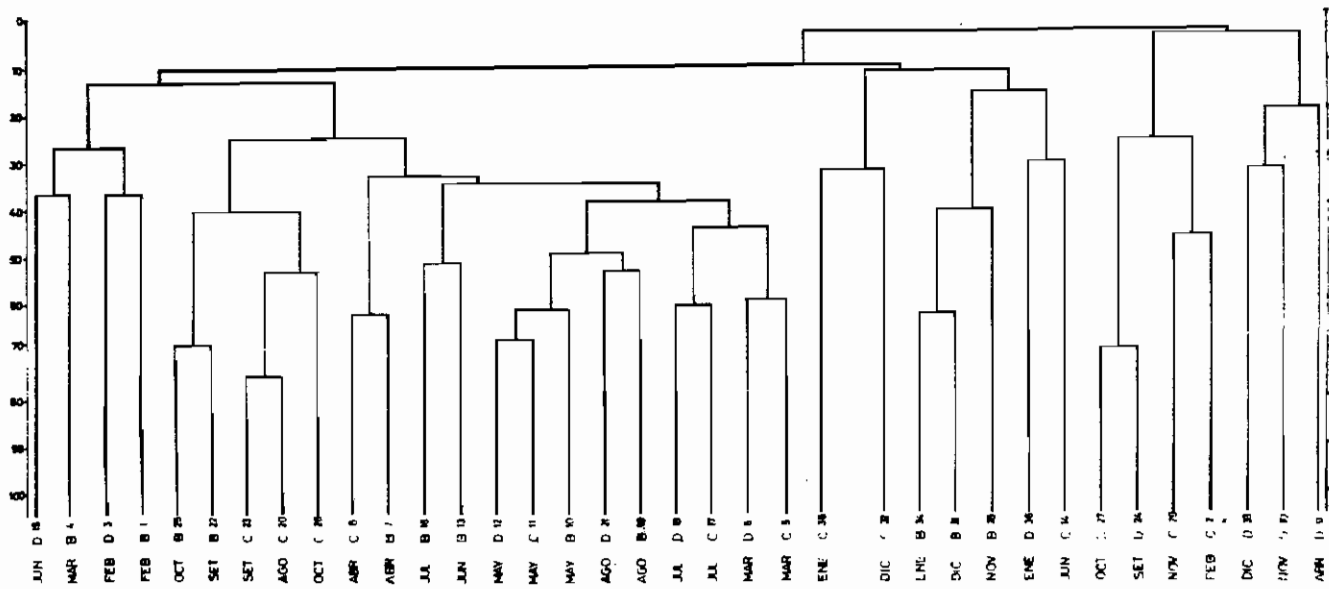
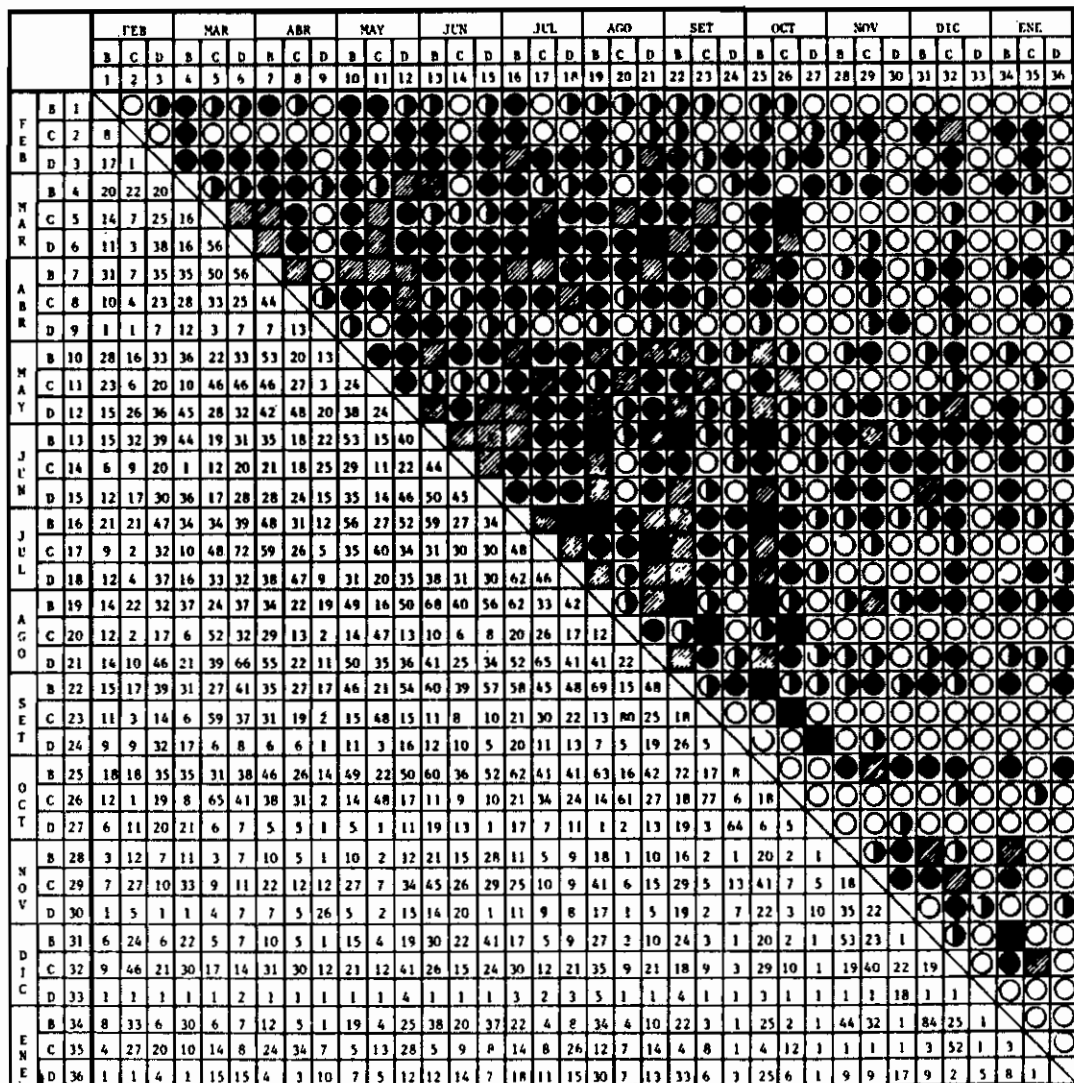


Fig. 22.- Análisis de agrupación en base al C.C. de Jaccard, considerando las especies del microfouling



○ 1-9,9% ◐ 10-19,9% ● 20-39,9% ▨ 40-59,9% ■ 60-100%

Fig. 23.- Diagrama de "trellis" [valores obtenidos aplicando el Índice de Czekanowski, considerando las especies del microfouling]

tantes meses presentaron valores más bajos de afinidad, tanto en la comparación entre ellos como con el resto de los meses del año.

Al analizar el dendrograma (Fig. 22) se distinguen dos grandes grupos de muestras, menos evidentes que en los casos anteriores. La composición de los mismos es la siguiente: el primero corresponde a las muestras 15, 4, 3, 1, 25, 22, 23, 20, 26, 8, 7, 16, 13, 12, 11, 10, 21, 19, 18, 17, 6, 5, 35, 32, 34, 31, 26, 36, 14, y el segundo compuesto por las muestras 27, 24, 20, 2, 33, 30 y 9. A su vez, den-

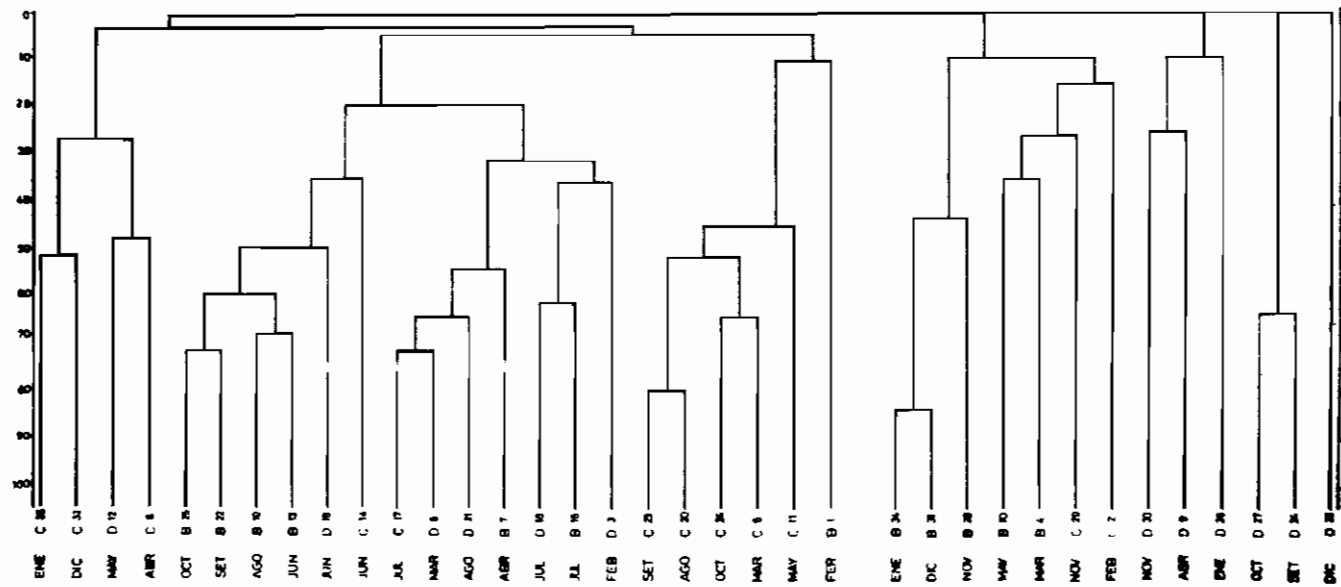


Fig. 24.- Análisis de agrupación en base al Índice de Czekanowski, considerando las especies del microfouling

tro del primer grupo se observa una clara división entre dos subgrupos que es importante destacar ya que la unión entre ellos se realiza por un nivel de afinidad muy bajo. El primero abarcaría desde la muestra 15 a la 5 y el segundo de la 35 a la 14. Teniendo en cuenta esta última división, se podría considerar en forma general, una agrupación entre las muestras pertenecientes al otoño, invierno y principios de primavera, otra agrupación entre las muestras del verano y, por último, un grupo de muestras aisladas, que generalmente han pertenecido a niveles inferiores.

Observando detalladamente los grupos que han presentado una mayor afinidad, se evidencia la relación entre niveles de profundidad iguales y sucesivos en el tiempo como, por ejemplo, los niveles C de agosto y setiembre (76 %), los B de setiembre y octubre (69 %), los D de setiembre y octubre (70 %), entre los más representativos. Esta característica indica una diferencia en la colonización de los sustratos desde el punto de vista batimétrico, produciéndose una zonación de microfouling en la zona estudiada.

Índice de Czekanowski (Fig. 23 y 24)

El diagrama de "trellis" correspondiente (Fig. 23) presenta una distribución de afinidades semejante a la observada en la matriz elaborada en base al índice de Jaccard. Sin embargo, hay una mayor diferenciación entre los valores de afinidad, disminuyendo aún más los menores e incrementándose en algunos casos los mayores.

En el dendrograma respectivo (Fig. 24) se puede observar la formación de tres grupos de muestras y una tendencia a la formación de núcleos entre niveles iguales de profundidad. Tal es el caso de los niveles B de setiembre-octubre (72 %), C de agosto-setiembre (84 %) y B de diciembre-enero (84 %), entre los que han presentado valores más altos de afinidad.

Esta característica en la agrupación de las muestras, ya observada al aplicar el índice de Jaccard, confirma la zonación del microfouling en la zona.

c) AFINIDAD ENTRE LAS MUESTRAS CONSIDERANDO LAS ESPECIES COMPONENTES DEL MACROFOULING

Índice de Jaccard (Fig. 25 y 26)

En el diagrama de "trellis" (Fig. 25) se puede observar una gran afinidad entre los meses de agosto, setiembre y octubre, relacionándose también, pero en menor grado, con el mes de julio.

En el dendrograma respectivo (Fig. 26) se vuelve a observar la relación existente entre el trimestre agosto-octubre, al comparar principalmente los niveles inferiores (muestras 24, 21, 27, 26, 23 y 20). El mes de julio en su totalidad (muestras 16, 17 y 18) se relaciona con el trimestre citado, pero con un nivel de afinidad menor.

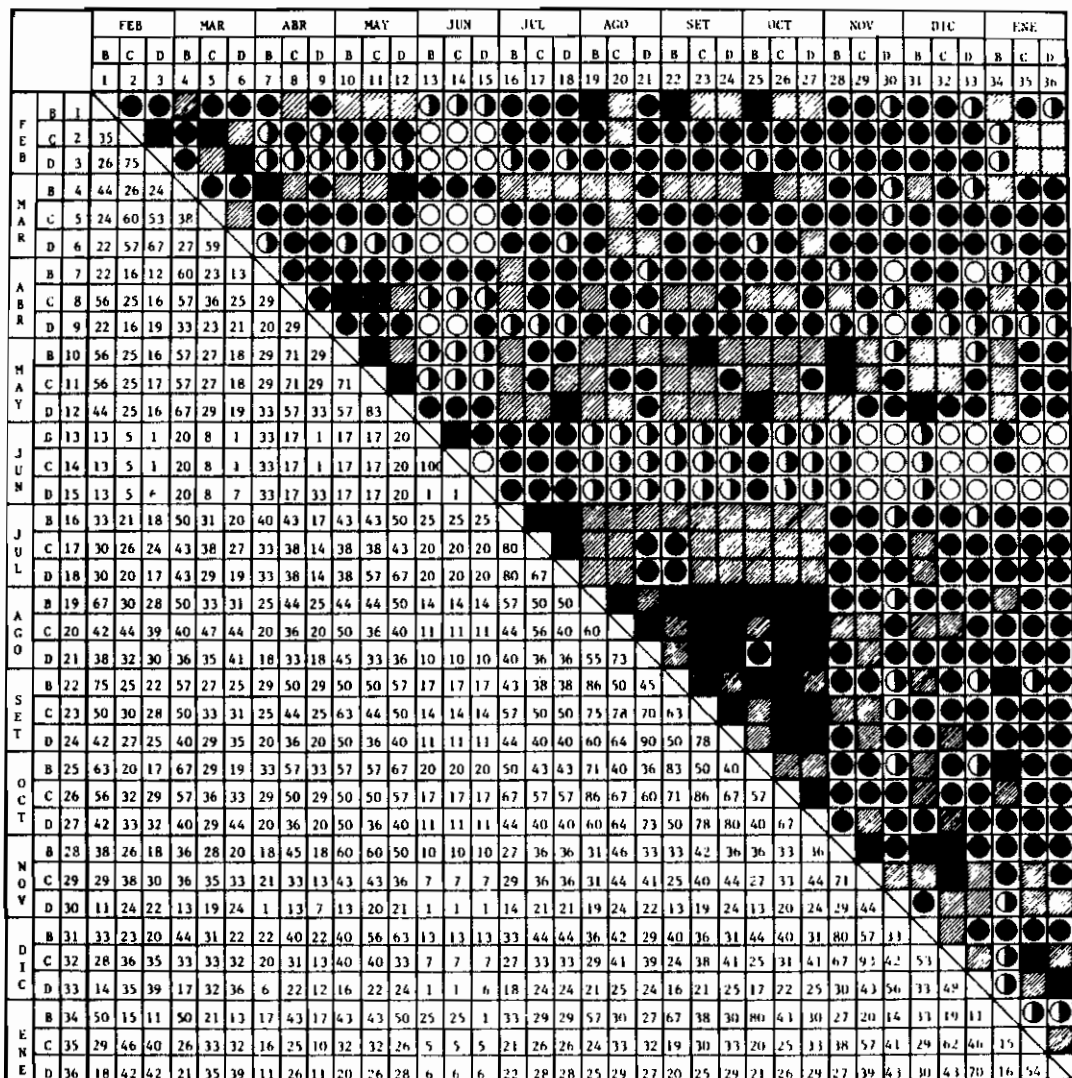


Fig. 25.- Diagrama de "trellis" (valores obtenidos aplicando el C.C. de Jaccard, considerando las especies del macrofouling)

Centrando la atención en los núcleos que han presenado valores más altos de afinidad, se puede observar que en general están compuestos por niveles iguales de profundidad y sucesivos en el tiempo, como es el caso de los niveles B de agosto-setiembre, D de agosto-setiembre, C de setiembre-octubre, C de noviembre-diciembre y D de diciembre-enero. La relación entre niveles de un mismo mes se detecta únicamente en los meses fríos (junio, B y C; julio, B y D).

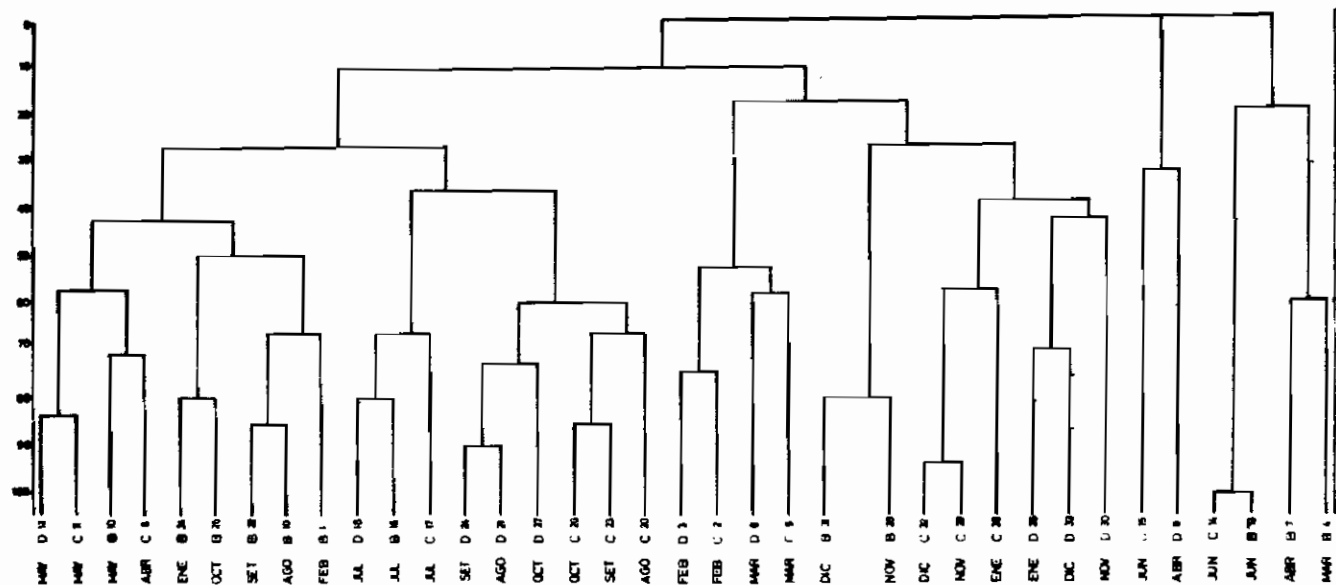
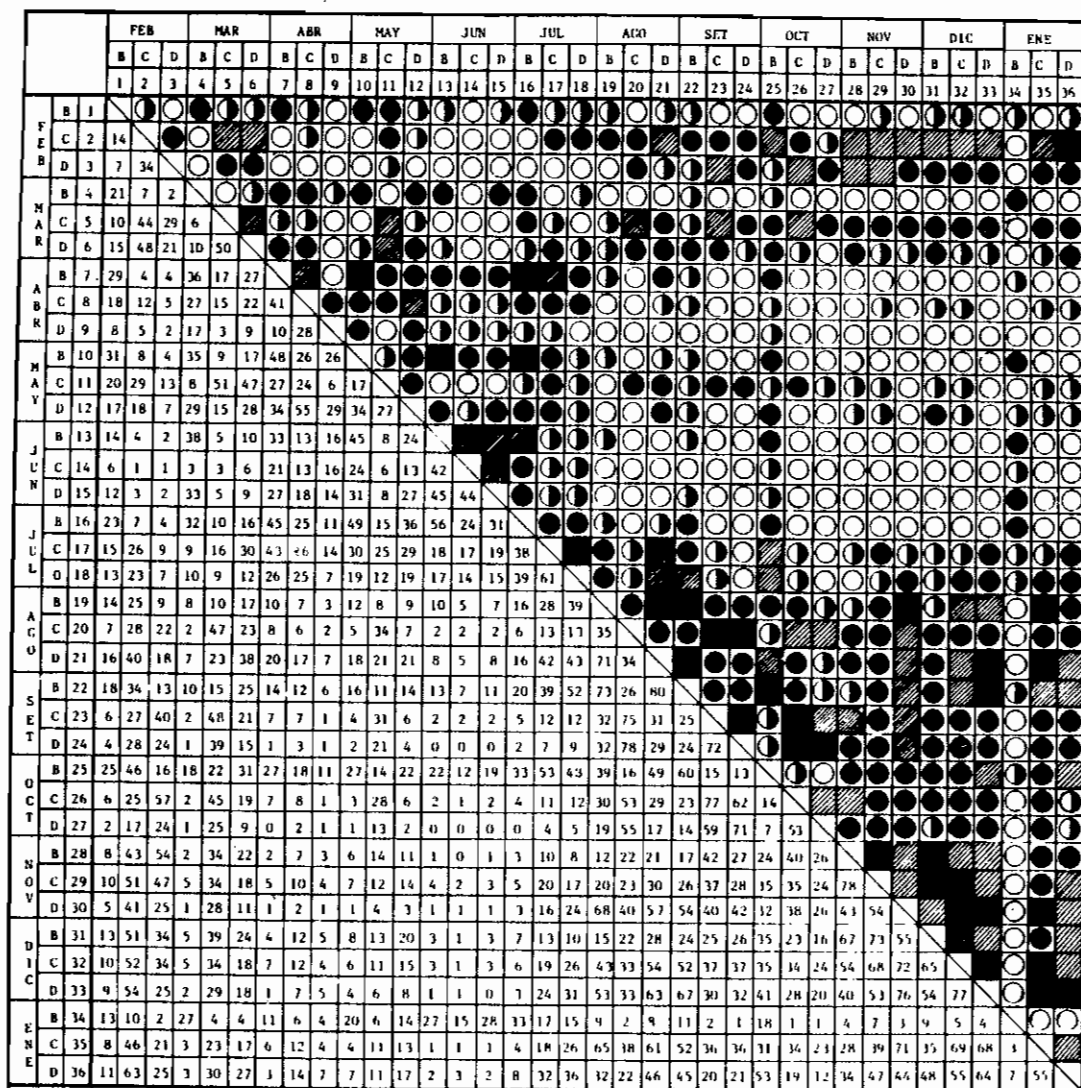


Fig. 26.- Análisis de agrupación en base al C.C. de Jaccard, considerando las especies del macrofouling



○ 1-9,92 ◐ 10-19,92 ● 20-39,92 ◑ 40-59,92 ■ 60-100,2

Fig. 27.- Diagrama de "trellis" (valores obtenidos aplicando el índice de Czekanowski, considerando las especies del macrofouling!)

Índice de Czekanowski (Fig. 27 y 28)

En base al diagrama de "trellis" (Fig. 27) se observa en forma general que la ubicación de las mayores afinidades corresponden al período comprendido entre los meses de julio y enero. Dentro del mismo, a su vez, se verifica la relación existente entre los meses de agosto, setiembre y octubre entre sí, y los meses de noviembre, diciembre y enero, no observada claramente en el diagrama similar

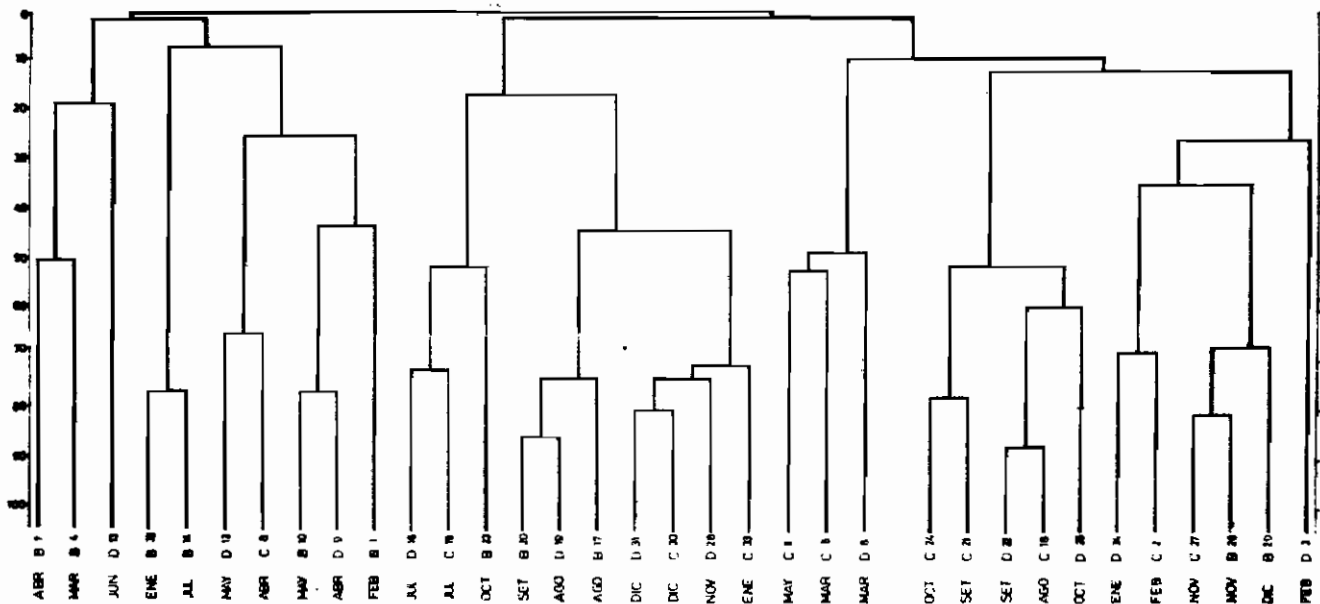


Fig. 28.- Análisis de agrupación en base al índice de Czekanowski, considerando las especies del macrofouling

correspondiente a los valores obtenidos con el índice de Jaccard.

Al analizar el respectivo dendrograma (Fig. 28), se aprecia que los valores de afinidad en los núcleos formados son menores que los observados al aplicar el índice de Jaccard. A su vez, la tendencia a relacionar meses sucesivos e iguales niveles de profundidad (índice de Jaccard) se mantiene parcialmente al analizar el trimestre agosto-octubre (muestras 19, 20, 21, 24, 18 y 22). En el trimestre noviembre-enero esta relación es secundaria, prevaleciendo la formación de núcleos constituidos por niveles distintos pertenecientes a un mismo mes, como es el caso de los niveles B y C de noviembre y C y D de diciembre.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA AFINIDAD ENTRE LAS MUESTRAS

En base a los valores de afinidad, se observaron diferencias en el agrupamiento de las muestras, según se considere la comunidad total o se la subdivida en micro y macrofouling.

Considerando que los resultados del análisis de la comunidad son una consecuencia de la interacción del micro y macrofouling ⁽¹⁾, se hará referencia primeramente a cada una de estas divisiones para luego efectuar el análisis del conjunto de la comunidad.

El microfouling, dentro de una consideración general, ha presentado durante el período marzo-octubre sus máximos valores de afinidad. Las agrupaciones de las muestras son semejantes, tanto al aplicar el índice de Jaccard como el de Czekanowski, si bien los valores calculados en base a este último fueron más extremos que los obtenidos por el primero. En base a los dendrogramas correspondientes, pudo apreciarse la tendencia a la formación de núcleos de alta afinidad entre muestras pertenecientes a iguales niveles de profundidad y sucesivos en el tiempo, deduciendo por ello que el microfouling presentaría una zonación vertical y variaciones a lo largo del año sin responder a un patrón definido.

En el macrofouling, la agrupación entre las muestras de alta afinidad presentó variaciones según se aplique el índice de Jaccard o el de Czekanowski. Mediante el primero se obtuvo un diagrama de "trellis" relativamente homogéneo, registrándose las mayores afinidades entre las muestras pertenecientes al período julio-octubre. En el diagrama de "trellis" realizado en base al índice de Czekanowski se evidencia la formación de un grupo de muestras de mediana y alta afinidad, pertenecientes al período agosto-enero, que a su vez se subdividen en dos trimestres (agosto-octubre y noviembre-enero), con altas afinidades entre los meses componentes de cada subgrupo. El primero de los trimestres citados coincide con lo observado en la matriz de similitud confeccionada con el índice cualitativo, pero el segundo recién se aprecia con claridad al realizar su similar en base al índice cuantitativo. Otra de las diferencias registradas en-

tre ambos índices reside en la formación de los grupos con alta afinidad en los dendrogramas. En Jaccard éstos se formaron entre niveles de profundidad iguales y sucesivos en el tiempo, al igual que lo observado en el trimestre agosto-octubre de Czekanowski; pero en el período noviembre-enero de este último, las mayores afinidades se apreciaron entre niveles pertenecientes al mismo mes.

En el estudio global de la comunidad (micro y macrofouling) es donde se registraron las mayores diferencias al aplicar ambos índices. Si se considera el diagrama de "trellis" construido en base al índice de Jaccard se observa que las afinidades más altas corresponden a fines del otoño, invierno y principios de primavera, coincidiendo con lo registrado en el análisis individual del microfouling. Los valores más altos de afinidad obtenidos en base al índice de Czekanowski corresponden en su mayoría a primavera y verano, coincidentemente con lo observado en el estudio del macrofouling. Por lo tanto puede afirmarse que el microfouling ha tenido mayor influencia sobre el total de la comunidad al aplicar el índice de Jaccard, y el macrofouling al aplicar el índice de Czekanowski.

Estas diferencias en ambos índices al estudiar la comunidad en su conjunto se deberían principalmente a:

- La supremacía del microfouling en número de especies, con respecto al macrofouling.
- La diferencia en el tamaño de la muestra entre el micro y el macrofouling.
- El mayor número de ejemplares por especie que presenta, en determinadas épocas el macrofouling en comparación con el microfouling.

Tomando en cuenta estas características y habiendo analizado los resultados de ambos índices en el estudio global de la comunidad, se observa que el índice cualitativo fue influenciado por el grupo que presentó un mayor número de especies; en cambio el cuantitativo lo fue por aquél que poseía un mayor número de individuos por especie. Por lo expuesto, en análisis futuros de afinidad en la comunidad, se debería tener en cuenta el grado de sensibilidad de los índices a utilizar, tratando de reducir al mínimo la influencia debida a la diferencia de tamaño de las muestras entre micro y macrofouling.

CONCLUSIONES

La caracterización ambiental de la zona de estudio, durante el período 1981/82, ha coincidido con las observaciones llevadas a cabo en estudios previos. La temperatura del agua alcanzó su máximo valor

durante el mes de febrero (22°C) mientras que el mínimo fue registrado en el mes de julio (8,9°C). La salinidad presentó amplias variaciones, como ya se registrara anteriormente, y el pH se mantuvo constante con valores ligeramente superiores a 8, indicando ello la ausencia de procesos importantes de contaminación.

En base al análisis de los sustratos de renovación mensual, ha sido posible determinar los ciclos de fijación de las principales especies incrustantes del micro y macrofouling. Considerando en principio el microfouling, las diatomeas han sido el grupo de organismos que presentó el mayor número de especies e individuos. Algunas especies conformaron ciclos similares a los de años previos, como es el caso de *Achnanthes longipes*, *Melosira sulcata* y *Nitzschia sigma*; otras ampliaron sus períodos de fijación, como *Cocconeis* sp., *Amphora* spp. y *Cyclotella* sp., en tanto que *Rhoicosphenia curvata* redujo su período de colonización.

Durante el presente estudio se registraron cinco especies de diatomeas no citadas con anterioridad sobre los paneles experimentales. Ellas son: *Amphora angusta*, *Nitzschia accuminata*, *Surirella gemma*, *Synedra affinis* y *Synedra affinis* var. *tabulata*.

Las diatomeas presentes en mayor número fueron, en esta oportunidad, *Achnanthes longipes*, *Amphora angusta*, *Amphora* spp., *Cocconeis* sp. y *Navicula* spp., siendo este último el género más importante en la zona de muestreo.

Los protozoos pertenecientes al género *Zoothamnium* fueron los organismos más importantes del grupo, confirmando lo observado en estudios previos en la zona y en otros puertos de la costa atlántica.

Dentro de los crustáceos el grupo de copépodos fue el que presentó mayor abundancia a lo largo del estudio.

Al analizar el macrofouling se observó que los géneros *Enteromorpha* y *Ulva* fueron, dentro de las clorofitas, los mejor representados. Ambos colonizaron los niveles superiores, directamente relacionados con la mayor iluminación de los mismos, como se observó anteriormente en la zona y en Mar del Plata.

Los hidrozooos de las especies *Gonothyrea loveni* y *Tubularia crocea* evidenciaron claros ciclos estacionales, colonizando los sustratos artificiales durante los meses de primavera-verano y mostrando una preferencia por los niveles inferiores.

Otro de los grupos importantes en el presente estudio fue el de los anélidos. Dentro de éstos, las principales especies registradas fueron *Ficopomatus enigmaticus*, *Spirorbis* sp. y *Polydora ligni*. Las dos primeras presentaron ciclos estacionales, a diferencia de *Polydora ligni*, que fue registrada a lo largo de casi todo el año y en densidades elevadas, constituyendo una de las especies dominantes de la comunidad.

Los mitílidos *Brachydontes rodriguezii* y *Mytilus platensis* comen-

zaron a colonizar los paneles experimentales en forma significativa a partir del mes de agosto, prolongando su colonización hasta fines de enero. En base a lo observado en el presente ciclo y comparando con otros previos, se puede caracterizar a los últimos meses del año (principalmente octubre) como los más importantes a tener en cuenta durante la aplicación de sistemas de control antifouling en la Central.

Las variaciones en los valores de diversidad (H'), calculados para el micro y macrofouling, han presentado diferencias según se considere uno u otro grupo. En el microfouling, al analizar los promedios anuales por niveles (B, 2,15; C, 2,06; D, 1,67) se puede observar que los valores más altos se encuentran en los niveles superiores. Llevando a cabo el mismo análisis para el macrofouling (B, 0,74; C, 1,01; D, 0,93) se observa que son los niveles inferiores los que presentan mayor diversidad.

Estas diferencias responderían a que la mayoría de las especies componentes del microfouling son diatomeas, las que encuentran en los niveles superiores las mejores condiciones para su desarrollo. En cambio los macrocomponentes han preferido zonas más estables de la columna de agua, sin las variaciones que se observan en el nivel superior.

Otras de las diferencias registradas entre micro y macrofouling son las variaciones en los valores de diversidad a lo largo del año. Mientras que las especies componentes del microfouling no han presentado correlación con la temperatura del agua, las del macrofouling mostraron relación con este factor en lo relativo a sus variaciones.

La evolución de la comunidad sobre los paneles acumulativos estuvo caracterizada por la fijación y desarrollo de especies pioneras, registrándose como dominantes *Enteromorpha* spp. en el nivel superior y *Gonothyræa loveni* en los inferiores; la maduración de la comunidad y el posterior desprendimiento de algunos de sus componentes principales, tal como ocurrió con los campanuláridos a los diez meses de inmersión; y la recolonización de los sustratos libres por mitílidos, por coincidir con su período reproductivo el citado desprendimiento.

En base al análisis de las muestras de *Brachydontes rodriguezi* y *Mytilus platensis* de las distintas zonas consideradas (Toma de Agua, Sector de Bombas y Sector de Condensadores), se pudo observar una diferencia significativa entre las mismas. Uno de los principales factores que incidiría en las variaciones registradas sería el cambio de velocidad de flujo del agua desde la Toma de Agua hasta los Condensadores. Este factor condicionaría un ambiente adverso para el normal crecimiento de estas especies, desde el sector de Bombas en adelante.

La disminución en el tamaño de los organismos se observa más claramente en las muestras de *Mytilus platensis*, ya que la pobla-

ción de *Brachydontes rodríguezi* ha presentado una gran abundancia de individuos juveniles en todas las zonas, lo cual permite suponer un retraso en su ciclo de fijación con respecto a *Mytilus platensis*. La relación en número de individuos entre ambas especies fue similar en casi todas las zonas estudiadas, no observándose en la mayor parte de los casos un predominio de alguna de las especies analizadas.

En base a los valores de afinidad se observaron diferencias en el agrupamiento de las muestras, según se considere la comunidad total o se la subdivide en micro y macrofouling. A su vez, la utilización de un índice cuantitativo, produjo valores más extremos que los calculados en base al índice cualitativo, en cada uno de los casos considerados.

Del análisis individual del micro y macrofouling, se pudo determinar que el primero tuvo mayor influencia sobre el total de la comunidad al aplicar el índice de Jaccard, y el macrofouling al aplicar el índice de Czekanowski.

Tomando en cuenta la diferencia en el tamaño de la muestra entre el micro y macrofouling y habiendo analizado los resultados de ambos índices en el estudio global de la comunidad, se observa que el índice cualitativo fue influenciado por el grupo que presentó un mayor número de especies, mientras que el cuantitativo lo fue por aquél que poseía mayor número de individuos por especie.

Por lo expuesto precedentemente, en futuros análisis de afinidad en la comunidad se debería tener en cuenta el grado de sensibilidad de los índices a utilizar, tratando de reducir al mínimo la influencia debida al tamaño de las muestras entre micro y macrofouling.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean prestar su agradecimiento al Lic. Daniel Martínez (IADO-UNS), al personal de DEBA y al del Laboratorio de Comunidades Bentónicas e Incrustaciones Biológicas del INIDEP, que colaboró en diversas formas en la realización del presente estudio.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Brankevich, G., Bastida, R. y Martínez, D.- Estudios ecológicos sobre las comunidades incrustantes de la Central Eléctrica Necochea (Puerto Quequén, Argentina). CIDEPI-ANALES, 175 (1985).
- (2) Bastida, R. y Brankevich, G.- Estudios ecológicos preliminares sobre las comunidades incrustantes de Puerto Quequén (Argentina).

- V Congreso Internacional de Corrosión Marina e Incrustaciones Biológicas, II, Biología Marina, 113, Barcelona, España (1980).
- (3) Bastida, R. y Brankevich, G.- Estudios ecológicos sobre las comunidades incrustantes de Puerto Quequén (Argentina), I. Características del microfouling. CIDEPINT-Anales, 199 (1981).
 - (4) Margalef, R.- Ecología. Editorial Omega, Barcelona, España (1974).
 - (5) Stirn, J.- Manual of Methods in Aquatic Environment Research. FAO Fisheries Technical Paper, 209, 70 pp. (1981).
 - (6) Sokal, R. y Rohlf, F.- Biometría, Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica. Blume Ed., España, 819 pp. (1979).
 - (7) Lie, U.- Methods in quantitative syn-ecology. Memorias del Seminario sobre Ecología Bentónica y Sedimentación de la Plataforma Continental del Atlántico Sur. UNESCO, 201 (1979).
 - (8) Crisci, J. y López Armengol, M.- Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. Monografía n° 26 de la OEA, 132 pp. (1983).
 - (9) Bastida, R. y Brankevich, G.- Estudios ecológicos sobre las comunidades incrustantes de Puerto Quequén (Argentina). II. Características del macrofouling. CIDEPINT-Anales, 156, 1982.
 - (10) Frenguelli, J.- Diatomeas de la Bahía de San Blas, Prov. de Buenos Aires. Rev. Mus. La Plata (n.s.), I, Bot., (5), 251, (1938).
 - (11) Frenguelli, J.- Diatomeas marinas de la costa atlántica de Miramar, Prov. de Buenos Aires. Mus. Nac. Hist. Nat. B. Rivad., 36, 243, 1930.
 - (12) Bastida, R., Mandri, M. E. T. de, Bastida, V. L. de y Stupak, M.- Aspectos ecológicos de las comunidades incrustantes (fouling) del Puerto de Mar del Plata, período 1973/74. LEMIT-Anales, 3, 120, 1977.
 - (13) Stupak, M. E., Bastida, R. y Arias, P.- Las incrustaciones biológicas del puerto de Mar del Plata (Argentina), período 1976/77. CIDEPINT-Anales, 173, 1980.
 - (14) Bastida, R.- Las incrustaciones biológicas en el puerto de Mar del Plata, período 1966/67 (1a. parte). LEMIT (La Plata), 1 (1968).
 - (15) Bastida, R. y Lichtschein de Bastida, V.- Las incrustaciones biológicas de Puerto Belgrano. III. Estudio de los procesos de epibiosis registrados sobre paneles acumulativos. CIDEPINT-Anales, 57 (1978).

TABLA I

COMPARACION ENTRE LAS MUESTRAS DE *Brachydontes rodriguezii* OBTENIDAS EN LAS
ZONAS 1, 2, 3 y 4

Zonas comparadas	Test de Bartlett χ^2 observado	Análisis de varianza F observado	Test de muest.heterogéneas F observado
1/2	4,13 *	--	14,97 **
1/3	155,58 **	--	71,72 **
1/4	370,99 **	--	157,27 **
2/3	185,01 **	--	7,75 **
2/4	288,43 **	--	216,15 **
3/4	506,04 **	--	20,11 **

Tamaño de las muestras: Zona 1 = 312; Zona 2 = 288; Zona 3 = 163; Zona 4 = 760

* Diferencia significativa ($P < 0,05$)

** Diferencia altamente significativa ($P < 0,01$)

TABLA II
COMPARACION ENTRE LAS MUESTRAS DE *Mytilus platensis* OBTENIDAS EN LAS
ZONAS 1, 2, 3 y 4

Zonas comparadas	Test de Bartlett χ^2 observado	Análisis de varianza F observado	Test de muest. heterogéneas F observado
1/2	7,00 **	--	2,02
1/3	6,49 *	--	323,51 **
1/4	9,33 **	--	863,01 **
2/3	32,82 **	--	193,21 **
2/4	0,02	584,90 **	--
3/4	53,28 **	--	265,33 **

Tamaño de las muestras: Zona 1 = 302; Zona 2 = 383; Zona 3 = 671; Zona 4 = 832

* Diferencia significativa ($P < 0,05$)

** Diferencia altamente significativa ($P < 0,01$)

Sin asterisco, diferencia no significativa

TABLA III
 RELACION PORCENTUAL ENTRE LAS ESPECIES *Brachydontes rodriguezii*
 Y *Mytilus platensis*
 (%)

Zonas.....	1	2	3	4
<i>Brachydontes rodriguezii</i>	50,82	50,44	18,57	47,73
<i>Mytilus platensis</i>	49,18	49,56	81,43	52,27

TABLA IV.- LISTA DE ORGANISMOS REGISTRADOS SOBRE PANELES MENSUALES EMPLAZADOS EN LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE D.E.B.A. EN PUERTO QUEQUEN, PERIODO 1981/82

MESES	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
NIVELES	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD
ALGAS												
<i>Crisofitas</i>												
<i>Achnanthes longipes</i>	XX	XXX	XX	XXX	X X	X X	XXX	XX	XX	XX	XX	X
<i>Amphora angusta</i>		X	XX	XXX	XX	XX	XXX	XXX	XX	X	X	
<i>Amphora</i> spp.	X X	XXX	XXX	XXX	X X	X X	XXX	XX	XX		X	X
<i>Ceratoneis cf. arcus</i>		X					X	X	X	X	X	
<i>Cocconeis</i> sp.	X	XX	XX	XX	X	XX	X	XX	XX			
<i>Coccinodiscus</i> spp.	XX			XXX		XX		XXX				
<i>Cyclotella</i> sp.	X X	XXX	XX	XXX	X	XXX	XX	XX	XX			
<i>Cymbella ventricosa</i>			X						XX	XXX	X	
<i>Gomphonema</i> sp.				XX		X	XX	XX				
<i>Grammatophora cf. marina</i>							X	XXX	XXX			
<i>Gyrosigma</i> sp.							X	X				
<i>Licmophora abbreviata</i>			XXX	XXX	X		X	X	X			
<i>Melosira sulcata</i>	XXX			XXX			XXX	XXX	XXX			X
<i>Melosira</i> spp.	X	XX	XX	XXX	XX	XXX	XXX	XX	XX	XXX	XX	XXX
<i>Navicula gravillei</i>	X	XXX		X		X	XXX		X	X	X	
<i>Navicula</i> spp.	X X	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XX	X	X	X X
<i>Nitzschia acuminata</i>	XXX	XX	XX	XXX	X X	XXX	XXX	XX				
<i>Nitzschia closterium</i>							X	X				
<i>Nitzschia cf. obtusa</i>	X						X	X			X	X
<i>Nitzschia sigma</i>		XX		XX	XXX	XX	XX	XX	XX	X	X	X
<i>Nitzschia</i> sp.	X		X	X		X	X	XX	X			
<i>Odontella aurita</i>						X X	XX	X				X
<i>Odontella mobiliensis</i>		X										
<i>Pinnularia</i> sp.		XX					X	X				

<i>Pleurosigma</i> sp.		X X	X	X				X	X			
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	X X	X		X X X		X X	X X				X	X
<i>Surirella gemma</i>							X X X	X X X	X	X		X
<i>Synedra affinis</i>		X	X X	X	X	X X X	X X	X	X		X	X
<i>Synedra affinis</i> var. <i>tabulata</i>		X X	X X X	X X X	X X	X X X	X X X	X X	X X	X X	X	X
<i>Synedra goulardi</i> var. <i>acus</i>		X		X			X	X X	X			X
<i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i>							X	X	X			
Cianofitas												
<i>Lyngbya</i> sp.							X	X				
<i>Oscillatoria</i> sp.				X	X							X X X
Clorofitas												
<i>Enteromorpha</i> spp.	X X	X X	X X	X X X	X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X	X X	X X X
<i>Pediastrum</i> sp.			X	X	X		X		X	X		
<i>Scenedesmus quadricauda</i>									X	X	X	
<i>Ulothrix</i> sp.	X X	X X								X		
<i>Ulva</i> sp.	X						X	X	X			X
PROTOZOOS												
Ciliados												
<i>Colpurnia</i> sp.	X		X		X						X X	X X
<i>Lacrymaria</i> sp.	X X	X			X X			X X X	X X X	X X		
<i>Zoothamnium</i> sp.	X X X	X	X				X	X X X	X X X	X	X X	X
Libres indet.	X		X X									
Suctorios												
<i>Acireta</i> sp.	X X						X	X X X	X X X	X X	X X	
Rizópodos												
Foraminíferos indet.		X X										
CELENERADOS												
Hidrozoos												
<i>Gonothyrea loveni</i>	X X	X X				X X X	X X X	X X	X X	X X	X X	X X
<i>Tubularia crocea</i>	X X	X									X	X
PLATELMINTOS												
Turbelarios indet.		X X									X	X
NEMATODES indet.	X X X	X X		X X	X X	X X	X		X	X		X X
NEMERTINOS indet.										X	X	

MESES	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	
NIVELES	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	
<i>Idothea</i> sp.				X				XX	XX	X	XX	X	X
<i>Sphaeroma</i> cf. <i>serratum</i>	XX	X											
Anfipodos													
<i>Caprella</i> sp.		X						X	X	X			
<i>Corophium insidiosum</i>	XXX	XXX	XXX	XXX	X	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XX	XX
Gammaridae indet.	XXX	X						XXX	XXX	XX			
Cirripedios													
<i>Balanus amphitrite</i>	XX	XXX	X							X	X	X	
Decápodos													
<i>Cyrtograpsus altimanus</i>		XX	X									X	X
<i>Cyrtograpsus angulatus</i>	XX		X	XX						XX	X	X	
TUNICADOS													
<i>Botryllus schlozeri</i>											X		X
<i>Ciona intestinalis</i>													XX
Didemnidae indet.													X