

RELACIONES TROFICAS DE LAS COMUNIDADES INCRUSTANTES
("FOULING") DEL PUERTO DE MAR DEL PLATA *

Lic. Ricardo Bastida **

Lic. Silvia G. L'Hoste ***

SERIE II, N° 329

- * CIDEPINT, Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (LEMIT-CONICET-CIC). Trabajo realizado con el apoyo económico de los organismos patrocinantes del Centro, y con el del Servicio Naval de Investigación y Desarrollo (SENID).
- ** Jefe de la Sección Estudios Biológicos del Lemit; Responsable del Area "Estudios sobre Incrustaciones Biológicas y Biodeterioro en Medio Marino" del CIDEPINT; Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET y del Comité Argentino de Oceanografía (CADO).
- *** Becaria del CONICET.

INTRODUCCION

Los estudios sobre ecología de las comunidades incrustantes (fouling) han adquirido en los últimos años un notable desarrollo. Pese a ello, resulta llamativo que un aspecto fundamental en la dinámica de estas comunidades, como es el conocimiento de las relaciones tróficas, constituya un tema prácticamente virgen a nivel mundial. Los únicos antecedentes al respecto son las investigaciones preliminares realizadas en el puerto de Mar del Plata (Bastida, 1971), las que han servido de base para planificar y desarrollar el presente trabajo.

Probablemente lo expuesto sea una consecuencia del poco conocimiento que existe sobre la alimentación de las comunidades marinas en general, ya que la mayor parte de los estudios sobre tramas tróficas en el ambiente marino han sido encarados recién en los últimos años.

En Argentina los estudios sobre relaciones tróficas en el mar se han desarrollado en forma parcial a lo largo de los últimos decenios, y en lo que se refiere a comunidades bentónicas en particular, éstos fueron iniciados en el área de pesca costera marplatense por Olivier, Bastida y Torti (1968). Posteriormente se efectuaron otros estudios sobre la alimentación de las comunidades estuariales de Mar Chiquita (Olivier et al, 1971) y sobre el comportamiento trófico del asteroideo Astropecten brasiliensis y su vinculación con los bancos comerciales de Mytilus platensis (Penchaszadeh, 1973).

En lo que respecta al fouling, los aspectos tróficos revisten particular importancia ya que la colonización exitosa de una especie y el desarrollo de la comunidad misma está condicionada en gran medida por la disponibilidad trófica. A su vez, los organismos incrustantes, por medio de su actividad alimentaria, pueden regular la magnitud de algunos factores ambientales de las zonas portuarias, tales como la contaminación orgánica, dinámica de los sedimentos, etc. y son capaces de modificar las características de su propio sustrato.

Estos estudios permiten, asimismo, una evaluación de la

competencia trófica que se establece entre los diversos integrantes de la comunidad y predecir en base a ello, los cambios que se producirán en la estructura del fouling ante la desaparición de algunas de las especies.

El presente trabajo ha tenido como principal finalidad conocer los mecanismos de alimentación empleados por los diversos organismos incrustantes, su espectro trófico, las cadenas y tramas alimentarias de la comunidad y la posible aplicación de todos estos conocimientos en el cultivo de ciertas especies del fouling en el laboratorio para la realización de bioensayos.

METODOLOGIA

Las investigaciones fueron realizadas en base a muestras biológicas coleccionadas sobre la balsa experimental fondeada en el puerto de Mar del Plata (Bastida, 1971 a) y complementadas con otras provenientes de las comunidades bentónicas asentadas sobre las construcciones portuarias.

Los datos sobre alimentación de las especies estudiadas fueron obtenidos por diversos métodos. En la mayoría de los casos se analizó el contenido gástrico, lo que se logró en base a disecciones adaptadas a la talla y características de los organismos en cuestión. En algunas especies se complementó esta información con el análisis de deyecciones (p. ej. Cyrtograpsus angulatus, C.altimanus, Sphaeroma cf. serratum y Siphonaria lessoni).

También se empleó el método de observación directa (bajo estereomicroscopio) de los organismos vivos, que resultó particularmente eficaz para aquellas especies de pequeña talla en las que resulta dificultoso efectuar disecciones. A su vez, este tipo de observación brindó información sobre el comportamiento y mecanismos de alimentación empleados por los organismos en su medio natural. Cabe mencionar que para este tipo de análisis se utilizaron micropaneles inertes de 10 x 5 cm de lado, que habían permanecido sumergidos a distintas profundidades durante períodos variables de tiempo.

El método de observación directa también sirvió para realizar experiencias sobre selectividad de alimentos presentes en la comunidad. Con esta finalidad fueron colocadas en cápsulas de Petri de 20 cm de diámetro diversas especies (p. ej. Sphaeroma cf. serratum, Polydora ligni) y se analizó su comportamiento ante distintos alimentos. Dichas experiencias no sólo brindaron datos sobre preferencia ante determinado tipo de alimentos y mecanismos de ingestión, sino también sobre tiempos de digestión y grado de transformación del alimento incorporado.

Para facilitar el reconocimiento de los restos semi-digeridos, fue necesario en muchos casos efectuar comparaciones con ejemplares íntegros provenientes de las comunidades incrustantes. En el caso particular de los crustáceos, se realizaron disecciones y montajes definitivos de los apéndices de las especies más comunes, los cuales sirvieron exitosamente como patrones de comparación.

Con respecto al análisis cuantitativo de los contenidos gástricos, se empleó para ello el método de frecuencia de aparición, ya que el mismo ha demostrado ser muy útil y de fácil aplicación, a la vez de reflejar fielmente el proceso biológico. Sin embargo, debe tenerse presente que, al igual que la mayoría de los métodos, tiende a sobreestimar las partes duras del alimento (caparazones de crustáceos, moluscos, etc.) y a subestimar las blandas, especialmente en el caso de organismos de pequeña talla.

En cuanto a otros métodos que brindan valores de biomasa (por peso o por volumen) fueron desechados debido a las características del material biológico estudiado. Además, dado que los datos de biomasa que se obtienen a través de los mismos son de valor relativo y el método insume demasiado tiempo, su empleo no se justifica para este tipo de investigación.

Para cada ejemplar analizado se elaboró una ficha conteniendo las referencias particulares y la lista de los rubros identificados en su contenido gástrico. Con el conjunto de las fichas de cada especie se confeccionó una tabla donde consta el espectro trófico completo y el porcentaje de frecuencia de aparición correspondiente (tabla I).

Los datos expuestos en la tabla mencionada hicieron po-

sible una representación gráfica que permite visualizar fácilmente los espectros tróficos de las especies estudiadas. Estos gráficos consisten en círculos divididos en sectores, cuyos ángulos son proporcionales a los porcentajes de la frecuencia de aparición de los diversos rubros alimentarios (fig. 1 a 7).

En el caso de ciertas especies y como complemento de los anteriores, se han trazado otros círculos que aclaran la composición y diversidad específica de los grupos más importantes presentes en su dieta.

Finalmente con la totalidad de los datos acumulados y las referencias preliminares (Bastida, op. cit.) fue posible diagramar la trama trófica de la comunidad incrustante del puerto de Mar del Plata (fig. 8).

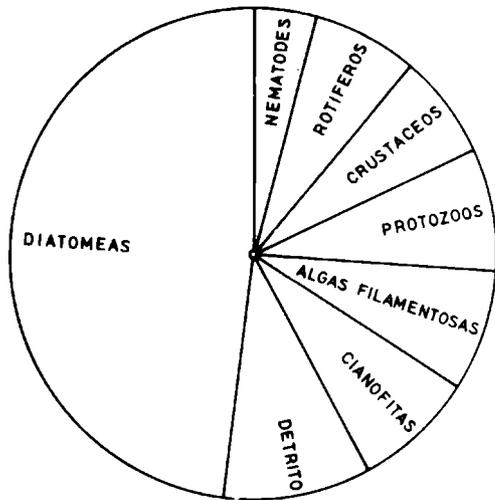
ESPECTRO TROFICO DE LAS
ESPECIES ANALIZADAS

Halosydnella australis (fig. 1, tabla I)

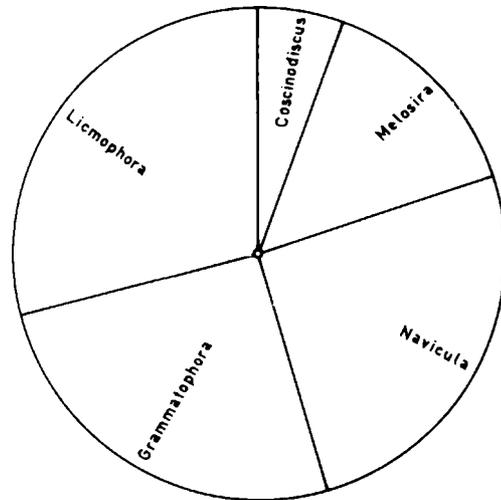
La dieta de este poliqueto está constituida en su mayor parte por alimento de origen vegetal (más del 65 % del total). De este último, las diatomeas representan el 47,9 % y el resto corresponde a cianofitas y algas filamentosas.

De los cinco géneros de diatomeas identificados, Grammatophora, Licmophora y Navicula son los más importantes, mientras que Melosira y Coscinodiscus aparecen en bajas proporciones.

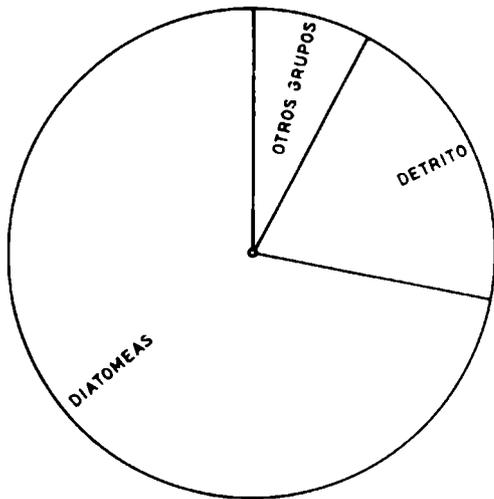
El resto de los componentes de la dieta de Halosydnella australis son organismos integrantes de las primeras etapas de desarrollo de las comunidades asentadas sobre paneles experimentales. Este hecho nos indicaría que H. australis, desde el punto de vista trófico, estaría capacitada para colonizar sustratos experimentales desde sus primeras etapas sucesionales. Sin embargo, estudios previos sobre procesos



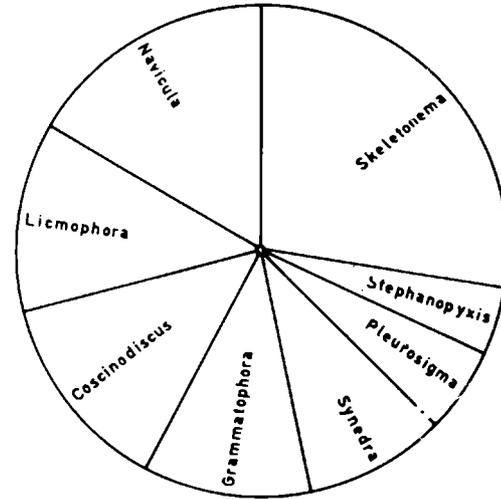
Espectro trófico de *Halosydnella australis*



Participación de diatomeas en la dieta de *Halosydnella australis*



Espectro trófico de *Mercierella enigmatica*



Participación de diatomeas en la dieta de *Mercierella enigmatica*

Fig. 1

de colonización indican que este poliqueto no suele encontrarse en comunidades jóvenes como las que se presentan en paneles mensuales. Por el contrario, se ha observado que ingresa a la comunidad exclusivamente en paneles acumulativos (Bastida, op. cit), en los cuales las comunidades alcanzan mayor desarrollo. Por lo tanto se puede concluir que su ausencia de las comunidades jóvenes no está condicionada por la disponibilidad trófica sino por la falta de refugio adecuado.

El detrito juega un papel bastante importante en la dieta de esta especie, dada su alta frecuencia de aparición; sin embargo su real importancia queda enmascarada por el alto número de rubros que integran la dieta de este poliqueto.

Polydora ligni (tabla I)

La mayor parte de los ejemplares analizados, empleando el método de disección o aplastamiento, presentaron sus tubos digestivos vacíos o con escasos restos de alimento. Por este motivo no se incluyen planillas ni figuras.

Ante estos resultados poco satisfactorios, se optó por realizar observaciones en vivo, bajo estereo microscopio. Gracias a este método pudieron obtenerse muy buenos resultados que permitieron conocer la dieta de esta especie como así también los mecanismos de ingestión del alimento, construcción de habitáculos, etc.

El alimento principal de Polydora ligni son las diatomeas (Synedra, Licmophora, Coscinodiscus, etc.). Aparentemente no existe una marcada selectividad específica en la ingestión de estos vegetales y la proporción de cada uno de los géneros en el contenido gástrico refleja su abundancia en la comunidad circundante. Sin embargo se ha observado que aquellos géneros que forman largas cadenas poco quebradizas no se adaptan a los requerimientos tróficos de este poliqueto.

El detrito, otro de los componentes frecuentes en la dieta de Polydora ligni, es ingerido conjuntamente con las diatomeas, ya que estas últimas suelen aglutinarse alrededor de las partículas del detrito.

Polydora ligni posee diversos mecanismos para la ingestión del alimento. El más llamativo es aquel en que se emplean los palpos para raspar el detrito depositado sobre el sustrato. El material obtenido por este mecanismo es luego llevado hacia la boca por medio de una canaleta ciliada que recorre todo el palpo.

Las partículas o conglomerados de alimento pueden ser incorporados en cualquier punto a lo largo de todo el palpo, si bien el extremo del mismo también puede ser utilizado a manera de gancho para desprender las partículas adheridas al sustrato.

Frecuentemente los ejemplares de Polydora suelen agruparse muy próximos entre sí, pudiendo observarse en varias oportunidades el pasaje de partículas de alimento desde el palpo de un individuo al del otro de un ejemplar vecino.

Aparentemente no existe una estricta selección del tamaño del alimento incorporado, notándose cambios en el mecanismo de ingestión de acuerdo a la talla de la partícula.

En el caso de partículas grandes, el animal proyecta la parte anterior del cuerpo fuera del tubo que le sirve de habitáculo y toma directamente el alimento con la boca, sin necesidad de que éste recorra los palpos previamente. En otras ocasiones el animal debe utilizar los dos palpos en forma coordinada para tomar las partículas de gran tamaño y llevarlas luego a la boca.

Otra forma de ingerir el alimento consiste en extraer gran parte del cuerpo fuera del tubo, para raspar el sustrato con la boca, incorporarlo y recién retraerse nuevamente hacia el interior de su habitáculo.

Aunque no muy frecuentemente, es posible observar otro tipo de mecanismo alimentario, consistente en la incorporación de partículas de pequeño tamaño que son arrastradas hacia la boca por medio de corrientes de agua, originadas probablemente por los movimientos de los palpos.

Todos estos mecanismos descriptos son interrumpidos de inmediato ante la presencia cercana de cualquier otro organismo de mayor talla, tal como ocurre frecuentemente con Sphaeroma cf. serratum durante su deambular por la comunidad. En es-

Detritos.....	9,58	19,73	20,83	-	16,65	-	13,02
Ciliados libres indet.....	-	-	-	-	-	-	1,56
Ciliados sésiles indet.....	-	-	-	-	-	-	1,04
Dictyocha.....	1,37	-	-	-	-	2,27	-
Dinophysis.....	-	-	-	-	-	-	-
Exuviaella.....	-	-	4,16	-	5,55	2,27	-
Favella.....	-	-	-	-	-	-	-
Foraminiferos.....	-	-	-	-	0,55	-	-
Helicostomella.....	-	-	-	-	-	-	-
Peridinium.....	-	1,31	4,16	-	-	-	-
Suctorios.....	-	-	-	-	2,77	-	-
Tintinnopsis.....	-	-	-	-	-	-	-
Tintinidos indet.....	-	1,31	-	-	2,22	-	-
Vorticella.....	-	1,31	-	-	4,44	-	1,04
Zoothamnium.....	6,84	-	-	-	-	-	9,37
Campanuláridos.....	-	-	-	3,80	1,11	-	-
Nematodos.....	4,10	-	-	1,91	4,44	-	7,81
Rotíferos.....	6,84	-	-	-	-	-	9,89
Larvas poliqueto indet.....	-	-	-	-	-	-	0,52
Larvas <u>Polydora</u>	-	-	-	-	0,55	-	-
Anfípodos.....	-	-	-	-	-	-	-
Copepoditos.....	-	-	-	-	-	2,27	0,52
Copépodos harpacticódeos.....	4,10	2,63	-	0,95	-	-	0,52
Copépodos ciclopoideos.....	-	-	-	-	-	-	-
Crustáceos indet.....	2,73	-	-	0,95	-	2,27	-
<u>Idotea</u>	-	-	-	-	-	-	-
Nauplii de cirripedios.....	-	-	-	-	-	-	-
<u>Sphaerosa</u>	-	-	-	-	-	-	-

tos casos los ejemplares de Polydora retraen sus palpos dentro del tubo y no reinician su actividad trófica hasta tanto el otro organismo no se haya alejado. El alimento ingerido por Polydora ligni se elimina en forma de largas heces, de gran tamaño, muy semejantes en su aspecto general al material antes de ser ingerido.

La expulsión de las heces se produce poco tiempo después de la ingestión del alimento y la misma se ve favorecida por movimientos ondulantes que los ejemplares realizan hacia adelante y hacia atrás.

Analizando las deyecciones de algunos ejemplares, pudo comprobarse que estaban constituidas por compactos conjuntos de diatomeas, de variado tipo y tamaño, si bien la dominancia correspondía a Synedra. Estas deyecciones carecían generalmente de material detrítico, mientras que las diatomeas presentaban diferente coloración. Esta última iba desde un pardo verdoso, típico de aquellos ejemplares vivos, hasta la transparencia total en aquellos casos en que los frústulos estaban vacíos. De todas formas estas características no pueden ser utilizadas en este caso como sinónimo de diversos grados de digestión, pues se ignora en detalle el estado de las diatomeas al momento de ser ingeridas.

Nuestras observaciones con respecto a la alimentación de esta especie coinciden en gran medida con las de Daro y Polk (1975) para la especie afín Polydora ciliata en las costas belgas.

Según dichos autores, el mecanismo normal de nutrición de Polydora ciliata consiste en raspar la capa de sedimento con sus palpos, aunque también esta especie podría pastorear directamente con su boca extendiendo para ello el cuerpo fuera del tubo hasta el 5º y 6º segmento.

En las observaciones realizadas directamente sobre Polydora ligni pudo comprobarse que el pasaje de las partículas ingeridas a través del intestino, era extremadamente rápido. Este comportamiento, que deberá ser estudiado más profundamente en trabajos futuros, podría deberse tanto a una baja eficiencia en la asimilación del alimento, como a posibles alteraciones producidas en los especímenes por el método de observación directa.

Mercierella enigmatica (fig. 1, tabla I)

Los serpúlidos son una de las familias de poliquetos bien representadas en las comunidades bentónicas de áreas portuarias. Como integrantes del fouling constituyen especies altamente agresivas, tanto por la acción mecánica que ejercen sobre la superficie de adhesión, como por su rápido crecimiento y resistencia a los tóxicos de uso frecuente (Bastida, 1971 a y b).

En el puerto de Mar del Plata se encuentran las siguientes especies de serpúlidos: Mercierella enigmatica, Hydroides elegans, H. plateni y Serpula sp. La primera de estas especies es la más abundante en el área portuaria, motivo por el cual fue seleccionada para estudiar su alimentación. Además esta especie resulta doblemente interesante, pues también es uno de los componentes importantes de las comunidades bentónicas de la albufera de Mar Chiquita, cercana a nuestra zona de estudios. Ahí suele constituir, merced a la unión de sus tubos, grandes bloques calcáreos que modifican la topografía del fondo de la albufera, produciendo serios inconvenientes para la navegación en las zonas de baja profundidad.

Los ejemplares analizados indicaron que la dieta de esta especie está integrada principalmente por diatomeas y detrito. En efecto, ambos rubros alimentarios fueron encontrados en la totalidad de los ejemplares estudiados, en niveles cuantitativos que generalmente oscilan entre frecuente y abundante. En el gráfico correspondiente al espectro trófico de Mercierella enigmatica, las diatomeas parecen tener mayor importancia que la real, pues ese valor corresponde a la suma total de la frecuencia de aparición de cada uno de los distintos géneros (71,0 %), mientras que el detrito, como es lógico, ha sido considerado como un único rubro por desconocerse sus múltiples orígenes (19,7 %).

El espectro trófico de este poliqueto incluye también algunas especies de protozoos y copépodos de pequeña talla que, considerados conjuntamente, alcanzan un porcentaje de frecuencia de aparición del 9,2.

Hydroides elegans (tabla I)

Es el serpúlido que le sigue en importancia. Se trata de una especie muy afín a Hydroides norvegica y así fue identificada en trabajos previos hasta que se realizaron estudios revisionistas del presente género.

El análisis del contenido gástrico reveló grandes similitudes con la dieta de Mercierella enigmatica, motivo por el cual no se consideró necesario graficar dicha información. Es probable que tanto Hydroides plateni como Serpula sp. presenten una dieta semejante.

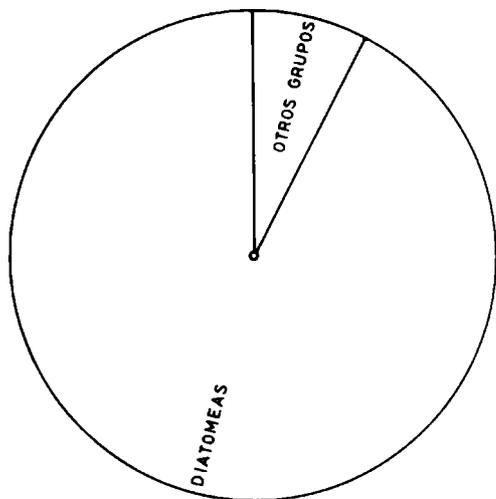
Siphonaria lessoni (fig. 2, tabla I)

Este gasterópodo pulmonado es uno de los componentes típicos del piso mediolitoral rocoso de la costa marplatense y del área portuaria (Olivier y Penchaszadeh, 1968; Bastida et al., 1971).

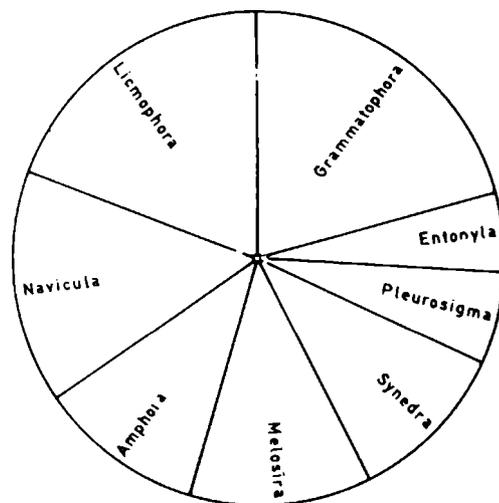
Sus hábitos típicamente hervíboros lo vinculan estrechamente con la distribución de ciertas algas clorofitas, como por ejemplo Ulva y Enteromorpha. Sin embargo, al igual que Siphonaria pectinata (Voss, 1959), S. lessoni puede también alimentarse de algas microscópicas, como es el caso de las diatomeas y cianofitas que forman la película inicial en los paneles experimentales o que recubren áreas rocosas naturales.

Los ejemplares analizados durante el presente estudio provienen de la balsa experimental y corresponden a un período del año en que el cinturón de clorofitas está escasamente desarrollado; de ahí que el espectro trófico identificado esté integrado fundamentalmente por diatomeas, siendo la mejor representada Grammatophora, siguiéndole en orden de importancia Licmophora y Navicula.

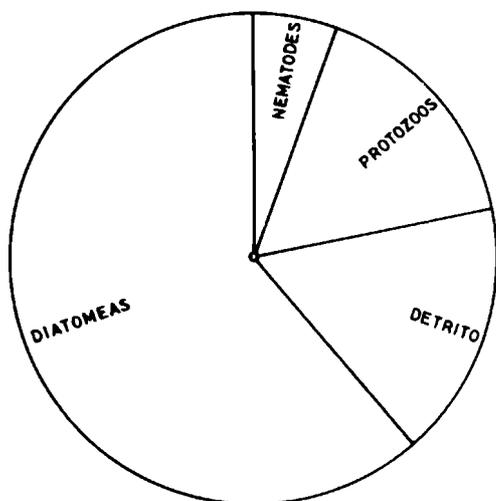
En algunos especímenes analizados se encontraron también hidrozooz campanuláridos y más raramente copépodos y nematodos. Estos últimos hallazgos amplían el espectro trófico conocido hasta el momento para esta especie y hacen que Siphonaria lessoni ocupe niveles tróficos más elevados en la trama trófica bosquejada para el puerto de Mar del Plata (fig. 8).



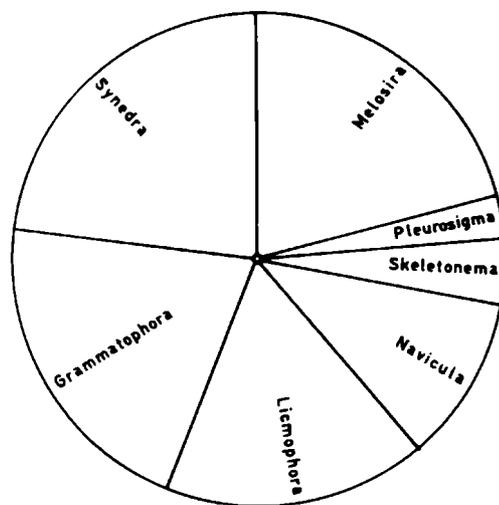
Espectro trófico de Siphonaria lessoni



Participación de diatomeas en la dieta de Siphonaria lessoni



Espectro trófico de Mytilus platensis



Participación de diatomeas en la dieta de Mytilus platensis

Fig. 2

Los antecedentes sobre la alimentación de este molusco (Bastida et al., 1971) indicaban que su régimen alimentario estaba constituido por una amplia variedad de diatomeas y distintas especies de algas superiores (Ulva lactuca, Enteromorpha intestinalis, Polysiphonia sp., Ceramium sp. y Bangia sp.) en un grado variable de frecuencia, según los ciclos de fijación de cada especie y su posterior evolución en la comunidad.

La característica de consumidor primario es común en este género de moluscos litorales. Por ejemplo Siphonaria pectinata en el SE de Florida, además de diatomeas y algas microscópicas, se alimenta de algas superiores como Bostrychia tenella, Ulva lactuca y Enteromorpha flexuosa (Voss, 1959). Siphonaria atra, en aguas de Singapur, obtiene su sustento de algas incrustantes, diatomeas y detrito; en cuanto a su acción de pastoreo ésta se produce durante la bajamar, pero puede interrumpirse por el sobrecalentamiento del sustrato debido a la acción del sol y del viento. Por su parte, Siphonaria thersites que, al igual que la anterior, realiza importantes desplazamientos en la búsqueda de alimentos, tiene por principal sustento a las feofitas del género Fucus.

El tracto digestivo de Siphonaria lessoni, según Bastida et al. (1971), siempre fue encontrado repleto de alimento, lo que implica que no hay largos períodos de ayuno (al menos sobre balsas experimentales).

Dichos autores sostienen también que, pese a la acción intensa de pastoreo, nunca llegan a eliminar totalmente el cinturón de algas que se forma habitualmente sobre la línea de flotación de sustratos artificiales flotantes, ya que el crecimiento y ritmo de repoblación del mismo es extraordinariamente acelerado.

Tenellia pallida (Eubranchus pallidus)

La alimentación de este molusco nudibranquio no pudo ser estudiada en base al análisis de su contenido gástrico, pues por su pequeña talla y frágil consistencia fue imposible realizar disecciones exitosas. Por tal motivo, la evidencia de sus fuentes de alimento debió ser obtenida a par-

tir de observaciones en vivo, que luego fueron completadas y corroboradas con referencias de otros autores, En consecuencia, no se incluyen tablas ni gráficos que ilustren sobre el espectro trófico de esta especie.

Nuestras observaciones sobre ejemplares mantenidos en acuario confirman los aspectos señalados por Bastida (1971 a), en cuanto a la estrecha relación existente entre este nudibranquio y ciertas especies de hidrozoo campanuláridos (Obelia angulosa y Gonothyraea inornata).

Todos los representantes de este grupo de moluscos viven casi siempre sobre o muy cerca de los organismos que les sirven de alimento, estableciéndose entre ellos una relación específica (Miller, 1961). Este autor califica a los Nudibranchia como carnívoros poco activos, cuya dieta está constituida fundamentalmente por diversas especies de esponjas, celererados, briozoos y ascidias coloniales.

En la mayor parte de los casos se establecen relaciones tan estrechas que la presencia del predador, en una determinada zona, está condicionada por el establecimiento previo del organismo presa (Bastida, 1971 a y b).

Los antecedentes bibliográficos sobre la alimentación de Tenellia pallida en otras latitudes (Miller, 1961) indican que esta especie consume fundamentalmente Tubularia indivisa, Obelia geniculata, O. longissima e Hydrallmania falcata, espectro trófico semejante al observado en ejemplares del puerto de Mar del Plata. Sin embargo cabe mencionar que Tubularia crocea, especie frecuente en nuestra zona de estudios, no es colonizada ni sometida a predación por parte de Tenellia pallida.

Mytilus platensis (fig. 2, tabla 1)

Los ejemplares de Mytilus platensis provenientes de la balsa experimental, presentaron un espectro trófico compuesto principalmente por detrito, diatomeas y algunos elementos de origen animal, especialmente de hábitos bentónicos.

La sumatoria de los porcentajes de frecuencia de aparición de todos los géneros de diatomeas alcanza el 61,0 % mientras que el detrito el 16,7 %. Cuantitativamente el de-

trito es el alimento más abundantemente encontrado en cada uno de los ejemplares analizados, y sin ninguna duda es el recurso básico de esta especie en nuestra zona de estudios. El resto de los componentes del espectro trófico aparece en pequeñas cantidades, oscilando entre escaso y raro, de acuerdo a nuestra escala de abundancia relativa.

Dentro de los rubros que configuran el espectro trófico de esta especie, la mayor parte son de origen bentónico; así entre las diatomeas se ha encontrado Licmophora, Synedra, Grammatophora y Melosira; entre los animales, Vorticella, suctorios y nematodos. La ingestión de estos elementos bentónicos puede deberse a factores ambientales como turbulencias, corrientes de marea o procesos de resuspensión del material a través de microcorrientes producidas por el sistema de filtración de Mytilus platensis. El hecho también puede deberse a un mecanismo observado en Mytilus edulis (Theisen, 1972), consistente en la limpieza de la conchilla, por medio del pie, que está adaptado morfológicamente para dicho proceso. Los organismos epibiontes y el detrito que usualmente se encuentra sobre la conchilla son transportados a la cavidad del manto y tratados de la misma forma que aquellos alimentos que ingresan por mecanismos de filtración. Al igual que estos últimos, posteriormente pueden ser ingeridos o eliminados como pseudoheces.

Por otra parte, en el espectro trófico de Mytilus platensis también se han encontrado elementos típicamente planctónicos como es el caso de Exuviaella, tintínidos, etc., aunque siempre en menor proporción que los anteriores.

De acuerdo a los estudios realizados con otras especies de Mytilus, puede inferirse que este género presenta una gran plasticidad en sus requerimientos tróficos. Por ejemplo, Fox (1936) y Buley (1936) determinaron que el principal alimento de Mytilus californianus consistía en varias especies de dinoflagelados, los que en algunos casos llegaban a constituir el 99 % del contenido estomacal. Este alimento, sin embargo, podía ser reemplazado por diatomeas, detritos vegetales, bacterias, etc., cuando la densidad de dinoflagelados descendía en el área. Además se ha podido comprobar que M. californianus está capacitado para ingerir plancton en general, así como también productos de desintegración vegetal y animal (clo-

roplastos, gránulos de almidón, sedas, glóbulos de aceite y partículas proteicas), que aparentemente podrían constituir una parte fundamental de la dieta (Coe y Fox, 1942). Zobell y Feltham (1938), por su parte, lograron cultivar exitosamente ejemplares de Mytilus californianus alimentados exclusivamente con cultivos de bacterias.

Mytilus platensis juega un papel muy importante en el ambiente portuario ya que su mecanismo de filtración de partículas no sólo está vinculado con su actividad alimentaria, sino que también actúa en los procesos de biodeposición o biosedimentación. Este proceso es sumamente importante en los ambientes portuarios y estuariales, pues a través de este mecanismo la deposición de las partículas en suspensión sobre el fondo, es aproximadamente ocho veces mayor que la que se produce exclusivamente por el efecto de la gravedad (Bastida, 1971 a).

Si bien hasta el presente no se han realizado estudios sobre la tasa de bombeo y eficiencia de filtración en Mytilus platensis, es probable que esta especie se comporte en forma similar a M. edulis en la cual este valor oscila entre 0,16 y 1,9 l/h, según los resultados obtenidos por diversos autores (Jørgensen, 1966; Willemsen, 1952; Davids, 1964).

En cuanto al poder de retención de las partículas a través de los mecanismos de filtración en Mytilus edulis, se ha observado que es capaz de retener aquellas desde un tamaño de dos micrones, con gran eficiencia (Jørgensen y Golberg, 1963; Vahl, 1972).

Esto puede dar una clara idea del importante papel que juegan los mitílidos en las áreas que, como el puerto de Mar del Plata, reciben un aporte muy elevado de materia orgánica particulada y en la cual tienen lugar a lo largo del año importantes floraciones de fitoplancton.

Idotea baltica (fig. 3, tabla I)

La mayor parte de los estudios referentes a los hábitos tróficos de isópodos han sido realizados sobre el género Idotea. Las distintas especies que lo forman integran generalmente comunidades con clara dominancia de elementos vegetales, entre los cuales suelen encontrar refugio y obtener

su sustento básico, aunque también pueden aprovechar restos de animales muertos o incluso actuar esporádicamente como predadores.

Naylor (1955) en su análisis bibliográfico sobre la alimentación de varias especies del género, concluye que el espectro trófico y el comportamiento alimentario puede llegar a ser muy variable. En algunos casos se comportan como consumidores primarios típicos, otras veces como necrófagos y otras como predadores sobre celenterados, briozoos o sobre ejemplares de su misma especie. Este último fenómeno se ve acentuado durante los períodos de muda de sus congéneres.

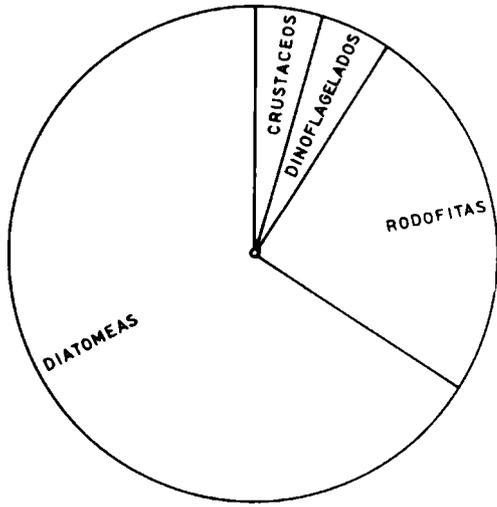
Los distintos tipos de comportamiento alimentario se presentan frecuentemente en forma combinada, por lo cual se puede concluir que se trata de una especie omnívora, que ingiere volúmenes importantes de alimento y que está incapacitada para filtrar partículas en suspensión. Por otra parte la estructura de las piezas bucales de este género de isópodos, al igual que su funcionamiento, recuerda notablemente a la de Ligia oceanica cuyo régimen alimentario es también omnívoro.

La dieta de los ejemplares de Idotea baltica del puerto de Mar del Plata está constituida por varias especies de diatomeas, rodofitas (probablemente Polysiphonia), restos de crustáceos y unos pocos elementos de origen planctónico como Dictyocha y Exuviaella que, como ya mencionamos, no suelen aparecer en la dieta de este isópodo. Cabe destacar la ausencia de detrito en el espectro trófico de esta especie, alimento que resulta básico para la mayor parte de las especies que integran el fouling.

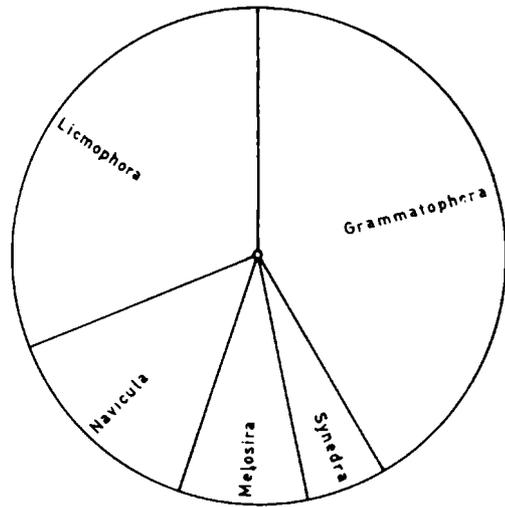
En todos los especímenes analizados la diatomea Grammatophora estuvo abundantemente representada, siguiéndole en importancia Licmophora y rodofitas.

La asociación de estos tres rubros en la dieta no es un hecho circunstancial, pues la mayor parte de los ejemplares coleccionados se encontraban entre las ramificaciones de Polysiphonia que presentaba como epífitas a las diatomeas mencionadas anteriormente.

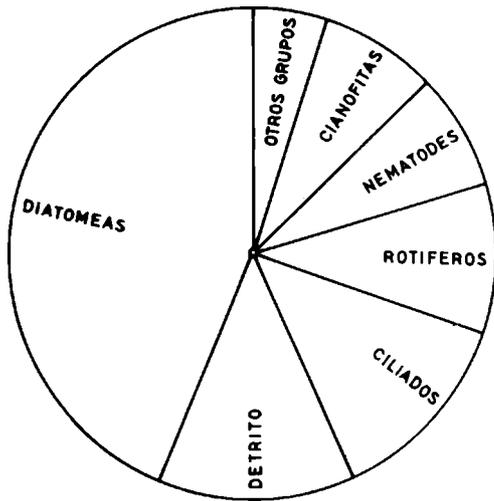
Uno de los antecedentes importantes acerca de la alimentación de Idotea baltica lo constituyen los estudios realiza-



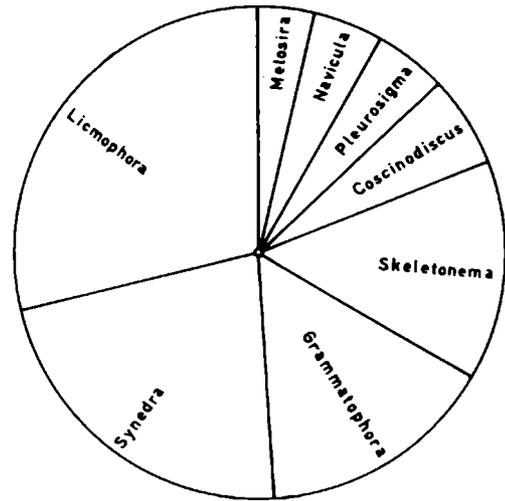
Espectro trófico de Idotea baltica



Participación de diatomeas en la dieta de Idotea baltica



Espectro trófico de Sphaeroma cf. serratum



Participación de diatomeas en la dieta de Sphaeroma cf. serratum

Fig. 3

dos por Jansson (1967) sobre la comunidad de Cladophora. Dicha autora describe a este isópodo como "ramoneador" de filamentos algales, si bien en ejemplares pequeños (2 mm de largo) los elementos principales de la dieta están constituidos por diatomeas y no por algas superiores. Esta diferencia en la dieta de juveniles y adultos parece tener gran importancia en su ciclo biológico, ya que pudo demostrarse experimentalmente que la eliminación de diatomeas en la dieta de ejemplares juveniles aumentaba los índices de mortalidad (Jansson, op.cit.).

Las características de las deyecciones de los ejemplares estudiados coinciden perfectamente con las descripciones de Jansson (1967), quien sostiene que un ejemplar de Idotea baltica necesita ingerir 40 mm de filamento algal para aumentar su largo de 2 a 8 mm durante su desarrollo extramarsupial.

Los estudios de Cruz (1960), indican que este isópodo se alimenta preferentemente de Fucus en la zona de Woods Hole, aunque también puede atacar a varios tipos de crustáceos grandes, de más de la mitad de su propia talla, o inclusive de su mismo tamaño inmediatamente después de la muda. En base a este comportamiento y al hecho de que también ingiere diversos animales muertos, el mencionado autor concluye que se trata de una especie de régimen omnívoro.

Sphaeroma cf. serratum (fig. 3, tabla I)

Es el isópodo más importante de las comunidades incrustantes del puerto de Mar del Plata, llegando a ser el organismo dominante en muchos sectores.

Sphaeroma cf. serratum es un componente típico del piso mediolitoral y en la balsa experimental suele estar bien representado sobre el panel de línea. En épocas anteriores al presente ensayo esta especie colonizaba exclusivamente los paneles acumulativos, es decir aquellos que tenían más de un mes de inmersión y presentaban un fouling con cierto grado de desarrollo. Actualmente puede encontrárselo también sobre los paneles mensuales debido al notable incremento que han alcanzado sus poblaciones en el área portuaria. Un índice de este incremento numérico está dado por la acción competitiva que ha tenido lugar con otras especies, como por ejemplo Cyrtograpsus angulatus y C. al-

timanus, a las cuales ha logrado desplazar de ciertos sectores.

En la dieta de Sphaeroma las diatomeas juegan un papel muy importante y están representadas por varios géneros que, en su conjunto, arrojan un porcentaje de frecuencia de aparición de aproximadamente el 50 %. Le sigue en importancia el detrito y, entre los componentes animales, los protozoos ciliados, rotíferos y nematodos.

El espectro trófico de este isópodo fue determinado en base al análisis de numerosos lotes, provenientes de distintas áreas del puerto.

Efectuando una comparación de los mismos pudo determinarse que la dieta de la especie puede ser muy variable, tanto en calidad como en cantidad de alimento ingerido.

Es probable que la adaptación de este isópodo a ingerir diferentes alimentos constituya uno de los factores que han posibilitado su amplia distribución geográfica y su capacidad para vivir en ambientes de elevada contaminación.

Corophium sp. (fig. 4, tabla II)

La dieta de este anfípodo ha resultado coincidente con las observaciones efectuadas sobre otros miembros de la familia Corophiidae, caracterizados por consumir fundamentalmente detritos.

De los 32 ejemplares analizados, 30 presentaron detrito en su contenido gástrico (22,3 % de frecuencia de aparición), si bien siempre en poca cantidad.

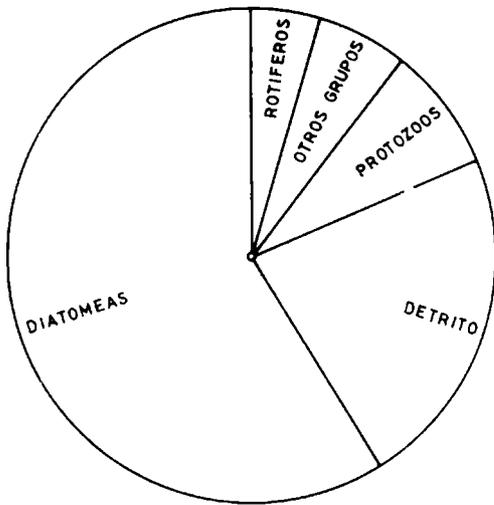
Las diatomeas constituyen otro de los alimentos fundamentales en la dieta de nuestro Corophium. En las distintas muestras analizadas ha variado el género de la diatomea dominante, pero siempre alguna de ellas ha estado presente en forma abundante o, al menos, frecuente. Esta variación en la dominancia siempre estuvo condicionada por los ciclos de colonización de los diversos géneros. Entre ellos los más importantes han sido Synedra, Skeletonema y Licmophora (17,9; 14,2 y 13,4 % de frecuencia de aparición respectivamente).

La sumatoria de los porcentajes de frecuencia de aparición

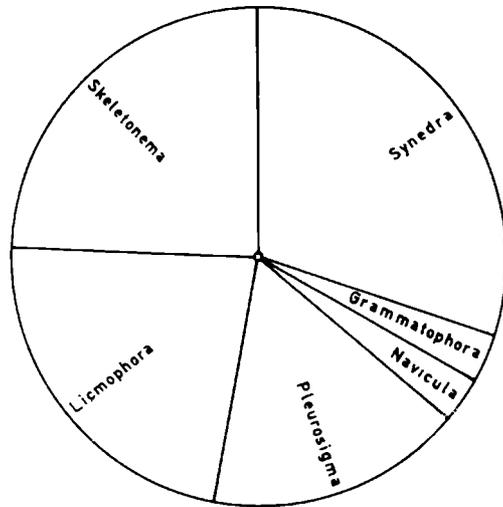
T A B L A 11
 ESPECTRO TROFICO DE LAS ESPECIES ANALIZADAS
 PORCENTAJE DE FRECUENCIA DE APARICION DE CADA UNO DE LOS RUBROS ALIMENTARIOS

Contenido gástrico	Especies analizadas						
	Corophium sp.	Balanus amphitrite	Balanus trigonus	Cyrtogaster subulatus	Cyrtogaster alvianus	Larvas quironómidos	Ciguca intestinalis
Achnanthes.....	-	-	-	-	4,76	-	-
Amphora.....	0,74	-	-	-	-	-	-
Asterionella.....	-	1,04	5,26	-	-	-	7,14
Biddulphia.....	-	-	-	-	-	-	4,76
Coccolodiscus.....	-	3,12	5,26	2,24	9,52	-	6,55
Diatomeas indet.....	-	-	-	3,37	-	-	-
Entopyla.....	-	-	-	-	-	13,20	-
Grammatophora.....	1,49	1,04	5,26	4,49	9,52	26,41	0,89
Liampophora.....	13,43	5,20	5,26	7,86	14,28	5,16	7,73
Melosira.....	-	-	-	2,24	-	-	-
Navicula.....	1,49	-	-	5,61	9,52	20,75	-
Nitzschia.....	-	-	-	-	-	-	4,76
Pleurosigma.....	9,76	2,08	-	-	-	-	6,84
Rhizosolenia.....	-	-	-	-	-	-	4,76
Skeletonema.....	14,17	6,24	10,52	-	4,76	-	8,03
Stephanopyxis.....	-	-	-	-	-	-	-
Synechra.....	17,91	21,84	21,04	1,12	-	1,88	5,35
Thalassionema.....	-	-	-	-	-	-	3,87
Cianofitas.....	-	8,52	-	-	-	-	-
Clorofitas filamentosas.....	-	-	-	5,61	-	-	-
Enteromorpha.....	-	-	-	-	-	31,88	-
Rodofitas.....	-	-	-	-	-	1,88	-
Restos algas indet.....	-	3,20	-	10,11	-	-	-

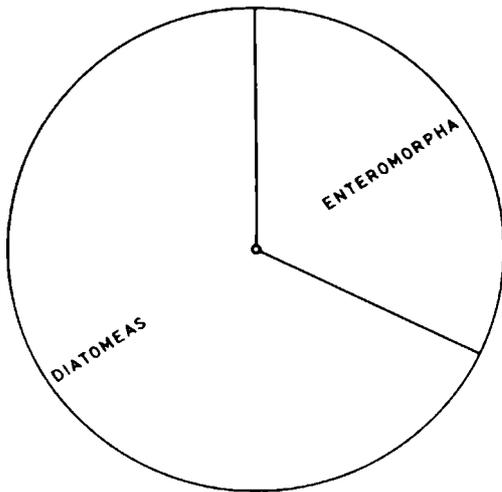
Detrito.....	22,38	26,00	26,30	26,96	14,28	-	8,53
Ciliados libres indet.....	-	-	-	-	-	-	-
Ciliados sétiles indet.....	-	-	-	-	-	-	-
<u>Dictyocha</u>	-	-	-	-	-	-	0,60
<u>Dinophysis</u>	-	-	-	-	-	-	0,89
<u>Exuviaella</u>	2,91	4,16	5,26	-	-	-	6,25
<u>Favella</u>	-	-	-	-	-	-	2,08
Feraminíferos.....	-	-	-	-	-	-	-
<u>Helicostomella</u>	-	3,12	-	-	-	-	3,57
<u>Peridinium</u>	-	-	-	-	-	-	4,46
Suctorios.....	1,49	-	-	-	-	-	-
<u>Tintinnopsis</u>	-	1,04	-	-	-	-	5,65
Tintinoides indet.....	0,74	-	-	-	4,76	-	-
<u>Vorticella</u>	2,91	4,16	-	-	-	-	-
<u>Zoothamnium</u>	-	4,16	5,26	-	9,52	-	1,48
Campanulídeos.....	-	-	-	-	-	-	-
Nematodos.....	3,73	1,04	-	2,24	9,52	-	1,78
Rotíferos.....	4,47	1,04	-	1,12	9,52	-	0,30
Larvas poliqueto indet.....	-	-	-	-	-	-	-
Larvas <u>Polydora</u>	0,74	-	-	-	-	-	-
Anfípodos.....	-	-	-	4,49	-	-	0,30
Copepoditos.....	-	-	-	-	-	-	1,19
Copépodos harpacticoides.....	1,49	1,04	5,26	1,12	-	-	0,89
Copépodos ciclopoideos.....	-	-	-	-	-	-	0,30
Crustáceos indet.....	-	-	5,26	14,60	-	-	0,30
<u>Idotea</u>	-	-	-	1,12	-	-	-
Nauplii de cirripdios.....	-	-	-	-	-	-	0,60
<u>Sphaeroma</u>	-	-	-	6,74	-	-	0,30



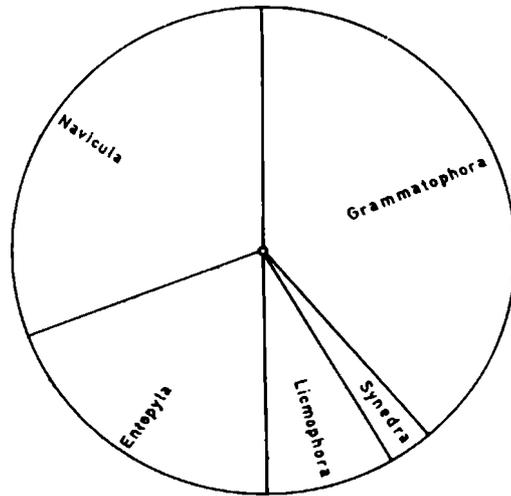
Especro trófico de *Corophium* sp.



Participación de diatomeas en la dieta de *Corophium* sp.



Especro trófico de *Chironomidae* (larvas)



Participación de diatomeas en la dieta de *Chironomidae* (larvas)

Fig. 4

de la totalidad de los géneros de diatomeas registrados arroja un valor de 59,0 % que, en cierta forma, enmascara gráficamente el rol del detrito en la alimentación de este anfípodo.

El resto de la dieta de Corophium en el puerto de Mar del Plata está integrada por protozoos, rotíferos, nematodos, copépodos harpacticoideos, típicos organismos del sustrato en que vive este anfípodo. El mismo está formado por un barro de poca consistencia, con alto contenido de materia orgánica y que se deposita tanto sobre el panel experimental como sobre otros organismos (hidrozoos, briozoos, etc.).

Cabe ahora determinar si la ingestión de las diatomeas y los otros organismos por parte de Corophium se realiza en forma selectiva o bien si son incorporados junto con el detrito.

De nuestras observaciones en vivo podemos deducir que en este anfípodo existen dos mecanismos de ingestión de alimento. Uno de ellos tiene lugar mientras el animal abandona su habitáculo tubular y deambula a corta distancia del mismo, raspando el detrito depositado con su primer par de gnatópodos o con el segundo par de antenas. En los casos en que logra tomar partículas suficientemente grandes, éstas son conducidas directamente a la boca con la ayuda de los artejos terminales de los gnatópodos.

El otro mecanismo de ingestión tiene lugar cuando los ejemplares permanecen en su habitáculo y consiste en captar partículas en suspensión o resuspendidas por la corriente respiratoria de los individuos. En este caso las sedas de los dos primeros pares de gnatópodos y de las piezas bucales juegan un papel muy importante.

Estas observaciones preliminares coinciden bastante bien con la de otros autores que han estudiado el comportamiento trófico de Corophium volutator (Hart, 1930; Meadows y Reid, 1966).

Balanus amphitrite (fig. 5, tabla VI)

Como ya ha sido mencionado en trabajos previos, los ci-

cirripedios constituyen organismos incrustantes altamente perjudiciales, tanto por la acción mecánica que ejercen sobre las películas protectoras, como por su alta resistencia a los tóxicos.

Entre las diversas especies registradas sobre la balsa experimental, Balanus amphitrite es la más abundante y la que presenta una mayor distribución vertical. Las poblaciones portuarias de esta especie alcanzan un desarrollo inusitado debido a varios factores propios del área, en particular aquellos que condicionan la disponibilidad alimentaria.

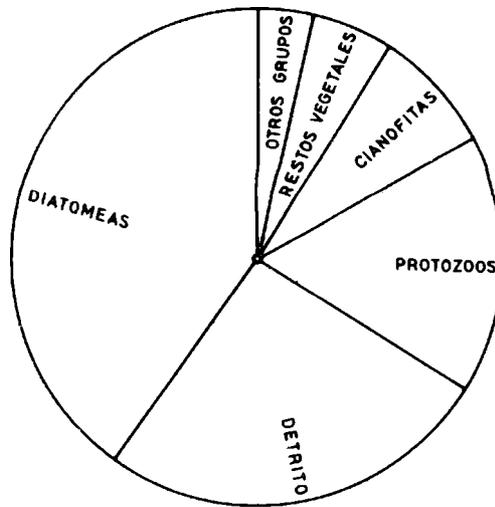
La dieta de Balanus amphitrite en el puerto de Mar del Plata está integrada aproximadamente en un 50 % por elementos vegetales. De éstos, las diatomeas son los más importantes.

Es llamativo el hecho de que la mayor parte de los géneros identificados de diatomeas sean de hábitos bentónicos. Este es el caso de Synedra, que es la más abundante de las diatomeas presentes en el contenido gástrico. El único género de hábitos planctónicos que se ha observado es Skeletonema, segundo en importancia en la dieta de este cirripedio.

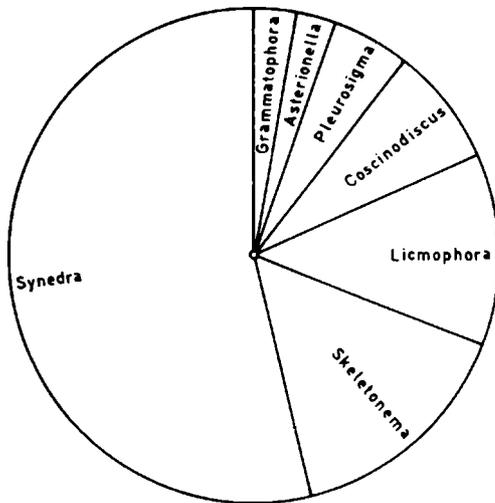
Los protozoos son los componentes animales que más frecuentemente constituyen su alimento. Otros organismos de mayor talla, como rotíferos y nematodos, suelen estar escasamente representados.

El detrito orgánico juega un papel importante en la dieta de Balanus amphitrite, estando presente en la totalidad de los ejemplares analizados, si bien siempre en reducidas cantidades. La importancia de este rubro alimentario queda levemente enmascarada en la graficación correspondiente por computarse la sumatoria de los porcentajes de frecuencia de aparición de las diversas diatomeas registradas.

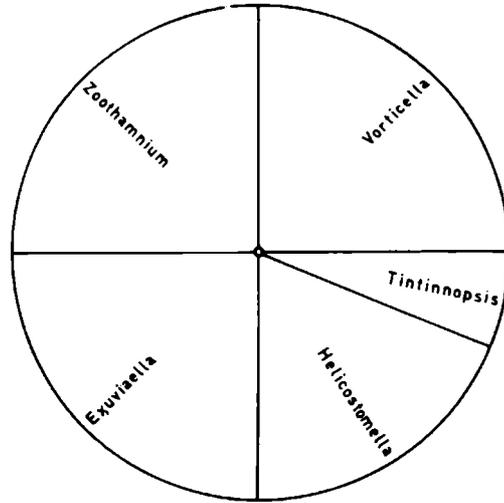
Analizando el origen de cada uno de los rubros que integran la dieta de Balanus amphitrite, hemos llegado a la conclusión que los elementos de hábitos planctónicos presentan una frecuencia de aparición del 15,6 %, mientras que el porcentaje de aquellos de hábitos bentónicos es del 44,6 %. Cabe destacar que en este análisis no se ha considerado la participación del detrito, debido a la imposibilidad de determinar si el mismo ha sido ingerido depositado en en suspensión.



Espectro trófico de Balanus amphitrite



Participación de diatomeas en la dieta de Balanus amphitrite



Participación de protozoos en la dieta de Balanus amphitrite

Fig. 5

La dominancia de alimentos de origen bentónico en la dieta de esta especie se debe fundamentalmente a la ubicación espacial que tienen los cirripedios con respecto al resto de los componentes de la comunidad, más que a las características propias de su mecanismo de alimentación. Sabemos que en el fouling los procesos de epibiosis son muy complejos (Bastida, 1971a, Bastida et al., 1974) y los cirripedios tienden a ser cubiertos por diversos epibiontes.

En base a nuestras experiencias sobre cultivo de esta especie en laboratorio, podemos concluir que se trata de un organismo sin mayores exigencias en cuanto al tipo de dieta, salvo en lo que se refiere al tamaño de las partículas. Durante su desarrollo larval es posible alimentarlos exclusivamente con cultivos uniespecíficos de diatomeas y lo mismo sucede durante los estados juveniles. En el caso de ejemplares adultos hemos podido recurrir a dietas de origen vegetal, polvo de hígado, cultivos de Artemia salina, etc.

Balanus trigonus (tabla II)

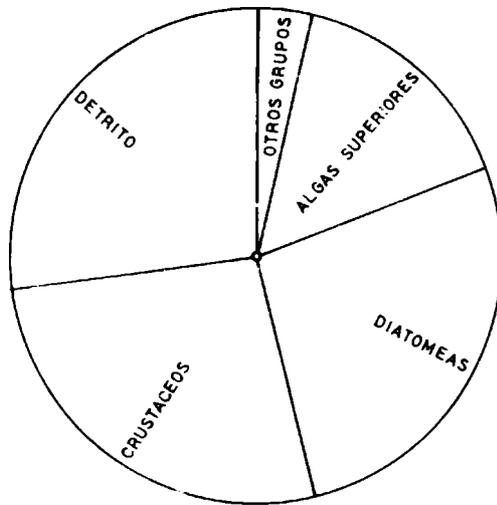
A los efectos de comparar esta especie con Balanus amphitrite, fueron analizados unos pocos ejemplares. Los datos obtenidos indican que ambos cirripedios tienen un régimen alimentario muy semejante.

En lo relativo a las experiencias de cultivo en laboratorio, se ha llegado a idénticos resultados que con B. amphitrite.

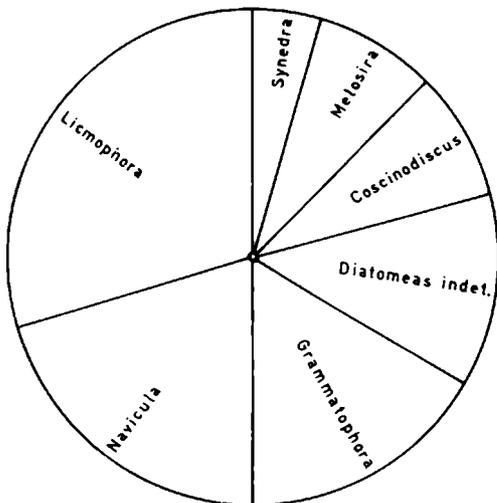
Cyrtograpsus angulatus (fig. 6, tabla II)

Es el braquiuro más importante de las comunidades bentónicas del puerto de Mar del Plata. Su presencia en la balsa experimental se registra preferentemente sobre los paneles acumulativos, ya que el desarrollo que en ellos alcanza el fouling brinda el refugio requerido por esta especie.

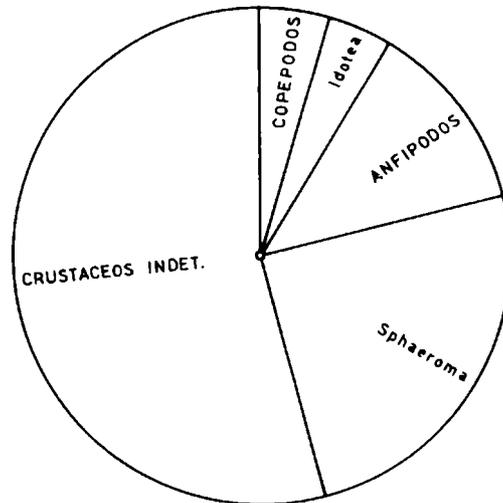
Sin embargo, la permanencia de Cyrtograpsus angulatus sobre los sustratos flotantes es limitada, pues a medida que alcanzan tallas grandes tienden a desprenderse y caer al fondo. Consecuentemente su acción trófica sobre la comunidad incrustante se restringe principalmente a sus etapas juveni-



Espectro trófico de *Cyrtograpsus angulatus*



Participación de diatomeas en la dieta de *Cyrtograpsus angulatus*



Participación de crustáceos en la dieta de *Cyrtograpsus angulatus*

Fig. 6

les y prepúberes.

La dieta de este cangrejo en el área portuaria es muy amplia: el detrito constituye un alimento importante pues aparece aproximadamente en el 50 % de los ejemplares analizados, hecho que coincide con observaciones realizadas en la población de Cyrtograpsus angulatus de la albufera Mar Chiquita (Olivier et al., 1971). Como en otros casos ya señalados, la importancia del detrito queda en parte reducida en la graficación correspondiente.

Los crustáceos juegan también un papel importante en la alimentación de Cyrtograpsus angulatus, ya que en más del 50 % de los contenidos gástricos analizados se han registrado diversas especies de este grupo, al igual que restos indeterminados pertenecientes al mismo. Entre los géneros identificados podemos citar a Sphaeroma y Corophium como los más importantes.

Otros elementos animales de la dieta, como por ejemplo rotíferos y nematodos, tienen una mínima participación en la alimentación de Cyrtograpsus angulatus.

El alimento de origen vegetal también constituye una buena parte de la dieta y está representado por diatomeas, algas superiores y restos no identificados. Entre las diatomeas, Licmophora, Navicula y Grammatophora son las más importantes. Cabe señalar que todos los géneros encontrados son típicamente bentónicos, hecho que pone de manifiesto los hábitos de este cangrejo en la búsqueda de su alimento y su posible incapacidad para filtrar partículas u organismos en suspensión, de la misma forma que lo mencionado anteriormente para Idotea baltica.

Como complemento para el conocimiento de los hábitos tróficos de Cyrtograpsus angulatus se hicieron observaciones de sexo, talla, grado de repleción del tubo digestivo y presencia de heces en los ejemplares analizados, a los efectos de determinar si existía alguna correlación entre estos factores y la alimentación.

En base al análisis correspondiente y a la aplicación de tests estadísticos de significación, ha podido determinarse que no existe vinculación entre el sexo y el tipo o la cantidad de alimento ingerido. Cabe aclarar que en el mate-

rial estudiado no se encontraron hembras sexualmente maduras, en cuyo caso hemos podido comprobar que el ritmo de alimentación desciende.

La talla de los ejemplares, en cambio, parece tener una relación más directa con el estado de repleción del tubo digestivo, puesto que los ejemplares más pequeños son aquellos que más frecuentemente carecen de contenido gástrico en las muestras analizadas.

Cyrtograpsus altimanus (tabla II)

Le sigue en importancia a Cyrtograpsus angulatus, si bien en los últimos tiempos las poblaciones han tendido a reducirse por competencia con Sphaeroma cf. serratum.

Sobre balsa experimental, se lo encuentra también preferentemente en los paneles acumulativos, en donde el fouling está desarrollado y puede brindar refugio.

En Cyrtograpsus altimanus está más desarrollado que en C. angulatus el hábito de buscar refugio, y en general suele deambular mucho menos que este último.

A los efectos de completar la información previa sobre los hábitos tróficos de la especie (Bastida, 1971 a) se pudieron analizar unos pocos ejemplares, lo cual reveló una dieta bastante semejante a la de C. angulatus, si bien con algunas características diferentes cuando se ubican en el cuarto nivel trófico.

Larvas de quironómidos (fig. 4, tabla II)

Las larvas de estos insectos se distribuyen a lo largo del cinturón algal de Enteromorpha (E. instestinalis, E. prolifera, etc.) que tipifica al piso mediolitoral del área marplatense y zona portuaria. Los característicos habitáculos de los quironómidos se adhieren a los filamentos de dichas clorofitas y siempre se recubren con gránulos de arena y detrito orgánico. Esta distribución es semejante a la observada en la costa atlántica europea para Clunio marinus (Olander y Palmen, 1968).

La dieta de las larvas que hemos analizado estaba constituida en su totalidad por elementos vegetales; entre ellos

el alga Enteromorpha que resultó ser el alimento más importante, tanto por su abundancia como por su frecuencia de aparición. En cuanto a las diatomeas, las más importantes fueron Grammatophora y Navicula, pero siempre menos abundantes que la clorofita recién mencionada.

Aparentemente, estos quironómidos poseerían ciertos mecanismos de selectividad del alimento. Un ejemplo lo constituye el hecho de que cuando Grammatophora está presente en la zona en poca cantidad, la misma no es reemplazada cuantitativamente por ningún otro género de diatomea.

Los datos de Jansson (1967) sobre los quironómidos que habitan el cinturón de Cladophora coinciden bastante bien con nuestras observaciones, ya que menciona la presencia de algas verdes en los contenidos gástricos de los ejemplares de mayor talla y de diatomeas en aquellos más pequeños.

Cabe mencionar que existen muy pocas referencias sobre la ecología trófica de los quironómidos marinos, debido a que la mayor parte de las larvas habitan aguas continentales. Entre estos últimos existen variados tipos de alimentación. Algunos son herbívoros, alimentándose de algas y diatomeas, otros son carnívoros predadores y detritívoros, si bien una misma especie puede cambiar de dieta a lo largo del año (Kajak y Warda, 1968; Armitage, 1968).

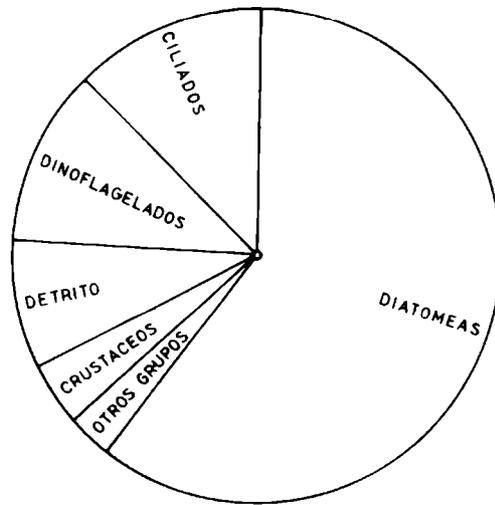
Ciona intestinalis (fig. 7, tabla II)

Es el tunicado más importante de toda el área portuaria y caracteriza a través de su dominancia los estados más evolucionados del fouling.

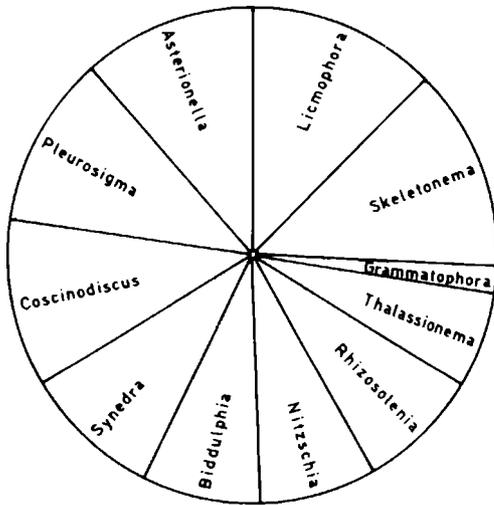
A su vez, Ciona intestinalis, es el organismo bentónico de mayor trascendencia en los procesos de biodeposición del puerto de Mar del Plata, como se ha podido comprobar en ensayos de laboratorio (Bastida, 1971 a) y como lo demuestran las características de los contenidos gástricos analizados.

Como es típico en gran parte de los tunicados, el detrito juega un papel fundamental en la dieta, y el mismo ha estado presente en forma abundante en la totalidad de los ejemplares estudiados.

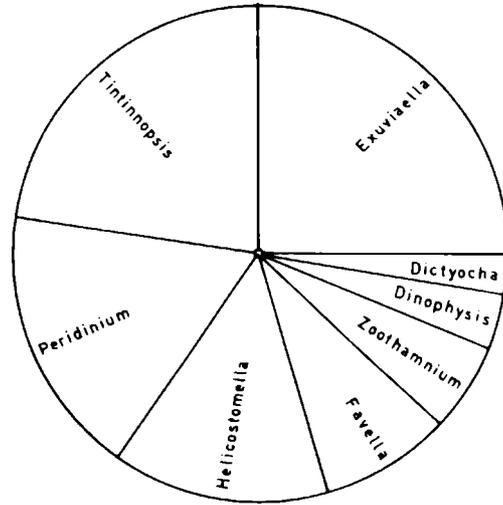
Las diatomeas constituyen otro alimento de gran impor-



Espectro trófico de *Ciona intestinalis*



Participación de diatomeas en la dieta de *Ciona intestinalis*



Participación de protozoos en la dieta de *Ciona intestinalis*

Fig. 7

tancia en la dieta de Ciona intestinalis y están representadas por once géneros, de los cuales Skeletomena es el más frecuente. La sumatoria de los porcentajes de frecuencia de aparición de todos los géneros enfatizan, en el gráfico correspondiente, el papel de las diatomeas.

Los alimentos de origen animal son menos importantes que los vegetales, si bien están bastante diversificados. Entre ellos, los protozoos son los más importantes.

Llama la atención en el análisis del contenido gástrico de esta especie, el rango que existe en el tamaño de las partículas ingeridas, siendo capaz de retener desde las de pocos micrones hasta algunas de más de un milímetro.

Debido al amplio espectro trófico de Ciona intestinalis se consideró interesante poder conocer en qué proporción los organismos de hábitos planctónicos y bentónicos participaban en su alimentación. Para ello se confeccionó una lista agrupando a las diversas especies por sus hábitos y con sus porcentajes de frecuencia de aparición correspondientes. La comparación de los dos grupos resultantes, indica que las especies planctónicas son las más importantes en la dieta de Ciona intestinalis (59,0 %).

El detrito no fue considerado en la confección de la mencionada tabla, pero cabe destacar que el mismo es incorporado en la dieta exclusivamente en forma de partículas en suspensión, e ingresa sin mayor selectividad con el flujo de agua producido por el tunicado.

CARACTERISTICAS DE LA TRAMA TROFICA

La información obtenida durante el desarrollo del presente trabajo sobre la dieta alimentaria de diversas especies del fouling, unida a los estudios preliminares sobre el tema (Bastida, 1971 a; Bastida et al., 1971) nos permitió esbozar una trama trófica muy detallada de las comunidades incrustantes del puerto de Mar del Plata (fig. 8).

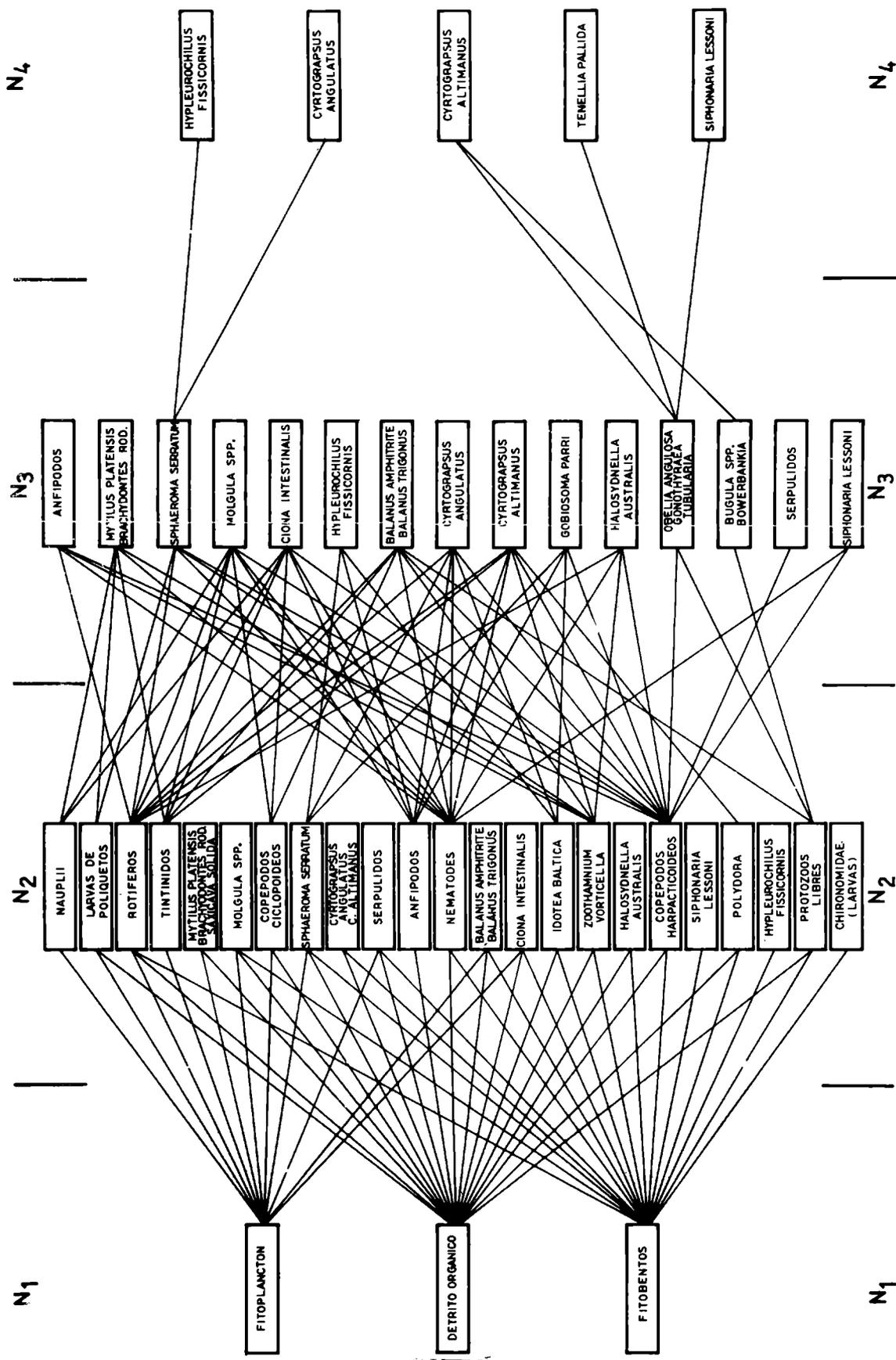


Fig. 8

Cabe señalar que por cuestiones de practicidad se incluyen en la trama todas las relaciones tróficas existentes entre las diversas especies en cada uno de los niveles tróficos, expresadas éstas por rectas. Es decir que en la trama consta exclusivamente la relación trófica detectada y no la importancia real de la misma, para ello será necesario recurrir a las tablas y figuras correspondientes a cada una de las especies analizadas.

En la diagramación de la trama se optó además por seguir el criterio clásico de agrupar productores primarios y detritos en el nivel 1 (Odum, 1959; Margalef, 1962; Olivier et al., 1968; Penchaszadeh, 1973).

Dentro de los productores primarios se hace una distinción entre el fitoplancton (compuesto principalmente por diatomeas) y el fitobentos (compuestos por diatomeas bentónicas y algas superiores). Esta distinción, en lo que respecta a diatomeas, no es siempre rígida, pues debido a la poca profundidad de la zona y a períodos de marcada turbulencia se pueden producir suspensiones temporales de elementos bentónicos, así como también una deposición de elementos planctónicos en los momentos de aguas muy calmas o de muy elevada productividad.

De todas formas conviene reiterar que el fitoplancton portuario es muy importante y varias veces más abundante que el de áreas aledañas, si bien más pobre en el número de especies.

En cuanto a las diatomeas bentónicas, éstas suelen ingresar en la dieta de varias especies del fouling junto con los detritos depositados. Las algas superiores, por su parte, no constituyen un alimento fundamental, siendo muy bajo el porcentaje de especies del fouling que dependen principalmente de ellas.

El detrito orgánico es de origen múltiple y complejo. Por una parte puede mencionarse aquél de origen externo al ámbito portuario (alóctono), proveniente fundamentalmente de los desagües fabriles, sanitarios y de las embarcaciones portuarias. Por otra, debe considerarse al detrito autóctono proveniente de la degradación del plancton, de las comunidades bentónicas y de las deyecciones de ambos. Tanto el detrito alóctono como el autóctono puede encontrarse en suspensión o depositado, si-

guiendo un ciclo dinámico esbozado en estudios previos (Bastida, 1971 a).

Analizando el primer nivel trófico (N_1), se puede observar que de los tres rubros incluidos, los detritos y el fitobentos son los fundamentales como sustento trófico del fouling. Esto explica en parte el hecho de que en aquellas zonas portuarias con poco detrito orgánico el fouling suele ser menos agresivo y de desarrollo más lento. Además, en el ámbito de nuestros estudios, ambos rubros están íntimamente asociados, ya que las diatomeas bentónicas suelen estar incrustadas en el tapiz de detrito que cubre con frecuencia cualquier sustrato artificial. La mayor parte de los organismos ingiere conjuntamente ambos alimentos y en la realidad no tienen posibilidad de seleccionarlos.

El segundo nivel trófico (N_2), integrado por los consumidores primarios, es altamente complejo debido al elevado número de organismos que se ubican en él, así como por la variedad de mecanismos de alimentación que presentan sus integrantes (filtradores, suspensívoros, sedimentívoros, herbívoros, ramoneadores, etc.). La estructura anatómica de los organismos, su movilidad y la distancia del sustrato a la que realizan la filtración, determinan diferencias alimentarias fácilmente observables. Así, por ejemplo, dentro de los organismos sésiles, los tunicados como Ciona intestinalis presentan en su contenido gástrico mayor cantidad de elementos planctónicos que otros, como los cirripedios, que están más próximos al sustrato, y por otra parte son incapaces de producir las corrientes que caracterizan a los tunicados. A su vez, entre los organismos vagantes, hay una preferencia hacia el fitobentos (Sphaeroma cf. serratum, Idotea baltica, Hallosydnella australis, Cyrtograpsus, etc.) pues sus piezas bucales no están adaptadas para captar partículas u organismos en suspensión. Tampoco se nota en el material depositado que ingieren una gran selectividad, tanto en su tamaño como en su calidad, lo que brinda posibilidades de adaptarse a dietas variables.

Esta mencionada carencia de estricta selectividad en los requerimientos tróficos de muchas de las especies del N_2 hace que estos organismos se encuentren a su vez en el tercer nivel trófico (N_3), donde se agrupan los carnívoros prima-

rios.

La incorporación de animales como alimento en forma indiscriminada, junto con vegetales y/o detrito, se observa en varios de los organismos ubicados en el tercer nivel trófico. Entre los predadores activos, o sea en los que la incorporación del alimento animal es fruto de una actitud de búsqueda o selección del alimento, podemos mencionar a Gobiosoma parri, Cyrtograpsus angulatus y C. altimanus, si bien en algunos casos sería necesario efectuar estudios más profundos al respecto.

El cuarto nivel trófico (N_4), en el cual se agrupan los carnívoros secundarios, está ocupado por cuatro rubros. Entre éstos, el caso de Tenellia pallida resulta muy interesante, pues los hidrozooos que habitualmente consume constituyen además el habitat en el que desarrollan su vida, depositan sus puestas, etc.

En cuanto a Cyrtograpsus angulatus y C. altimanus, podemos decir que a través de su dieta se expresa el comportamiento característico de cada una de las especies. Así, Cyrtograpsus angulatus, que es el más activo y agresivo, es capaz de consumir ejemplares de organismos vagantes como es el caso de Sphaeroma cf. serratum, mientras que C. altimanus, menos activo y más sedentario, consume invertebrados sésiles.

Siphonaria lessoni, si bien ubicado en este nivel, fundamenta su alimentación sobre los recursos que le brinda el N_1 , según ya se comentó oportunamente.

Hypleurochilus fissicornis puede jugar un papel importante, desde el punto de vista trófico, en las comunidades asentadas sobre construcciones portuarias fijas, pero realmente ejerce poca acción sobre las embarcaciones o balsas experimentales, donde es poco frecuente por su condición de flotabilidad y aislamiento con el fondo.

Del análisis de la trama trófica se desprenden algunos aspectos de real interés para el conocimiento de las comunidades incrustantes, tales como la importancia que tiene el detrito en la alimentación del fouling y la poca selectividad en la incorporación de los alimentos. Esto posibilita la existencia de un amplio espectro de dietas y adaptación a los cambios que se puedan producir en la comunidad (son excepción a esto

los herbívoros Siphonaria lessoni y larvas de Chironomidae y ciertos carnívoros como Tenellia pallida).

Desde el punto de vista práctico, el conocimiento trófico del fouling nos permite determinar el origen de la energía básica que sostiene a estas comunidades que, en la zona de Mar del Plata, se caracterizan por su notable agresividad y acelerado ritmo de desarrollo.

BIBLIOGRAFIA

- Armitage, P. D. (1968).- Some notes on the food of the chironomid larvae of a shallow woodland lake in South Finland. Ass. Zool. Fenn., 5 : 6-13.
- Bastida, R. (1971 a).- Las incrustaciones biológicas del puerto de Mar del Plata, período 1966/67. Rev. Mus. Arg. Cs. Nat. "B. Rivadavia", hidrobiol., 5 (2) : 205-285.
- Bastida, R. (1971 b).- Las incrustaciones biológicas en las costas argentinas. La fijación mensual en el puerto de Mar del Plata durante tres años consecutivos. Corrosión y Protección, 2 (1) : 21-37.
- Bastida, R., Capezzani, D. y M. R. Torti (1971).- Fouling organisms in the port of Mar del Plata (Argentina). I Siphonaria lessoni: Ecological and biometrical aspects. Mar. Biol., 10 : 297-307.
- Bastida, R., L'Hoste, S., Spivak, E., Adabbo, H. (1974).- Las incrustaciones biológicas de Puerto Belgrano. II. Estudio de los procesos de epibiosis registrados sobre paneles mensuales. LEMIT-Anales, 5-1974, Serie II, nº 275 : 166-195.
- Barnes, H. (1959).- Stomach contents and microfeeding of some common cirripeds Can. J. Zool., 37 : 251-255.
- Boucher, G. (1972-73). Premières données écologiques sur les nématodes libres marins. Vie et Milieu, XXIII (1) : 69-100.
- Buley, H. M. (1956).- Consumption of diatoms and dinoflagellates by the mussel. Bull. Scripps inst. Oceanog. Tech. Ser., 4 : 19-27.
- Coe, W. R. y D. L. Fox (1942).- Biology of the California

- Sea Mussel (Mytilus Californianus). I. Influence of temperature, food supply, sex and age on the rate of growth. J. Exp. Zool. 90 (1) : 1-30.
- Crisp, D. J. (1964).- An assessment of plankton grazing by barnacles. Grazing in Terrestrial and Marine Environments. Blackwells Scientific Publications : 251-264.
- Cruz, A. A. de la (1960).- Observations on the feeding activity of the isopod, Idotea baltica (Pallas). Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole, 119-312.
- Christiansen, H. E. (1967).- Ecology of Hidractinia echinata (Fleming) (Hydroidea, Athecata), I. Feeding Biology. Ophelia, 4 : 245-275.
- Daro, M. H. y Polk, P. (1973).- The autoecology of Polydora ciliata along the Belgian Coast. Netherlands Journal of Sea Research, 6 (1-2) : 130-140.
- Dauids, C. (1964).- The influence of suspensions of microorganisms of different concentrations on the pumping and retention of food by the mussel Mytilus edulis L. Neth. J. Res., 2 : 233-249.
- Enequist, P. (1949).- Studies on the soft-bottom amphipods of the Skagerak. Zool. Bidrag. Uppsala, 28 : 297-492.
- Fenchel, T. (1968).- The ecology of marine microbenthos. II. The food of marine benthic ciliates. Ophelia, 5 : 73-121.
- Fox, D. L. et al. (1936).- The habitat and food of the California sea-mussel. Scripps Inst. Oceanog. Tech. Ser., 4 : 1-64.
- Fox, D. L. et al. (1937).- The rate of water propulsion by the California mussel. Biol. Bull., 72 : 417-438.
- Fox, D. L. y R. Coe (1943).- Biology of the California Sea Mussel (Mytilus californianus). II. Nutrition, metabolism, growth and calcium deposition. J. Exp. Zool., 93 : 205-249.
- Gulliksen, B. y Skjaveland, S. (1973).- The sea-star, Asterias rubens L., as predator on the ascidian, Ciona intestinalis (L.) in Borgenfjorden, North-Trøndelag, Norway. Sarsia, 52 : 15-20.
- Hart, T. J. (1930).- Preliminary studies of the amphipod Corophium volutator (Pallas) J. mar. biol. Ass. U. K., 16 : 24-45.
- Jansson, A. M. (1967).- The food-web of the Cladophora-belt fauna. Helgoländer wiss. Meeresunters. 15 : 574-588.

- Jebram, D. (1973).- Preliminary observations on the influences of food and other factors on the growth of Bryozoa. Kieler Meeresforschungen XXIX (1) : 50-57.
- Jørgensen, C. B. y D. Goldberg (1953).- Particle filtration in some ascidians and lamellibranchs. Biol. Bull., 105 : 407-489.
- Jørgensen, C. B. (1966).- Biology of suspension feeding. International series of monographs in pure and applied biology, 27, Pergamon Press, 357 pp.
- Kajak y Warda (1968).- Feeding of benthic non-predatory Chironomidae in lakes. Ann. Zool. Fenn., 5 : 57-64.
- Mac Ginitie, G. E. (1941).- On the method of feeding of four pelecypods. Biol. Bull., 80 : 18-35.
- Mann, K. H. (1972).- Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 29, Suppl. : 353-383.
- Margalef, R. (1962).- Comunidades naturales. Publ. Esp. Inst. Biol. Mar. Univ. Puerto Rico, Mayaguez, 469 pp.
- Mauzey, K. P. (1966).- Feeding behavior and reproductive cycles in Pisaster ochraceus. Biol. Bull. 131 (1) : 127-144.
- Meadows, P. S. y A. Reid, (1966).- The behaviour of Corophium volutator (Crustacea:Amphipoda). J. Ecol., Lond., 150 : 387-399.
- Miller, M. C. (1961).- Distribution and food of the nudibranchiate mollusca of the south of the Isle of Man. J. Anim. Ecol., 30 : 95-116.
- Naylor, E. (1955).- The diet and feeding mechanisms of Idotea. J. mar. biol. Ass. U. K., 34 : 347-355.
- Odum, E. P. (1959).- Fundamentals of Ecology. W. B. Saunders Co. Ed., Philadelphia and London, 546 pp.
- Odum, H. T. (1970).- Pathways of energy flow in a south Florida estuary. Doctoral Disertation. Univ. of Miami, 162 pp.
- Olander, S. y E. Palmen (1968).- Taxonomy, ecology and behaviour of the Northern Baltic Clunio marinus. Ann. Zool. Fenn., 5 : 97-111.
- Olivier, S., Bastida, R. y M. R. Torti (1968).- Ecosistema de las aguas litorales. Serv. Hidrogr. Naval, H. 1025 : 1-45.
- Olivier, S., Escofet, A., Penchaszadeh, P. y J. M. Orensanz (1971).- Estudios ecológicos de la región estuarial de Mar Chiquita (Bs. As., Arg.). II. Relaciones tróficas interespecíficas. An. Com. Invest. Cient. Pcia. Bs. As., CXCV (1-2): 89-104.

- Olivier, S. R. y P. Penchaszadeh, (1968).- Observaciones sobre la ecología y biología de Siphonaria (Pachysiphonaria) lessoni (Blainville 1824) (Gastropoda, Siphonariidae) en el litoral rocoso de Mar del Plata (Bs. As.). Cah. Biol. Mar., 9 : 469-491.
- Owen, G. (1964).- Feeding, in: Physiology of Mollusca, Wilbur, K. M. y C. M. Yonge eds., vol II : 1-51.
- Palmen, E. y L. Aho, (1966).- Studies on the ecology and phenology of the Chironomidae (Dipt.) of the northern Baltic. Ann. Zool. Fenn., 3 : 217-244.
- Penchaszadeh, P. (1973).- Comportamiento trófico de la estrella de mar Astropecten brasiliensis. Ecología. Asoc. Arg. Ecol., I (1) : 45-54.
- Tenore, K. y U. Dunstan (1973).- Comparison of feeding and biodeposition of three bivalves at different food levels. Mar. Biol., 21 : 190-195.
- Theisen, B. T. (1972).- Shell cleaning and deposit feeding in Mytilus edulis L. (Bivalvia). Ophelia, 10 : 49-55.
- Vahl, O. (1972).- Efficiency of particle retention in Mytilus edulis L. Ophelia, 10 : 17-25.
- Voss, N. A. (1959).- Studies on the pulmonate gastropod Siphonaria pactinata L. from the southeast coast of Florida. Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib., 9 (1) : 84-99.
- Willemsen, J. (1952).- Quantities of water pumped by mussels (Mytilus edulis) and cockles (Cardium edule) Arch. neerl. Zool., 10 : 153.
- ZoBell, C. E. y C. B. Feltham, (1938).- Bacteria as food for certain marine invertebrates. J. mar. Res., 1 (4): 312-327.