

00366
15



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



**COLONIZACION DE DIATOMEAS EN SUBSTRATOS
ARTIFICIALES EN EL SISTEMA ARRECIFAL
VERACRUZANO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGIA MARINA)
P R E S E N T A :
RODOLFO RIOJA NIETO

DIRECTOR DE TESIS: DR. VIRGILIO ARENAS FUENTES
COMITE TUTORAL: DRA. BRIGITTA VAN TUSSENBROEK
DRA. HILDA P. LEON TEJERA

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**

**Esta la dedico a mi Madre y Hermano,
es por ustedes que puedo estar escribiendo esto.**

**A ti Papá, pues nunca dejas de pensar en ti.....
se que en algún lugar estarás orgulloso**

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Araceli Niega Nieto

FECHA: 27/01/2003

FIRMA: 

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Virgilio Arenas Fuentes por su ayuda, apoyo, confianza, experiencia y amistad a lo largo de estos 2 años y medio, sin los cuales no hubiera podido terminar la tesis.

A la Dra. Brigitta Van Tussenbroek por su gran interés ayuda y sugerencias, las cuales enriquecieron considerablemente este trabajo. Le agradezco especialmente el interés que me dio.

Al Dr. David U. Hernández Becerril, por su apoyo desinteresado para la realización de este trabajo, especialmente por su ayuda para la identificación y conteo de los organismos sin la cual me hubiera tomado mucho tiempo obtener resultados.

A la Dra. Hilda P. León Tejera y el Dr. Enrique Cantoral Uriza cuyas sugerencias enriquecieron esta tesis.

A la Dra. Margarita Caballero cuyas sugerencias ayudaron mucho para simplificar el método de conteo.

Al Dr. Xavier Chiappa-Carrara, por su amistad, consejos, sugerencias y apoyo incondicional los cuales me han ayudado para seguir adelante.

Al Dr. Martín Merino Ibarra por su ayuda y consejos a lo largo de todos mis estudios de maestría.

A Rocío Morales Esquer, por tu paciencia, apoyo y cariño que me has dado durante todo este tiempo. Gracias.

A mi madre y hermano por su apoyo incondicional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Dirección General de Estudios de Posgrado (DGE) por las becas otorgadas.

Y finalmente a todas las personas que en algún momento me ayudaron y cuyos nombres omito, pues creo que nunca acabaría.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

Se analizó el proceso de colonización y sucesión temprana de diatomeas litorales sobre placas de vidrio en el arrecife de Hornos y arrecife de Sacrificios durante un mes (noviembre-diciembre, 2001) en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Se determinaron la riqueza específica, abundancia total, índice de diversidad de Shannon-Wiener, equitatividad, índice de similitud de Bray-Curtis, frecuencia, abundancia y permanencia. Se encontraron varias diferencias en las características evaluadas entre los sitios, en el arrecife de Sacrificios se alcanzó una mayor riqueza específica (113 especies), un mayor número de especies exclusivas (35 especies), una mayor similitud entre las comunidades sucesivas, mayor abundancia total ($> 460,000$ valvas / cm^2), mayor número de especies que permanecieron durante todo el periodo (18), mayor número de especies observadas durante 4 muestreos sucesivos (18), mayor número de especies observadas en dos muestreos sucesivos (21) y menor número de especies que solo aparecieron una vez (37). Se determinó que las comunidades observadas a lo largo del tiempo en ambos sitios son significativamente diferentes entre sí a través de un análisis de similitud (ANOSIM), (R observada = 0.05022 P, $p = 0.0999$ para el sitio de Sacrificios y R observada = 0.7534, $p = 0.0999$ para el sitio de Hornos).

Al comparar la estructura de la comunidad de diatomeas durante las diferentes etapas de sucesión temprana entre los sitios (ANOSIM), se determinó que no hay diferencias significativas entre éstos (R observada = 0.3899, $p = 5.5944$).

Se presenta un índice para evaluar el Potencial Específico de Colonización de las especies, utilizando sus valores de permanencia, frecuencia y abundancia media, se encontró que las especies con un índice mayor de Potencial de Colonización para ambos sitios son: *Bacillaria paxillifer* y *Amphora cymbifera* quienes presentaron la mayor capacidad para colonizar nuevos substratos gracias a su habilidad para colonizar en las distintas fases del proceso con números altos de reclutas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1	Introducción	1
2	Antecedentes	4
3	Marco Teórico	6
3.1	<i>Colonización</i>	6
3.2	<i>Propiedades de la sucesión en ambientes marinos</i>	7
3.3	<i>Índices ecológicos</i>	8
3.4	<i>Análisis de similitud</i>	10
4	Área de estudio	12
5	Hipótesis	14
6	Objetivos	14
7	Método	14
8	Resultados	20
8.1	<i>Fechas de muestreo</i>	20
8.2	<i>VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS</i>	21
8.3	<i>Abundancia media</i>	24
8.4	<i>Colonización y sucesión</i>	24
8.5	<i>Dinámica de la Colonización y Sucesión</i>	28
8.6	<i>Composición y estructura de la comunidad implantada</i>	32
9	Discusión de Resultados	40
10	Literatura citada	48
11	Anexos	

E

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. Introducción

La sucesión se refiere a los cambios de comunidades en un sitio después de la remoción parcial o completa de los organismos de la comunidad original por una perturbación (Connel y Slatyer, 1977). Existen de manera general 3 modelos de sucesión (Connel y Slatyer, 1977; Nybakken J. W., 2001): el primero es el modelo clásico o modelo de facilitación, desarrollado originalmente para comunidades de plantas terrestres por Clements (1936), en el cual las comunidades cambian de manera ordenada a lo largo de periodos y en esta secuencia cada comunidad modifica el ambiente, volviéndolo adecuado para la próxima comunidad, hasta que se alcanza un estado que se mantiene sin cambio mientras las condiciones se mantengan estables. Las especies tardías, que son competitivamente superiores a las especies colonizadoras, solo se pueden establecer y crecer después de que las especies tempranas hayan modificado las condiciones volviéndolas adecuadas para las siguientes especies. El segundo modelo es el de inhibición, propuesto por Egler (1954), que difiere del clásico en que ninguna especie es competitivamente superior y cualesquiera que llegue primero a un sitio lo mantiene, impidiendo que se establezcan especies que lleguen posteriormente. En este modelo la sucesión no es un proceso ordenado y predecible y no hay un clímax pre-determinado. Las especies tardías no pueden llegar a la madurez en la presencia de especies tempranas; las tardías aparecen posteriormente debido a que tienen ciclos de vida más largos y por lo tanto se acumulan gradualmente conforme van remplazando a las especies tempranas. Finalmente el tercer modelo, modelo de tolerancia, fue propuesto por Connel y Slatyer en 1977, es intermedio entre los dos modelos anteriores, cualquier especie puede comenzar la sucesión, las especies tardías pueden establecerse y llegar a la madurez en la presencia de otras especies debido a que se pueden desarrollar con una menor cantidad recursos que las que llegaron primero, la comunidad clímax se dará siempre y cuando no se presente una fuerte perturbación y por lo tanto las condiciones fisicoquímicas del medio se mantengan relativamente estables permitiendo así que las especies dominantes en la comunidad sean las más tolerantes (por ejemplo, a desarrollarse en un medio con recursos muy limitados). El cambio en la comunidad se dará conforme las especies que prevalezcan sean más tolerantes o competitivamente superiores.

Los patrones y procesos de sucesión después de una perturbación en comunidades naturales, serán dependientes en gran medida del grado de alteración y de la capacidad de las especies presentes de colonizar y desarrollarse después de la perturbación. La abundancia, la composición

de las especies y las tasas de cambio en éstas variarán entre la sucesión primaria, en donde la alteración remueve o mata a todas las especies presentes y la sucesión secundaria, en donde algunas especies sobreviven y son capaces de reproducirse después de la perturbación (McCook y Chapman, 1992). Se ha observado que en el ambiente marino, el proceso de sucesión sobre sustratos duros parece seguir generalmente los modelos de inhibición y tolerancia (Nybakken J.W., 2001).

En las comunidades bentónicas, después de que se presenta una perturbación, el área es usualmente ocupada por organismos que tienen sus propágulos disponibles para establecerse, por lo tanto las especies colonizadoras variarán dependiendo de la época del año en que la perturbación se presente (Nybakken J.W., 2001). Entre los primeros colonizadores se encuentran las diatomeas, éstas crecen adheridas a macrofitas (epifiton), en rocas relativamente grandes (epiliton), otras superficies como plásticos, metal, vidrio, madera, etc. y sobre los sedimentos (McIntire y Moore, 1977).

En el área submareal, el proceso de colonización y sucesión de diatomeas puede ser dividido en tres fases distintas. Durante la primera fase solamente las bacterias colonizan, la duración de este periodo varía con los factores fisicoquímicos, en la segunda fase, se presenta la colonización de diatomeas y las células permanecen agrupadas en aglutinaciones separadas y la tercer fase comienza cuando las masas de células comienzan a sobreponerse y ocurre la multiplicación y el reclutamiento de nuevas células de diatomeas (Hudon y Bourget, 1981).

En los arrecifes de coral, cuando algún agente perturbador (tormentas, depredación, actividad antropogénica, etc.) causa mortalidad de corales, se crea un espacio y comienza el proceso de colonización y dependiendo de que tipo de larvas y propágulos se encuentren disponibles en ese momento, una composición muy diferente de especies pueden colonizar ese parche, de hecho se considera que las perturbaciones intermedias mantienen la alta diversidad que caracteriza a estos ecosistemas (Connell, 1978). Sin embargo, en el presente, éstas comunidades están siendo sometidas a nuevas perturbaciones (contaminación por metales pesados, petróleo, agroquímicos, resuspensión de sedimentos) causadas por la actividad humana y existen grandes posibilidades de que muchos organismos no cuenten con los mecanismos para resistir estos cambios debido a que se encuentran muy especializados a su entorno (Valiela, 1995). El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) se encuentra sujeto a muchos elementos de perturbación como producto de la actividad antropogénica, por lo tanto es indispensable generar conocimiento básico sobre los procesos en

este sistema, para posteriormente poder establecer criterios que nos permitan determinar el grado de contaminación presente en éstos ecosistemas para así poder establecer las prioridades de las acciones a corto, mediano y largo plazo enfocadas a la conservación de la biodiversidad y aprovechamiento sustentable del SAV. Un método podría ser a través de las asociaciones de diatomeas bentónicas (Siqueiros-Beltrones, 2002), evaluando las variaciones de éstas atribuidas a la contaminación de su ambiente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Antecedentes

Las diatomeas son unos de los principales colonizadores algales de superficies sumergidas en el océano (Hendey, 1951), sin embargo la mayoría de los estudios sobre colonización de diatomeas se han llevado a cabo en ecosistemas de agua dulce (Blinn *et al.* 1980). En los pocos estudios en ambientes marinos se encuentra el estudio de Aleem (1950) que investigó los grupos de diatomeas asociados a sustratos no-vivos y otros sustratos que no fueran sedimentos. Machado *et al.* (1992) evaluaron la estructura de los parches de *Hypnea* y *Zoanthus* en orillas rocosas: encontraron que los primeros colonizadores son las diatomeas mencionan que al parecer en áreas tropicales, la competencia por espacio entre organismos sésiles (como las diatomeas) parece determinar de manera importante la estructura de la comunidad. Paul *et al.* (1977) y Edyvean *et al.* (1985) compararon la colonización entre sustratos artificiales y naturales, encontraron que en las zonas intermareales un número mayor de diatomeas se implanta en la piedra arenisca y en el perspex, mientras que en la zona submareal no encontraron diferencia significativa entre los sustratos utilizados. Hudon y Bourget (1981) estudiaron la colonización temprana sobre sustratos artificiales, determinaron que los factores fisicoquímicos (en especial la temperatura y la salinidad), influyen el tiempo de implantación y la abundancia de muchas especies, mientras que la profundidad parece ser un factor importante para determinar el crecimiento de diatomeas. En áreas con profundidades mayores a 10 m, el crecimiento disminuye, de igual manera el tiempo de establecimiento de las diatomeas es mayor en zonas profundas. Siqueiros (2000), estudió las asociaciones de diatomeas bentónicas epilíticas en una zona de pesca de abulón en Isla Magdalena en la Península de Baja California, determinó 97 taxa y encontró que la estructura taxonómica es aparentemente diferente de otras comunidades de diatomeas bentónicas estudiadas a lo largo de la Península de Baja California. Belegratis y Economou-Amili (2001), estudiaron las asociaciones de diatomeas bentónicas en un sitio oligotrófico y otro eutrófico, considerando el efecto del sustrato y de los nutrientes en la colonización de éstas en el Golfo de Evoikos, encontraron que los valores de diversidad (Shannon-Wiener), en ambos sitios son similares, sin embargo el número de especies, la composición y la biomasa difieren entre los sitios, con respecto al tipo de sustrato, encontraron que la diversidad es similar entre los diferentes tipos de sustrato (macroalgas, roca, plástico y vidrio), pero la biomasa y la abundancia de las diatomeas tiende a ser mayor en los sustratos abióticos. El único estudio del que se tiene conocimiento realizado en México, sobre sucesión de diatomeas bentónicas en sustratos artificiales,

específicamente en tanques de cultivo de abulones fue realizado por Siqueiros-Beltrones y se encuentra actualmente en prensa (Siqueiros-Beltrones, 2002).

En el SAV, se han llevado a cabo una gran cantidad de trabajos para tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Principalmente se han realizado estudios sobre algunos grupos de algas, de moluscos, crustáceos, esponjas y peces, por mencionar algunos estudios que han sido publicados están: Lehman y Tunnell (1988), que estudiaron la composición específica y ecología de macroalgas, el de Beltrán-Torres y Carricart (1993), quienes estudiaron cnidarios en el arrecife de isla verde y el estudio realizado Carrera-Parra y Vargas-Hernández (1997), quienes estudiaron la fauna criptica en esponjas.

A partir de éstos y otros estudios, se han identificado varios elementos graves de perturbación, como la pesca mecanizada intensiva, el dinamitado ilegal para fines pesqueros, la explotación de conchas y corales, la resuspensión de sedimento debido a la actividad portuaria, la descarga de aguas residuales, producto de la actividad industrial y del desarrollo urbano, entre otras. Además, en el estado de Veracruz se han hecho grandes desmontes para la ganadería, provocando una pérdida substancial de suelo por escurrimiento el cual finalmente es aportado al mar. Las actividades turísticas (como el buceo SCUBA) han afectado principalmente aquellas formaciones arrecifales que se encuentran cercanas a la costa, como Isla Sacrificios, Isla Verde y La Blanquilla.

Al llevar a cabo estudios en donde se pretenda evaluar el proceso de sucesión generado por la colonización es necesario tener especial cuidado al escoger tanto el sustrato como las condiciones bajo las cuales el sustrato va a estar expuesto (Edyvean, *et al.* 1985). Se ha observado que muchas de las especies de diatomeas bentónicas que presentan altos valores de abundancia al colonizar sustratos artificiales, no son típicas de ambientes rocosos o duros, sino más bien son organismos epipélicos (Siqueiros-Beltrones, 2002) o presentan diferencias en cuanto a la composición específica, número de especies y biomasa (Belegratis y Economou-Amilli, 2001).

3. Marco Teórico

3.1 Colonización

Cualquier recurso disponible del hábitat, por ejemplo una superficie rocosa recién expuesta, una parcela de agua que acaba de ascender del fondo marino, etc., está sujeta a la colonización por parte de los organismos. Casi siempre hay cierta cantidad de propágulos de diferentes especies, listos para colonizar un medio que no esté ocupado (Valiela, 1995).

En los ecosistemas marinos, el concepto de sucesión generado por la colonización se aplica a dos fenómenos. El primero, es la secuencia de especies planctónicas que se desarrollan en agua rica en nutrientes, por ejemplo el agua de las surgencias y el segundo es el proceso mediante el cual las especies crecen y son reemplazadas en superficies nuevas o que han sido expuestas recientemente (Valiela, 1995). Se ha observado que al inicio de la colonización, las diatomeas se adhieren al substrato artificial de manera azarosa y conforme pasa el tiempo éstas se distribuyen homogéneamente en la superficie colonizada (Belegratis y Economou-Amilli, 2001).

En el presente estudio se pretende evaluar cómo se da el proceso de colonización en superficies nuevas recién expuestas en un ecosistema arrecifal.

Valiela (1995), menciona que los eventos meteorológicos e hidrográficos aunados a la incertidumbre que hay sobre la presencia o actividad de los depredadores, determinan la disponibilidad de propágulos listos para colonizar y sobrevivir en cualquier superficie nueva.

Muchas especies sésiles pueden ser consideradas como un conjunto de poblaciones locales aisladas y conectadas genéticamente a través de la mezcla de propágulos durante la fase pelágica de su ciclo de vida. En aquellas especies con ciclos de vida tan “abiertos”, el esfuerzo reproductivo de una población local no regula el tamaño poblacional local, ya que los propágulos localmente producidos fácilmente pueden distribuirse fuera de la zona de producción. Sin embargo la cantidad de propágulos disponible proveniente de fuentes externas si pueden determinar la densidad y presencia de las especies y por lo tanto de la estructura de las comunidades que colonizan nuevos ambientes en superficies rocosas (Roughgarden *et al.* 1988).

El movimiento de la columna de agua (corrientes y oleaje) afecta en gran medida el establecimiento de los propágulos, para que éstos puedan encontrar un lugar para asentarse, tienen que descender a través de la columna de agua y adherirse a una superficie sólida. Su distribución en la columna de agua depende de los procesos físicos y biológicos a lo largo del rango de las escalas espaciales caracterizadas por diferentes propiedades físicas (Valiela, 1995).

La colonización de sustratos duros en ambientes marinos, inicia con la invasión por parte de los microbios (Mitchell, 1978). Dentro de las primeras 24 horas un nuevo sustrato es invadido por pequeñas bacterias en forma de bastón, entre 2 – 4 días hay una población mezclada de bacterias, entre 4 – 7 días se forma una delgada película de bacterias mezcladas con diatomeas penadas y a las 2 semanas aparecen protozoarios que forrajean en la micro-flora (Valiela, 1995; Charlambia y Danielidis, 1997). Blinn *et al.* (1980), establecen que la película de bacterias que se forma sobre el sustrato forma una superficie más uniforme en donde las diatomeas se adhieren, reduciendo así cualquier preferencia selectiva de las diatomeas con respecto al sustrato. Korte y Blinn, (1983), determinaron que la materia orgánica y las bacterias son agentes pre-condicionantes de las superficies a colonizar. En sistemas lóticos, se ha recomendado tener periodos de exposición entre 15 días y 1 mes, que es cuando se tiene una comunidad “madura” (Oemke y Burton, 1986). En base a lo anterior se pretende evaluar la sucesión de la micro-flora en la etapa inicial de la colonización evaluando el esfuerzo de colonización de las especies involucradas para caracterizar los procesos sucesionales. El interés es contar con una referencia formal de estos procesos que son clave en la estabilidad estructural y funcional de los ecosistemas complejos.

3.2 Propiedades de la sucesión en ambientes marinos

Valiela (1995), describe 6 tipos de interacciones entre los organismos durante la sucesión en los ecosistemas marinos. Lo más probable es que éstos co-ocuran en la mayoría de las comunidades.

Agotamiento. La utilización de un recurso por una especie, puede evitar su desarrollo; otra especie mejor adaptada para explotar éste recurso limitante tenderá a volverse dominante. Este tipo de interacción predomina en los ambientes planctónicos y bentónicos.

Tolerancia. La llegada tardía de algunas especies a la sucesión, se debe a que su historia de vida lleva más tiempo en completarse, algunas especies pueden tolerar la actividad de aquellas especies que llegaron antes hasta terminar el desarrollo de sus etapas inmaduras, que es cuando se vuelven dominantes y desplazan a las especies que colonizaron primero. En este tipo de interacción no existen especies pioneras o tardías, simplemente las especies que llegan primero son aquellas que se encuentren disponibles al momento de presentarse algún fenómeno que reinicie el proceso de colonización. El cambio sucesional depende principalmente de la capacidad competitiva de las especies. Este tipo de interacción se ha encontrado en sedimentos suaves.

Facilitación. Las especies tempranas modifican el ambiente de tal manera que facilitan la llegada de otras especies. Como ejemplo de ésta interacción se puede mencionar la capa bacteriana que se forma sobre sustratos duros.

Inhibición. Los colonizadores tempranos inhiben la aparición de especies tardías. Esto retrasa la sucesión, y puede producir una composición alternativa de especies, en la cual su duración dependerá del lapso de vida de estas especies. Esta interacción frecuentemente es encontrada en las comunidades bentónicas. El retraso se aplica especialmente debido a que los colonizadores pioneros tienden a ser más apetitosos para los depredadores, y tienen períodos más cortos de vida, por lo tanto desaparecen mucho más rápido que las especies tardías. Esta interacción permite un lento cambio hacia una composición específica característica de la sucesión tardía.

Eliminación. Las especies de la sucesión tardía, simplemente consumen, perturban o crecen más rápido que las especies pioneras y por lo tanto las reemplazan. Esta interacción se ha encontrado en arrecifes de coral, playas rocosas y sedimentos suaves.

Alelopatía. Los colonizadores tempranos pueden ser reemplazados por aquellos que llegan posteriormente, debido a que éstos últimos secretan sustancias que inhiben el crecimiento de especies pioneras competidoras. Esta interacción se ha observado en el plancton, comunidades microbianas y arrecifes de coral.

Los colonizadores pioneros, tempranos, oportunistas, etc., tienden a tener un rápido crecimiento, estrategia reproductiva *r* y ser más apetitosos para los consumidores.

Conforme avanza la sucesión, dependiendo del modelo, aparecen especies con estrategia *K*, éstas van aumentando en su tamaño, crecen menos rápido, tienen tasas reproductivas más lentas y su morfología se vuelve más compleja.

Los mosaicos de parches heterogéneos que contienen una variedad de especies, podrían reemplazar a los agrupamientos de especies más homogéneas de la sucesión temprana. En etapas más tardías de sucesión, la diversidad podría disminuir si las perturbaciones no son comunes permitiendo que la dominancia competitiva pueda excluir algunas especies (Valiela, 1995).

3.3 Índices Ecológicos

Diferentes índices y coeficientes son utilizados en la ecología cuantitativa, como por ejemplo los índices de diversidad, de similitud, los coeficientes de competencia, las tasas de crecimiento poblacional, etc.. Todos estos índices son estadísticas, calculadas a partir de una muestra de datos

de alguna población y son utilizados para obtener inferencias acerca de esa población (Dixon, 1993).

La madurez de la comunidad aumenta conforme pasa el tiempo y no sufre perturbaciones el ecosistema. La madurez es un concepto relacionado con la complejidad de la estructura y la organización de la comunidad y/o el ecosistema (Krebs, 1972). La madurez puede ser medida de manera cualitativa, la estructura de la comunidad puede ser utilizada como un indicador de la madurez.

La manera más sencilla de medir la diversidad de especies es contando el número de especies. Existen dos principales problemas para utilizar el conteo de especies como una medida de la diversidad, el primero es que no toma en cuenta los patrones de la abundancia de las especies y segundo, que el conteo de especies depende del tamaño de muestra si ésta no es lo suficientemente grande.

Una manera de solucionar esta problemática es utilizando índices de diversidad como el de Shannon-Wiener:

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular el índice de Shannon-Wiener.

donde:

H = índice de diversidad de especies

S = Número de especies

P_i = proporción de la muestra total que pertenece a la *iésima* especie

Dos componentes de la diversidad son combinados en este índice, el número de especies y su abundancia numérica considerando la equitatividad del número de individuos de las especies. Un mayor número de especies incrementa la diversidad específica y una mayor equitatividad en la distribución de los individuos entre las especies también aumenta la diversidad de especies.

Para calcular la equitatividad es necesario primero obtener la diversidad máxima por lo que:

$$H_{\max} = \log_2 S$$

así entonces es posible calcular la equitatividad:

$$E = \frac{H}{H_{\max}}$$

E = equitatividad (0 - 1)

H = Diversidad de especies observada

H_{max} = Máxima diversidad específica

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto al calcular éstos índices se caracteriza de manera cualitativa a la comunidad. Al analizar una variable compuesta como el índice de diversidad, se pueden esconder características de los datos que uno trata de descubrir, por ejemplo dos muestras pueden tener el mismo valor de diversidad, sin embargo el número de especies y sus abundancias pueden ser muy diferentes. Esto puede ocurrir cuando el incremento en la abundancia de una especie corresponde exactamente a la disminución de la misma en otra especie, esta interacción se puede encontrar siguiendo el comportamiento de las variables de respuesta individuales (Scheiner y Gurevitch, 1993).

3.4 Análisis de Similitud (ANOSIM)

El análisis de varianza de similitud se basa en las similitudes correspondientes (rangos) entre las muestras a partir de una matriz triangular de similitud.

Si \bar{r}_W se define como el promedio de todas las similitudes de los rangos entre las replicas dentro de los sitios y \bar{r}_B es el promedio de las similitudes de los rangos que surgen a partir de todos los pares de réplicas entre los diferentes sitios, se puede construir el siguiente estadístico de prueba (Clarke, 1993):

$$R = (\bar{r}_B - \bar{r}_W) / (M / 2)$$

Ecuación 2. Fórmula para calcular el valor de R

donde $M = n(n-1)/2$ y n es el número total de muestras tomadas en consideración. Cabe mencionar que la mayor similitud corresponde al rango de 1 (el valor más bajo), siguiendo el método usual matemático para asignar rangos. El denominador de la ecuación 2 ha sido escogido de tal manera que: R no puede encontrarse técnicamente fuera del intervalo (-1, 1), R será = 1 solo cuando todas las réplicas dentro de los sitios son más similares entre sí que con cualquier réplica de los otros sitios y R será aproximadamente cero cuando la hipótesis nula sea verdadera, por lo tanto las similitudes entre y dentro de los sitios tendrán el mismo promedio.

Generalmente el valor de R será entre 0 y 1, indicando cierto grado de discriminación entre los sitios, un valor de R menor a 0 es muy poco probable ya que estaría indicando mayores similitudes entre los diferentes sitios que dentro de éstos (Clarke, 1993).

Bajo la hipótesis nula H_0 : no hay diferencia entre los sitios, habría un efecto muy pequeño en el promedio del valor de R, si los códigos identificando que réplica pertenece a que sitio son arbitrariamente reordenados; las muestras simplemente serían réplicas de un mismo sitio si H_0 .

fuera verdadera. Todos los códigos de las réplicas de cada muestra son examinados y el valor del estadístico R es recalculado para cada combinación.

La distribución de los valores de R se muestra en un histograma de frecuencias y si el valor de R es un evento poco común, digamos uno en 1000 combinaciones, entonces podríamos rechazar la hipótesis nula con un nivel de significancia $P < 0.1\%$

De acuerdo a Clarke, 1993, al utilizar esta prueba no es necesario asumir igualdad de varianzas-covarianza, ni normalidad aproximada de los datos, condiciones que generalmente no se cumplen con datos de abundancia (Brower *et al.*, 1998).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. Área de Estudio

El Sistema Arrecifal Veracruzano (fig. 1) fue decretado como Parque Marino Nacional el 24 de agosto de 1992, se encuentra frente a las costas de los Municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado en el estado de Veracruz y tiene una superficie aproximada de 52,238 ha. Se encuentra formado por bajos, islas y arrecifes, los cuales se elevan desde profundidades cercanas a los 40 m, situados en la porción interna de la plataforma continental del Golfo de México. El sistema incluye dos áreas geográficamente separadas, la primera se localiza enfrente del Puerto de Veracruz e incluye a los arrecifes Gallega, Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, Isla Verde, Sacrificios, Pájaros, Hornos, Ingeniero y Punta Gorda, todos dentro de la isóbata de los 37m. La segunda se ubica frente a Punta Antón Lizardo, a 20 km al suroeste del puerto de Veracruz, e incluye los arrecifes Giotte, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, En medio, Cabezo, el Rizo, Santiaguillo, Anegada de Afuera, Anegadilla y Topetillo, todos éstos a menos de 37m.

El arrecife Hornos, presenta un estado de conservación bajo y un impacto alto, el continuo dragado ejercido para mantener un canal central por donde transitan los botes de los pescadores a los muelles, ocasiona que la laguna alcance hasta 5 m de profundidad. Hornos ha sufrido el impacto directo del hombre por su accesibilidad (se detectó una descarga de agua residual a 300 m aprox. del sitio de muestreo), ha sido aprovechado por el hombre desde hace muchos años como fuente directa de materiales para la construcción de casas, monumentos y protección del puerto (por ejemplo, la construcción del rompeolas y parte del malecón). Está constituido básicamente por una barrera de corales muy deteriorados en su mayoría, que ha sido grandemente perforada por anélidos y pelecipodos, así como grupos de erizos, en su porción interna (Lot-Helgueras, 1971). El arrecife Sacrificios, presenta un estado de conservación moderado, es de tipo plataforma y se localiza a 2.4 Km. de la costa, tiene aproximadamente 750 m de largo y 450 m en su parte más ancha, la parte emergida tiene una superficie de 4.65 has y presenta una forma alargada-elipsoidal (INAH, 1976 *cit. in* Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

El clima en el Sistema Arrecifal Veracruzano es cálido-húmedo con lluvias en dos épocas del año bien marcadas: la de nortes, con menor precipitación, se presenta de septiembre a abril, con temperatura baja y frecuentes invasiones de masas de aire frío del norte, los cuales por su fuerza, pueden ser desde vientos frescos hasta violentos y huracanados y la época de lluvias, que se presenta de mayo a agosto, con temperaturas elevadas, alta precipitación y vientos débiles del

este. La temperatura promedio anual en la zona arrecifal es de 26 °C, las temperaturas más bajas se registran durante enero y febrero y oscilan alrededor de 18 °C.

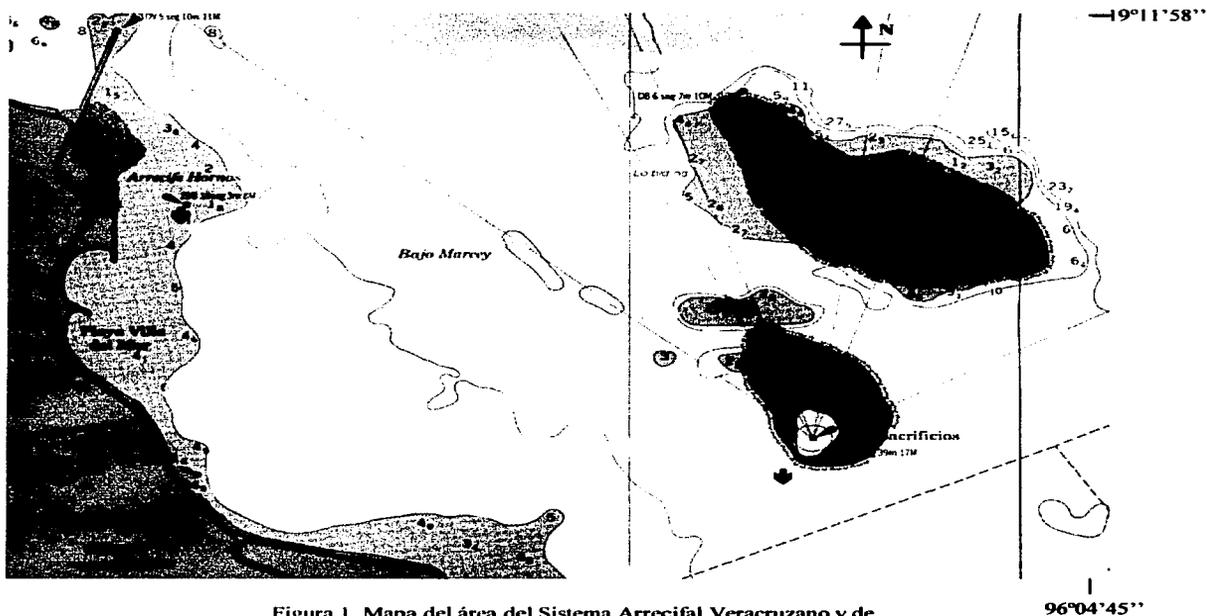


Figura 1. Mapa del área del Sistema Arrecifal Veracruzano y de la localización de los sitios de muestreo (●).

5. Hipótesis

El éxito en la colonización de especies depende de factores ambientales y biológicos, se espera encontrar diferencias significativas en la estructura de la comunidad de diatomeas durante diferentes etapas de sucesión temprana entre dos sitios de muestreo del SAV con características ambientales contrastables.

6. Objetivos

- Analizar el proceso de sucesión durante la colonización temprana de diatomeas bentónicas sobre substratos artificiales (placas de vidrio) en dos sitios dentro del Sistema Arrecifal Veracruzano (Arrecife Hornos y Arrecife Sacrificios)

Objetivos Particulares

- Determinar las principales especies de diatomeas que colonizan las placas.
- Determinar la abundancia y diversidad de la comunidad de diatomeas.
- Conocer los cambios en la composición específica y estructura de la comunidad implantada en las placas a lo largo del tiempo en los dos sitios de muestreo.
- Evaluar las diferencias en el proceso de sucesión entre los dos sitios de estudio.

7. Método.

Se sumergieron dos estructuras de PVC (fig.2) con 30 placas de vidrio cada una de 10 x 10 cm (cada placa tiene un lado esmerilado y el otro liso) cada estructura fue fijada al fondo con sacos rellenos de arena y cabo. Una estructura se instaló en el arrecife hornos (19°11'12.3"N, 96°07'10"S). La segunda estructura se instaló en el arrecife de Isla de Sacrificios (19°10'11"N, 96°05'45"S). Las estructuras fueron colocadas a 5 metros de profundidad.

Se tomaron 3 placas a intervalos de aproximadamente cada 3 días (fig. 3); debido al clima y a situaciones operativas no fue posible llevarlo a cabo exactamente cada 72 horas. Obteniéndose un total de 25 placas para la estructura de hornos y 30 placas para la estructura de sacrificios.

Se tomaron submuestras (1cm x 1 cm) a cada placa para obtener una curva de desempeño (la cual examina el valor medio para una serie de medidas de una variable ecológica) y determinar el tamaño mínimo de muestra, (Brower, *et al.* 1998)

Al retirar las placas del fondo, se envolvieron en bolsas de plástico. Ya en la embarcación, las muestras se pasaron a bolsas de plástico con cierre hermético y se les agregó agua filtrada (libre de diatomeas) con formol al 4 % neutralizado con Borato de Sodio. Las muestras se preservaron en frío y a la obscuridad.

Se tomaron las siguientes medidas utilizando una sonda Horiba, calibrada con soluciones estándar, antes de cada muestreo: Ph, conductividad, turbidez, temperatura, salinidad, sólidos disueltos totales y densidad del agua.

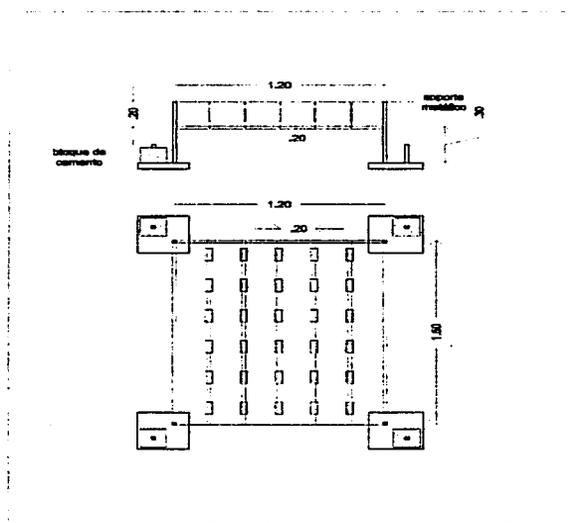


Figura 2. Esquema de la estructura donde se colocarán las placas.

En el laboratorio, las diatomeas fueron removidas de las placas de prueba raspando superficies de 1 cm^2 hasta obtener una muestra de 6 cm^2 para cada placa con una navaja de afeitar (Edyvean *et al.* 1985) que es el área determinada como tamaño mínimo de muestra. Posteriormente las

diatomeas fueron limpiadas para su montaje permanente y observación según Van der Werff, 1955 y Hasle y Fryxel, 1970:

1. Las muestras se colocaron en tubos de ensaye para centrífuga graduados de 15 ml.
2. A cada muestra se le agregaron 12 ml de agua desionizada y se centrifugó a 1600 rpm durante 10 minutos, para remover las sales (este proceso se realizó 5 veces).
3. Al terminar los lavados, cada muestra se concentró en 2 ml, posteriormente, se agregó una cantidad igual de una solución saturada de permanganato de potasio (KmnO_4) agitándose gentilmente, dejándose reposar 24 horas.
4. Posteriormente a cada muestra se agregaron 8 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl), y se calentó con mechero de Bunsen en una campana de extracción.
5. Las muestras obtenidas se diluyeron con agua desionizada, mezclando vigorosamente y se centrifugó para decantar el líquido (este proceso se realizó 5 veces).
6. Finalmente las muestras fueron concentradas en 5 o 10 ml de agua desionizada, dependiendo de la densidad de los organismos.

El preparado de las muestras en los cubreobjetos se hizo de la siguiente manera:

1. Se limpiaron cubreobjetos con alcohol para remover todo tipo de grasa y permitir que la muestra se adhiriera adecuadamente.
2. Cada muestra fue agitada vigorosamente (para homogeneizar), y se tomaron 200 μl con una pipeta automática. Este volumen fue suficiente para cubrir todo el cubreobjetos.
3. Con la pipeta automática se agregó la muestra a cada cubreobjetos, y se dejó secar por 24 horas, cuidando que no se moviera y no le cayera polvo.
4. En una placa de calentamiento (70 °C) se colocaron portaobjetos previamente limpiados con alcohol, se agregó una gota de Naphrax® y se colocaron los cubreobjetos correspondientes a cada muestra, teniendo cuidado en que el Naphrax® ocupara toda la superficie de éstos.
5. Las preparaciones fueron retiradas y etiquetadas correspondientemente.

La identificación y conteo de los organismos se llevó a cabo mediante un microscopio óptico Zeizz con contraste de fases, una rejilla graduada en el ocular y objetivos de 10, 40 y 100X.

Para el conteo de los organismos, se realizaron transectos a lo largo de la parte más ancha de los cubreobjetos circulares hasta que se contaran 400 valvas (siempre terminando el transecto), ya

que se ha determinado que al haber contado esta cantidad se han encontrado casi la totalidad de las especies presentes en la muestra (Batterbee, 1986).

Una vez contado 400 valvas, los datos se extrapolaron hasta no. de valvas por 1 cm².

Se utilizó el índice de Shannon-Wiener para determinar como varía la diversidad con respecto al tiempo, se determinaron la riqueza específica, equitatividad y abundancia relativa (McIntire y Wulff, 1969; Krebs, 1972; Oemke y Burton, 1986), en cada sitio de muestreo:

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{ni}{N} \log_{10} \frac{ni}{N}$$

donde:

N = número de diatomeas en cada placa.

ni = número de individuos que pertenecen a la iésima especie.

H max = Máxima diversidad específica.

H = índice de diversidad expresado en bits por individuo.

Para determinar la equitatividad se utilizó la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H}{H \text{ max}}$$

Para determinar que tan similar es un muestreo con respecto al otro en cada sitio, se utilizó el Índice de Similitud de Bray-Curtis (Bray-Curtis, 1954), en donde la similitud se expresa al medir la diferencia entre las abundancias de cada especie presente, donde x_i , es la abundancia (o densidad) de la especie i en la comunidad 1, y_i , es la abundancia de esa especie en la otra comunidad:

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum |x_i - y_i|}{\sum x_i + y_i}$$

Ecuación 3. Fórmula para obtener el índice de Similitud de Bray-Curtis.

Este índice toma valores de 0 (cuando la comunidad es muy diferente) a 1 (cuando las comunidades son idénticas en composición específica y abundancia).

Antes de aplicar este índice, los datos se transformaron aplicando la doble raíz cuadrada (Underwood, 1997). Con los datos transformados se construyeron dendogramas utilizando el método de ligamiento promedio.

Para establecer si la comunidad va cambiando con respecto al tiempo en cada sitio y si existe diferencia significativa en el conjunto de especies entre los sitios de muestreos, se utilizó el método multivariado de análisis de similitud (por sus siglas en inglés, ANOSIM), en el primer caso tomando las réplicas como bloques y en el segundo tomando los tiempos de muestreo como bloques (S3 vs H3, S9 vs H9, S17 vs H15, S21 vs H23 y S27 vs H27).

El índice de diversidad, la equitatividad, el índice de similitud de Bray-Curtis y los cálculos para el ANOSIM, fueron realizados utilizando el programa Biodiversity PRO 2.0.

Se determinó la Frecuencia, Permanencia y Abundancia para las especies presentes en los dos sitios de muestreo.

En ambos sitios se realizó lo siguiente:

Para evaluar la Frecuencia, se determinó como especies muy frecuentes aquellas que se observaron durante todo el muestreo (en los 5 muestreos) y por lo tanto se les asignó un valor de índice de frecuencia de 1.0, así mismo se determinaron como especies poco frecuentes aquellas que solo aparecieron una sola vez a lo largo de todo el periodo de muestreo y por lo tanto se les asignó un valor de índice de frecuencia de 0.2.

Para evaluar la Abundancia se determinó para cada especie la Abundancia media (promedio de las abundancias en los diferentes tiempos de muestreo), Abundancia máxima (valor máximo alcanzado durante el periodo de muestreo) y Abundancia sumatoria (suma de las abundancias durante todo el tiempo). Se asignó un índice de abundancia (0.1-1.0) dependiendo del número de valvas promedio que obtuviera cada especie.

Se determinó la distribución de la abundancia máxima de las especies con índice de frecuencia baja (0.2) a lo largo del periodo de muestreo, así como para las especies con índice de frecuencia alta (presentes durante todo el muestreo).

Para evaluar la Permanencia, se determinó como especies poco permanentes aquellas que sólo aparecieron 2 veces consecutivas durante el muestreo y por lo tanto se les asignó un índice de permanencia de 0.4 y como muy permanentes aquellas que se presentaron 4 veces consecutivas durante el muestreo, asignándoles un índice de permanencia de 0.8. Aquellas especies que se observaron una sola vez y durante todo el muestreo, se les asignó un valor de índice de 0.2 y 1.0 respectivamente.

Finalmente se evaluó el de potencial de colonización de las especies a través de un Índice de Potencial de Colonización (IPC), para el cual se tomó en cuenta la Abundancia media, la

Permanencia y la Frecuencia, asignando una escala de 0.1 a 1.0 para la Abundancia media (tomando en cuenta el no. de valvas), de 0.2 a 1.0 para la Permanencia y de 0.2 a 1.0 para la Frecuencia de tal manera que el número máximo posible obtenido fuera 3.0 (Brower, *et al.* 1998)
. La ecuación utilizada es:

$$IPC = Ia + If + Ip$$

Ia = Índice de abundancia
If = Índice de frecuencia
Ip = Índice de permanencia

Ecuación 4. Fórmula utilizada para calcular el Potencial de Colonización de las especies observadas.

8. Resultados

En la siguiente figura, se presentan las fechas de muestreo de las placas analizadas a lo largo del periodo de estudio.

8.1 Fechas de muestreo

Mes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Noviembre	5	6	7	8 I.E.H.	9	10	11 H
	12	13	14 I.E.S.	15	16	17 H, S	18
	19	20	21	22	23 H,S	24	25
Diciembre	26	27	28	29 Norte	30	1 H,S	2
	3	4	5 H, S	6	7	8	9
	10	11 S	12	13	14	15	16

Figura 3. Periodo de muestreo en los meses de noviembre y diciembre.

S = Sacrificios

H = Hornos

I.E.H.= Inmersión de la estructura en el sitio arrecife Hornos.

I.E.S.= Inmersión de la estructura en el sitio arrecife Sacrificios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.2 Variables fisicoquímicas

En las figuras (4-8), se presentan los datos fisicoquímicos para los sitios de Sacrificios y Hornos, se observa que el pH, conductividad, turbidez temperatura y salinidad presentan una variación similar en ambos sitios durante el periodo de muestreo. El pH disminuye entre el 25-nov-01 y 30-nov-01 en el sitio de Hornos, mientras que en Sacrificios una disminución similar se presenta entre el 30-nov-01 y el 05-dic-01. La turbidez aumenta entre el 15-nov-01 y disminuye considerablemente a partir del 30-nov-01. La conductividad disminuye considerablemente a partir del 30-nov-01, mientras que la salinidad aumenta en la misma fecha. Finalmente la temperatura presenta una mayor variación en el sitio de Hornos.

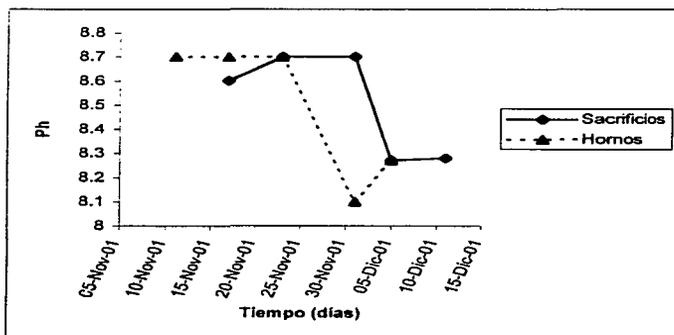


Figura 4. Ph vs. Tiempo (días) en los sitios de Sacrificios y Hornos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

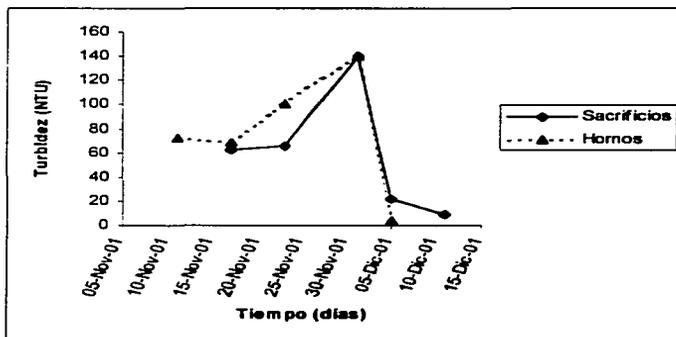


Figura 5. Turbidez (NTU) vs. Tiempo (días) en los sitios de Sacrificios y Hornos.

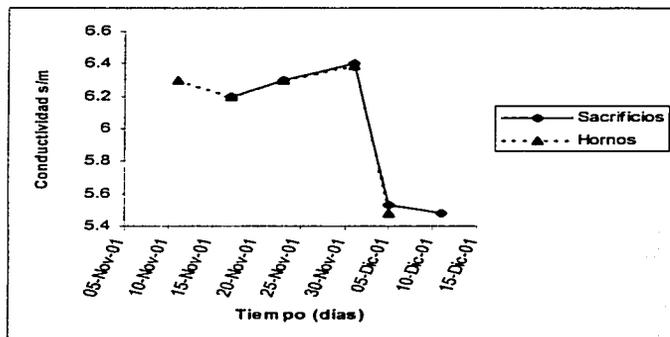


Figura 6 Conductividad (s/m) vs. Tiempo (días) en los sitios de Sacrificios y Hornos.

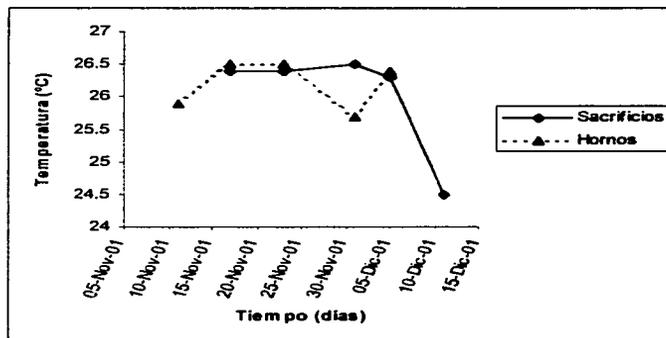


Figura 7. Temperatura (T°) vs. Tiempo (días) en los sitios de Sacrificios y Hornos.

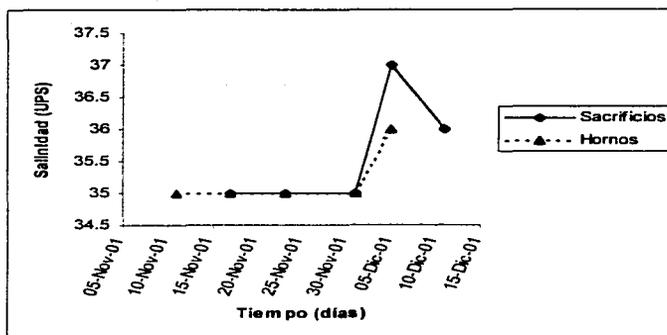


Figura 8. Salinidad (UPS) vs. Tiempo (días) en los sitios de Sacrificios y Hornos.

En las tablas y figuras siguientes se muestran los resultados de la revisión de las placas con sus respectivas réplicas obtenidas cada 6 días, debido a dificultades para remover las diatomeas de las placas de muestreo, se obtuvieron 6 cm² de muestra por placa.

Durante el periodo de muestreo se presentó en las costas de Veracruz el fenómeno de marea roja el cual tuvo una duración del 1 de diciembre al 7 de enero. La marea roja fue evidente en los sitios de muestreo al obtener las placas correspondientes al 05-dic-01 (S21,H27) para ambos sitios, por lo tanto éstas placas fueron revisadas con mayor detalle.

8.3 Abundancia media

En la figura 9, se muestra la abundancia promedio y la desviación estándar de las replicas para ambos sitios, se puede observar que de manera general la abundancia de las especies colonizadoras se incrementa con respecto al tiempo, el reclutamiento se observa con mayor intensidad durante los primeros 9 días y disminuye en los días siguientes. Por otro lado la desviación estándar disminuye con respecto a la abundancia media con respecto al tiempo.

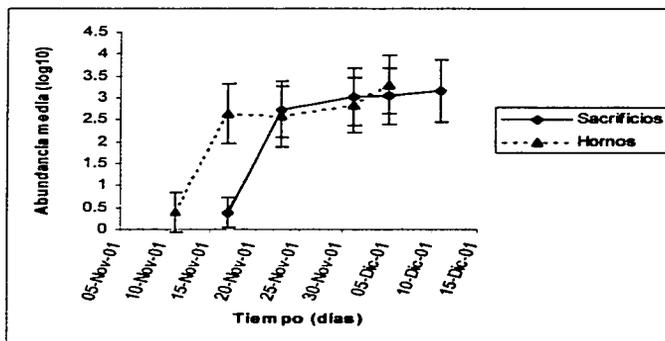


Figura 9. Abundancia media (no. de valvas Log10) vs. Tiempo (días)

8.4 Colonización y Sucesión

En la figura 10 se puede observar que el número de especies en ambos sitios presenta un considerable aumento durante los primeros 9 días (S3-S9, H3-H9). En el sitio de Sacrificios, se presenta una disminución en el número de especies entre los 3 y 9 días (S3-S9), para posteriormente volver a incrementar considerablemente hasta alcanzar un máximo de 80 especies

al final del muestreo. En el sitio de Hornos, a partir del segundo muestreo, la colonización de especies comienza a estabilizarse, para finalmente mantenerse constante.

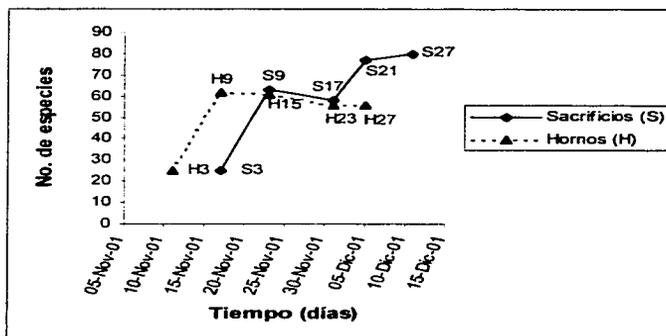


Figura 10. No. de especies vs. Tiempo (días) en los sitios de Hornos y Sacrificios.

En la figura 11, se observa que el no. de especies (acumulativo) en ambos sitios, se incrementa de igual manera, al inicio hay una mayor colonización de especies, mientras que conforme se va ocupando el espacio, disminuye gradualmente el número de especies nuevas que se implantan. En el sitio de Sacrificios de nuevo se observa que hay una disminución en el número de especies que se implantan entre los días 9 y 17 (S9-S17).

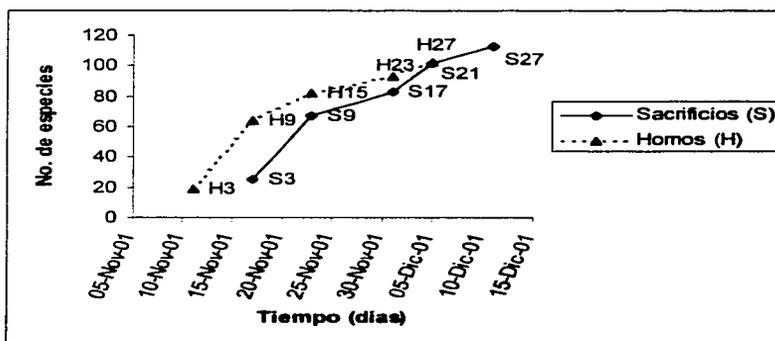


Figura 11. No. de especies (acumulativo) vs. Tiempo (días) en los sitios de Sacrificios y Hornos

En la figura 12, se observa que el índice de diversidad en el sitio de Sacrificios, disminuye a partir del día 3 (S3), hasta el día 17 (S17). Esta disminución se debe principalmente al aumento de la abundancia de algunas especies, a la disminución en la equitatividad, la disminución en el número de especies presentes en ese periodo y probablemente por efecto de un Norte que se presentó el día 29. A partir del día 17 (S17), el índice de diversidad presenta un aumento considerable, principalmente por el incremento en el no. de especies y bajo reclutamiento. Con respecto al sitio de Hornos, el índice de diversidad aumenta continuamente hasta el día 23 (H23) presentando un incremento mayor durante los primeros días, a partir de este día, el índice disminuye, esta disminución se debe principalmente al gran incremento en la abundancia y disminución en la equitatividad.

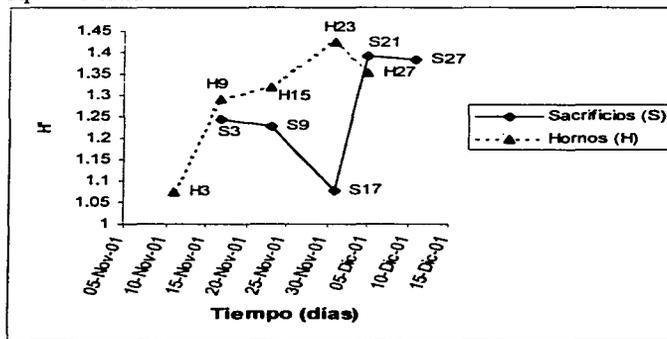


Figura 12. No. de especies acumulativo vs. Tiempo (días) en los sitios de Sacrificios y Hornos.

En la figura 13 se observa que la equitatividad en el arrecife Sacrificios y el arrecife Hornos es mayor al inicio, pues las especies colonizadoras mantienen aproximadamente las mismas abundancias, posteriormente conforme pasa el tiempo algunas especies presentan mayores incrementos en sus abundancias, lo que ocasiona que la equitatividad disminuya. Conforme la comunidad se vuelve más compleja la desaparición, implantación y el aumento y disminución en la abundancia de las especies ocasiona que los valores de equitatividad aumenten y disminuyan con respecto al tiempo. Al final del muestreo, en ambos sitios se obtienen valores muy similares de equitatividad.

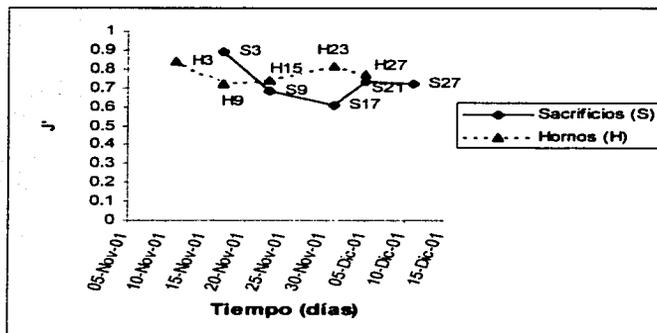


Figura 13. Equitatividad vs. Tiempo (días) en los sitios de Sacrificios y Hornos.

En la tabla 1, se observa que en el sitio de sacrificios, se obtuvo la más alta abundancia y el mayor número de especies, así como la mayor ocurrencia de especies exclusivas por sitio, sin embargo el valor más alto del índice de diversidad se presentó en el sitio de Hornos. Cabe mencionar que los valores máximos del índice de diversidad en el arrecife Sacrificios y arrecife Hornos se presentaron durante los días 21 y 23 respectivamente.

Tabla 1. Cuadro comparativo de algunas características de ambos sitios.

	Hornos	Sacrificios
No. total de especies	103	113
Abundancia máxima (no. de valvas/cm ²)	352,543	460,227
Especies exclusivas	25	35
Diversidad máxima	1.421	1.391

8.5 Dinámica de la Colonización y Sucesión

En las figuras 14 y 15 se observa que la similitud entre las comunidades aumenta entre los tiempos sucesivos, de tal manera que conforme pasa el tiempo, las comunidades presentan una mayor similitud entre sí mientras que la comunidad al inicio del muestreo es más diferente de las demás. El máximo valor de similitud para el arrecife Sacrificios se presenta entre las comunidades del día 21 y 37 sin embargo en el arrecife Hornos, el mayor valor de similitud se presenta entre las comunidades correspondientes a los días 15 y 23, lo cual se ve reflejado en la figura 15.

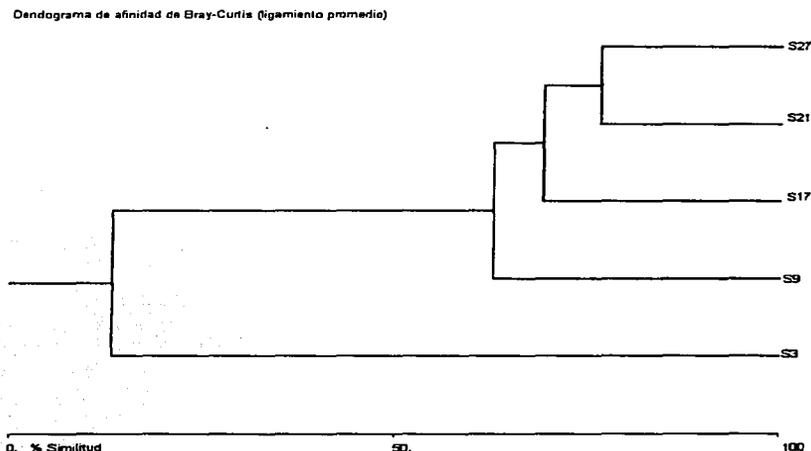


Figura 14. Dendograma de afinidad de Bray-Curtis para el sitio de Sacrificios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dendograma de afinidad de Bray-Curtis (ligamiento promedio)

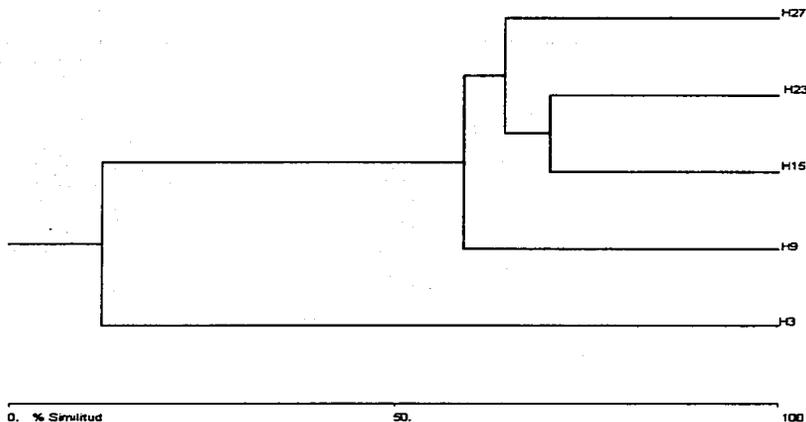


Figura 15. Dendograma de afinidad de Bray Curtis para el sitio de Hornos.

En las figuras 16 y 17, se presentan los gráficos de R simulado para la prueba de análisis de similitud (ANOSIM por sus siglas en inglés) para ambos sitios, en donde se determina que las comunidades presentes en el arrecife de Sacrificios y en el arrecife de Hornos en los distintos tiempos son diferentes, R observada = 0.5022, $p = 0.0999$ en arrecife Sacrificios y R observada = 0.7534, $p = 0.0999$ en arrecife Hornos respectivamente. Es decir se rechaza la H_0 : no hay diferencias en el “conjunto” de especies entre los tiempos de colecta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$R = (\bar{r}_B - \bar{r}_W) / (M/2)$$

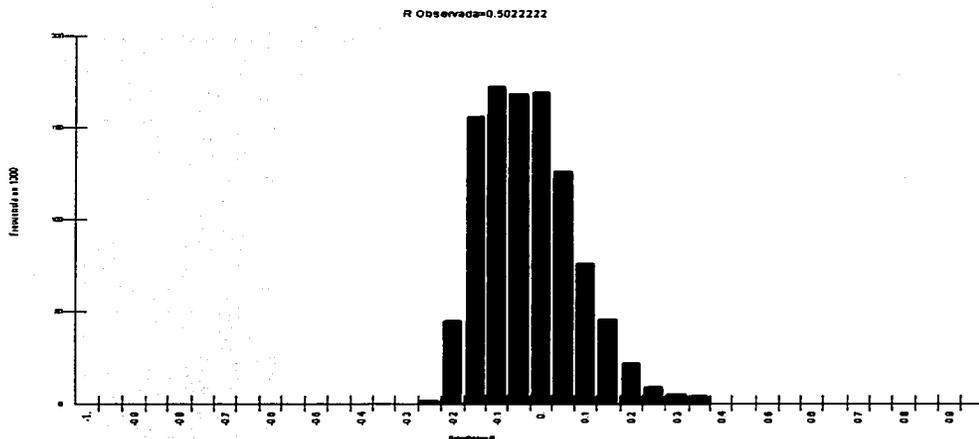


Figura 16. Histograma de frecuencias para el valor de R simulado para el sitio de Sacrificios.

$$R = (\bar{r}_B - \bar{r}_W) / (M/2)$$

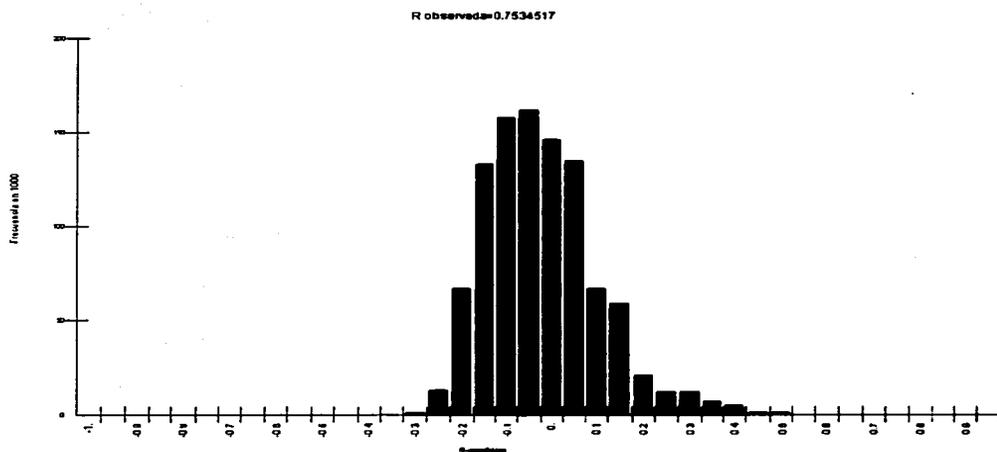


Figura 17. Histograma de frecuencias para el valor de R simulado para el sitio de Hornos.

En la figura 18 se presenta el gráfico de R simulado para ANOSIM comparando ambos sitios de muestreo, no se rechaza H_0 : No hay diferencias en el “conjunto” de especies entre los sitios de muestreo, (R observada = 0.3899, $p = 5.5944$).

$$R = (\bar{r}_B - \bar{r}_W) / (M / 2)$$

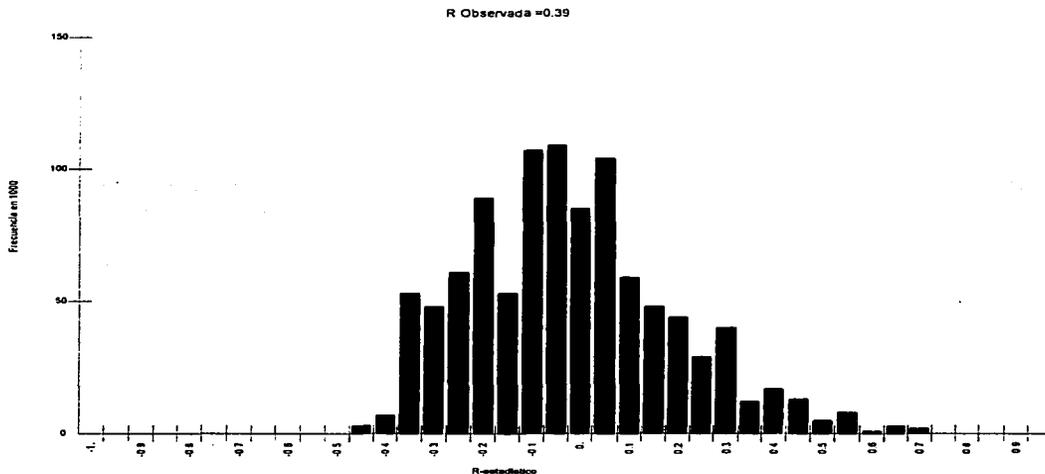


Figura 18. Histograma de frecuencias para el valor de R simulado comparando los sitios de muestreo.

En la tabla 5 se muestran los máximos, mínimos y R-observada para ambos sitios. En el sitio de Sacrificios, se presentó el máximo valor de similitud de los dos sitios (comunidades 23 y 31). Cabe destacar que para el sitio de Hornos el valor máximo obtenido en cuanto al índice de similitud se presentó entre las comunidades 15 y 23. La similitud mínima se presentó para ambos sitios entre las comunidades 1 y 31. Se obtuvo un mayor valor de R-observada para el sitio de Hornos.

Tabla 2. Valores máximos, mínimos y de R-observada obtenidos para los sitios de Sacrificios y Hornos.

	<i>Sacrificios</i>	<i>Hornos</i>
<i>Máximo valor de similitud</i> <i>(Bray-Curtis)</i>	76.42 (entre las comunidades 23 y 31)	70.33 (entre las comunidades 15 y 23)
<i>Mínimo valor de similitud</i> <i>(Bray-Curtis)</i>	9.79 (entre las comunidades 1 y 31)	7.94 (entre las comunidades 3 y 31)
<i>R Observada</i>	0.5022	0.7534

8.6 Composición y Estructura de la comunidad implantada

En el arrecife de Sacrificios se encontraron 113 especies distribuidas en 38 géneros, de las cuales 33 se identificaron a nivel de especie, 88 a nivel de género y 25 especies permanecieron sin identificar debido a que la fotografía en microscopio óptico no daba el detalle suficiente por su pequeño tamaño, 35 especies fueron exclusivas a este sitio (Anexo 1).

En el arrecife Hornos se encontraron 103 especies distribuidas en 29 géneros de los cuales 24 se identificaron hasta el nivel de especie, 77 a nivel de género, 26 especies permanecieron no identificadas. Se encontraron 25 especies exclusivas a este sitio (Anexo2).

Al analizar las abundancias de las especies con índice de frecuencia bajo (0.2), se determinó que no era necesario estudiar la abundancia media y sumatoria, pues solo se presentaron una sola vez a lo largo del periodo de muestreo y por lo tanto se obtiene un solo valor de abundancia.

Frecuencia

En el sitio de sacrificios se encontraron 37 especies con índice de frecuencia de 0.2 (se observaron una sola vez durante el muestreo), de las cuales 19 fueron exclusivas para este sitio, mientras que en el arrecife Hornos se encontraron 41 especies de este tipo de las cuales 17 fueron exclusivas.

En la figura 19, se observa que en el arrecife Sacrificios conforme pasa el tiempo aumenta el no. de especies con índice de frecuencia de 0.2 que coloniza, implantándose en mayores cantidades durante los últimos días, mientras que durante los primeros días no colonizan muchas de éstas. Por el contrario en Hornos, la mayoría de las especies poco frecuentes (23) se implanta durante los primeros 15 días y a partir del 9no día de muestreo comienza a disminuir su llegada.

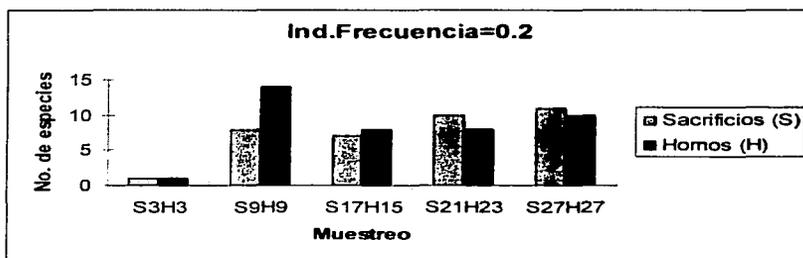


Figura 19. Histograma de frecuencias de las especies con frecuencia baja en los sitios de Sacrificios y Hornos a lo largo del periodo de muestreo.

Por otro lado, en el arrecife Sacrificios se encontraron 18 especies que se mantuvieron presentes durante todo el periodo de muestreo (con valor de índice de frecuencia de 1.0), de las cuales ninguna resultó ser exclusiva para este sitio, mientras que en el arrecife Hornos se encontraron 12 especies de este tipo y ninguna resultó ser exclusiva.

En la figura 20, se presenta la frecuencia de aparición de las especies exclusivas correspondientes a ambos sitios de muestreo. Se observa que estas especies se implantaron en ambos sitios a lo largo de todo el periodo de muestreo, la mayoría durante los primeros 15 días, presentándose con mayor frecuencia a los 9 días (S9H9) y disminuyendo su frecuencia de aparición con respecto al tiempo. En Sacrificios se observa un mayor aparición de este tipo de especies con respecto a Hornos a partir de los 9 días de muestreo.

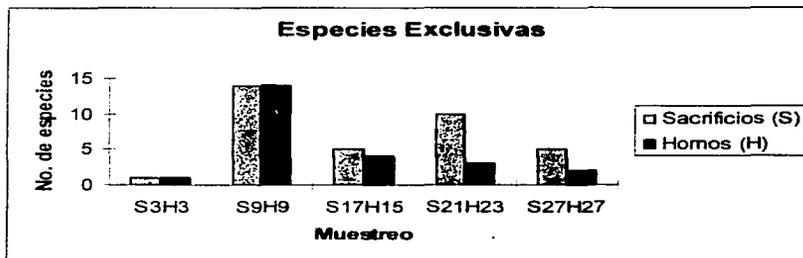


Figura 20. Histograma de frecuencias de las especies exclusivas en los sitios de Sacrificios y Hornos a lo largo del periodo de muestreo.

Abundancia

En la figura 21 se presenta la distribución de las abundancias de las especies que aparecieron una sola vez (índice de frecuencia de 0.2) para ambos sitios. Se observa que la mayoría de este tipo de especies, 34 en Sacrificios y 40 en Hornos presentan abundancias máximas menores a 1500 valvas / cm². En el arrecife Sacrificios sólo 3 especies presentaron abundancias menores a 15000 valvas / cm² (*Berkeleya notata*, *Navicula directa* y sp32). En el arrecife Hornos una especie (*Cyclophora* sp1) presentó una abundancia mayor 15000 valvas / cm².

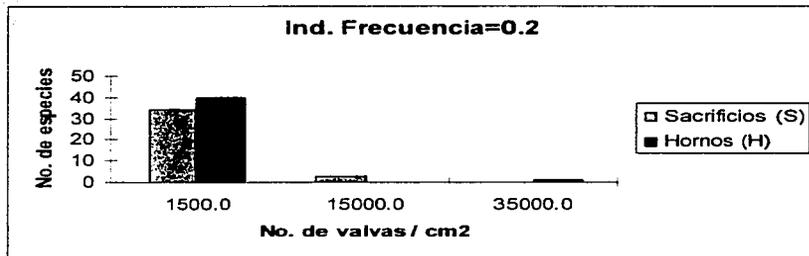


Figura 21. Histograma de frecuencias de las abundancias de las especies con índice de frecuencia de 0.2 en los sitios de Sacrificios y Hornos sitios a lo largo del periodo de muestreo.

En la figura 22, se presentan las frecuencias de las abundancias máximas de las especies presentes durante todo el muestreo (con índice de frecuencia de 1.0) en ambos sitios, se observa que la mayoría presentan abundancias menores a 15000 valvas / cm² (15 en arrecife Sacrificios y 10 en arrecife Hornos), en Sacrificios *Amphora cymbifera* y *Navicula sp1*, presentan abundancias mayores a 15000 valvas / cm² mientras que solo *Bacillaria paxillifer* presenta una abundancia media mayor a 35000 valvas / cm² sin embargo en Hornos solo *Amphora cymbifera* y *Bacillaria paxillifer* presentan abundancias mayores a 15000 valvas / cm².

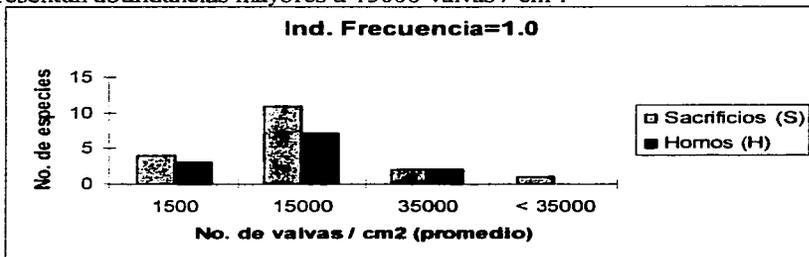


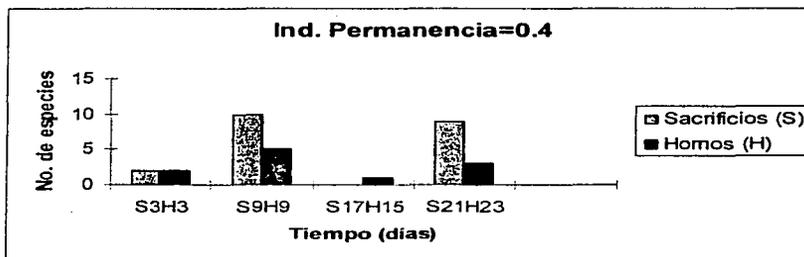
Figura 22. Histograma de frecuencias de la abundancia promedio de las especies con índice de frecuencia de 1.0 en los sitios de Sacrificios y Hornos a lo largo del periodo de muestreo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Permanencia

En arrecife Sacrificios se encontraron 21 especies que presentaron un índice de permanencia bajo (0.4), de las cuales 7 son exclusivas para este sitio, mientras que 18 especies permanecieron durante 4 muestreos consecutivos a lo largo del tiempo (con índice de permanencia de 0.8), de estas 1 fue exclusiva a este sitio (*Achnanthes brevipes*). En arrecife Hornos se encontraron 15 especies con Índice de Permanencia de 0.4 (es decir aparecieron 2 veces sucesivas), de las cuales 4 resultaron exclusivas a este sitio, mientras que 17 especies obtuvieron un Índice de Permanencia de 0.8, de las cuales una especie resultó exclusiva al sitio (*Navicula* sp7).

En la figura 23, se presenta la frecuencia de aparición de las especies con permanencia de 0.4 en ambos sitios durante el muestreo, se observa que la mayoría se implantan durante los primeros 9 días, posteriormente la implantación disminuye, en arrecife Sacrificios no hay implantación de este tipo de especies entre los 9 y 17 días, a partir del día 17 para sacrificios y 15 para Hornos de nuevo aumenta la implantación.



En la figura 24, se presenta para ambos sitios la frecuencia de aparición de las especies con índice de permanencia de 0.8 (es decir que se observaron 4 veces consecutivas) durante el muestreo, se observa que la mayoría arriba durante los primeros 9 días (17 en arrecife Sacrificios y 16 en arrecife Hornos), mientras que solo sp1 se implantó desde el inicio del muestreo en los dos sitios.

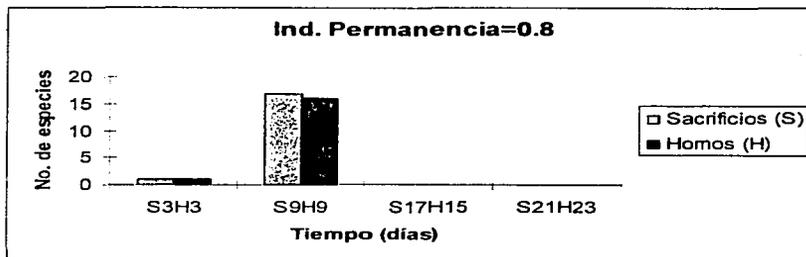


Figura 24. Histograma de frecuencias de las especies con índice de permanencia alto (0.8) en los sitios de Sacrificios y Hornos a lo largo del periodo de muestreo.

En arrecife Sacrificios ocurrió un mayor número de especies a lo largo del muestreo, de las cuales una presentó una abundancia mayor a 35000 valvas / cm², se observó un menor número de especies que aparecieron una sola vez, de éstas se presentaron más especies exclusivas que en Hornos, se encontró un mayor número de especies que se observaron sucesivamente durante 4 muestreos, de igual manera el número de especies observadas sucesivamente durante dos muestreos fue mayor.

De las especies anteriormente mencionadas, se encontró un mayor número de especies exclusivas con índice de permanencia bajo en arrecife Sacrificios, mientras que para aquellas especies con índice de permanencia alto el número de especies exclusivas fue de uno en ambos sitios.

Para analizar de manera integral la capacidad de colonización de las especies observadas, se construyó un Índice de Potencial de Colonización con el cual fue posible calificar la capacidad de colonización de las especies, este tipo de metodología es llamado "rating" o "scoring" y se ha utilizado para evaluar la calidad de los recursos naturales (Brower *et al.*, 1998).

Se tomaron en consideración para determinar el Índice de Potencial de Colonización (IPC) la Abundancia Media, Frecuencia y la Permanencia específica, en principio se asigna de igual importancia los 3 componentes. Los valores de IPC se presentan en anexos.

Debido a que el realizar un gráfico incluyendo todas las especies encontradas por sitio resulta muy complejo en términos de poderlo interpretar gráficamente, en las figuras 25 y 26 se muestra la dinámica de las especies de diatomeas que obtuvieron un valor de IPC ≥ 2.3 , considerando a éstas importante ya que poseen características biológicas que les permitieron mantenerse durante todo el periodo de muestreo con altas densidades.

En la figura 25 se puede observar que de manera general, este tipo de especies aumentan rápidamente su densidad poblacional durante los primeros 9 días. *Bacillaria paxillifer* aumenta en mayor proporción su abundancia durante los primeros días que las demás especies. *Amphora abdulens* coloniza hasta los 9 días de muestreo y aumenta progresivamente su tamaño poblacional. *Navicula* sp1, *Amphora cymbifera*, *Fragilaria brevistriata* y *Amphora* sp3 aumentan gradualmente su abundancia a lo largo de todo el periodo de muestreo, mientras que las demás especies tienden a fluctuar el tamaño de su población sin presentar una disminución considerable.

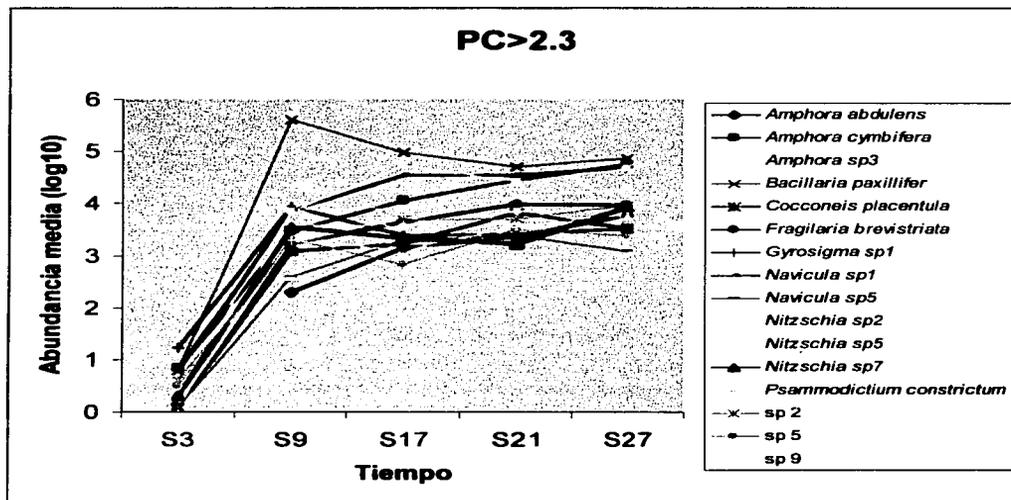


Figura 25. Dinámica de las poblaciones de especies con Índice de Potencial de Colonización a lo largo del tiempo en el arrecife de Sacrificios.

En la figura 26 se observa que al igual que en Sacrificios, estas especies aumentan rápidamente su abundancia durante los primeros 9 días, sin embargo en este sitio no se aprecia un aumento en mayor proporción de la especie *Bacillaria paxillifer*, así mismo ésta especie como *Cocconeis placentula*, *Cocconeis* sp1 y *Nitzschia* sp3 aumentan gradualmente su tamaño poblacional a lo largo de todo el periodo de muestreo, mientras que las demás especies (6) presentan fluctuaciones

en su abundancia. Sólo *Gyrosigma* sp1 disminuye constantemente su tamaño poblacional a lo largo del tiempo a partir de los 9 días.

A diferencia de arrecife Sacrificios, en este sitio solo hubo 10 especies con $IPC \geq 2.3$, son diferentes las especies que aumentan gradualmente su abundancia, *Bacillaria paxillifer* no disminuye su tamaño poblacional a lo largo del tiempo y hay dos especies que obtienen el valor de $IPC \geq 2.3$ que no lo obtienen en arrecife Sacrificios (*Cocconeis* sp1 y *Nitzschia* sp3).

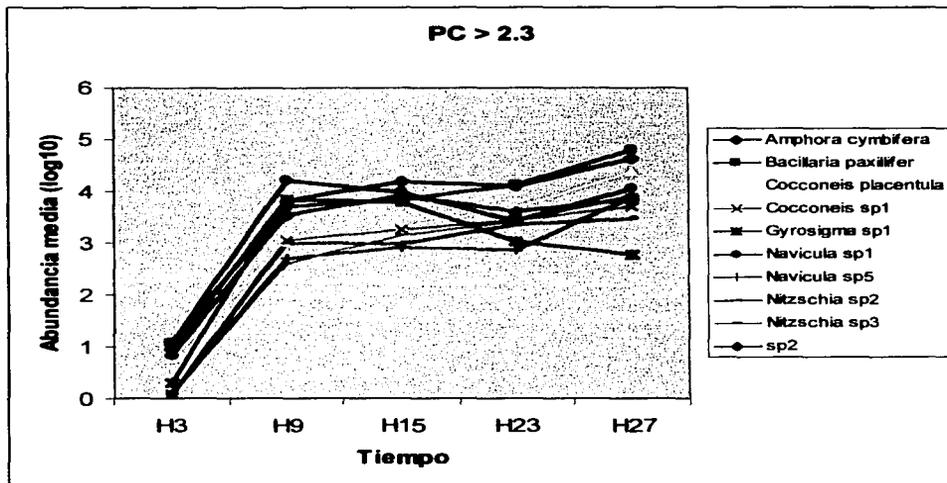


Figura 26. Dinámica de las poblaciones de especies con índice de Potencial de Colonización a lo largo del tiempo en el arrecife de Hornos.

En resumen los resultados indican que: existen diferencias en el número de especies, número de especies exclusivas, valores de índice de diversidad, equitatividad, similitud y propiedades de las especies durante la sucesión entre ambos sitios de muestreo; la variación encontrada de la abundancia y diversidad de las diatomeas litorales en ambos sitios es diferente; las comunidades que se implantaron al inicio del muestreo en los dos sitios, son significativamente diferentes de aquellas encontradas al final del periodo de muestreo; al comparar el proceso de sucesión entre

ambos sitios se determinó que no hay diferencia en el “conjunto” de especies entre los sitios de muestreo.

En cuanto a la presencia de marea roja cabe destacar que a la hora de realizar el muestreo de 21 días del sitio Sacrificios y 27 días del sitio Hornos, fue evidente la presencia de ésta en el área.

Se observó que se presentan ciertas variaciones en la abundancia relativa, índice de diversidad, índice de similitud de Bray-Curtis, pH, turbidez, conductividad, temperatura y salinidad en ambos sitios correspondientes a las fechas, esta variación se presentó en mayor grado en el sitio de Hornos, mientras que en el sitio de Sacrificios casi no fue perceptible.

Finalmente, cabe mencionar que se presentan los datos obtenidos de los tamaños poblacionales de las especies en el arrecife de Sacrificios y en el arrecife Hornos (no de valvas / cm^2) a lo largo del periodo de muestreo, los valores obtenidos del Índice de Potencial de Colonización (IPC) de las especies en ambos sitios así como las fotografías de aquellas especies con $\text{IPC} \geq 2.3$ en los anexos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

9. Discusión de resultados

El diseño experimental fue planteado de tal manera que permitiera determinar la composición específica y abundancia de la comunidad de diatomeas colonizadoras de substratos a lo largo del tiempo (aprox. un mes el cual es tiempo suficiente para obtener una comunidad avanzada de diatomeas, Oemke y Burton, 1986). Los parámetros fueron analizados comparativamente en el tiempo para analizar los cambios de la comunidad durante las etapas tempranas de la colonización y especialmente para evaluar la variación del proceso. Para ello se aplicaron análisis de varianza y análisis de similitud para estudiar la sucesión dentro y entre los dos sitios de muestreo.

Para evitar sesgos, se utilizaron dos estructuras iguales; placas de vidrio de igual tamaño, forma y en igual número, fijadas de la misma manera y ubicadas a la misma profundidad de tal modo que las diferencias encontradas son atribuibles a las características de la localidad y no al modo de muestreo.

La ubicación de los sitios de muestreo se orientó a comparar el grado de conservación. Para el arrecife Sacrificios (sitio con menos perturbación antropogénica) hubo que tomar adicionalmente en cuenta la logística de muestreo, que hacía necesario salir continuamente a obtener muestras y el escoger un sitio más alejado implicaba mayor incertidumbre.

En cuanto al periodo durante el cual se realizó el muestreo es interesante realizar este tipo de estudio en época de lluvias pues en el área se presentan dos épocas climáticas considerablemente diferentes las cuales seguramente influyen el número y tipo de especies colonizadoras presentes.

El utilizar placas de vidrio como substrato artificial, ofreció ventajas para el objetivo propuesto. El poder obtener (raspar) completamente la superficie sin dejar muestra en esta y sin obtener una alta cantidad de residuos (por ejemplo si se utilizara barro), permite dar mayor confiabilidad en los datos de abundancia y diversidad, se ha utilizado ampliamente en otros estudios como por ejemplo: Paul *et al.* (1977); Hudon y Bourget (1981); Edyvean *et al.* (1985); y Belegreatis y Economou-Amili (2001) lo que permite adicionalmente comparar los resultados con otras localidades.

La técnica de limpieza de las muestras que obligadamente destruye la materia orgánica y separa las valvas tiene ciertas desventajas, pues no permite estudiar las asociaciones de diatomeas, las cuales según Siqueros-Beltrones (2002) son importantes para establecer el grado de perturbación

de algún sitio; no es posible contar a los individuos como tales pues las valvas tienden a separarse. Tampoco es posible observar en vivo a los organismos por lo que se corre el riesgo de que algunas especies encontradas (por ejemplo de modo de vida planctónico) solamente se hayan depositado por sedimentación aunque esto es improbable por la disposición vertical de las placas.

La utilización de sustratos artificiales en este tipo de estudios, se ha hecho principalmente para obtener muestras cuantitativas comparables y confiables, las cuales resultan muy difíciles de conseguir a partir de sustratos naturales debido a la irregularidad física y fisicoquímica de sus superficies (Sládecková, 1962).

Sládecková (1962) no encontró diferencias en la composición y crecimiento de diatomeas perifíticas sobre vidrio, polietileno, metal, rocas limpiadas y madera. Sin embargo muchos autores han reportado diferencias entre sustratos naturales y artificiales (Hamilton y Hamish, 1984), entre ellos Belegratis y Economou-Amilli (2001), que aunque obtuvieron índices de diversidad de las diatomeas similares entre los sustratos artificiales y naturales que utilizaron, encontraron diferencias en la composición específica, número de especies y biomasa de las diatomeas entre los sustratos. De igual manera se han encontrado diferencias en la estructura de la comunidad entre asociaciones de diatomeas epilíticas y epifíticas así como entre las diatomeas epifíticas que crecen en diferentes especies de algas y pastos marinos (Round *et al.* 1990; Siqueiros-Beltrones, 2002). Por lo anterior es recomendable tener especial cuidado al seleccionar el sustrato dependiendo de los objetivos del estudio a realizar, pues de manera general se han encontrado diferencias entre las diatomeas que colonizan los diferentes sustratos, especialmente en las diatomeas epilíticas y epifíticas, por lo tanto los resultados obtenidos en el presente estudio, aunque podrían ser muy similares a lo que se pudiera observar en el arrecife coralino, sería necesario comprobarlo si lo que se pretende es extrapolar éstas observaciones a éste tipo de sustrato.

Al analizar las gráficas de abundancia vs tiempo fue posible definir a S17 y H15 como los tiempos críticos en cuanto a ocupación de espacio, es decir antes de estos tiempos había espacio disponible y las densidades aumentaban considerablemente, posteriormente al saturarse completamente el espacio, las densidades ya no aumentan con la misma proporción y muy probablemente la competencia inter e intra específica se vuelven un proceso importante en la sucesión. Esto nos permitió categorizar a las especies en: pioneras (P), presentes desde los primeros 9 días con abundancia relativamente alta; especies abundantes, frecuentes y muy

permanentes (A); especies tardías (T) las cuales aparecieron en o después de S17 y H15, alcanzando y manteniendo abundancias relativamente altas (> 1500 valvas / cm^2); especies constantes (C), presentes en cuando menos dos muestreos sucesivos pero nunca alcanzando altas densidades y especies incidentales (I), registradas 1 vez, en 2 o más ocasiones separadas u observadas 2 veces sucesivas con baja densidad

Se encontraron evidencias de un determinado proceso de sucesión en ambos sitios. Se detectaron especies con características típicas pioneras (aprox. 19 especies), que aparecieron durante los primeros 9 días con abundancias relativamente altas y posteriormente disminuyeron su densidad hasta el grado de desaparecer especialmente en o después del tiempo sucesional en el que se considera que se saturó el espacio disponible. Estas especies aparentemente no impidieron el establecimiento de otras especies durante la evolución del proceso de sucesión. La mayoría de las especies que presentaron las mayores abundancias fueron observadas desde los primeros días en ambos sitios. Estas especies (presentes desde el inicio) en arrecife Sacrificios (25 en total), sólo 7 (*Amphora* sp2, *Coconeis* sp2, *Cyclotella* sp2, *Mastogloia binotata*, sp1, sp21 y sp31) no permanecieron durante todo el tiempo de estudio y de éstas, *Cyclotella* sp2, *Coconeis* sp2, *Amphora* sp2, sp21 y sp31 presentaron abundancias muy bajas (< 1500 valvas / cm^2).

En arrecife Hornos, de las 19 especies que colonizaron desde el inicio (*Amphora* sp1, *Bacteriastrium hyalinum*, *Cyclotella* sp1, *Nitzschia* sp1, *Nitzschia* sp5, *Nitzschia* sp6 y sp1) no permanecieron durante todo el muestreo y de éstas, *Amphora* sp1, *Bacteriastrium hyalinum*, *Cyclotella* sp1, *Nitzschia* sp1, *Nitzschia* sp5 y *Nitzschia* sp6 presentaron abundancias < 1500 valvas / cm^2 .

Se detectaron aproximadamente 15 especies tardías en ambos sitios.

La mayoría de las especies fueron incidentales (especies que aparecieron y desaparecieron a lo largo del muestreo). Finalmente 20 especies en ambos sitios estuvieron presentes a lo largo de todo el muestreo.

En general el proceso de colonización mostró que el número de especies y el índice de diversidad aumentaron con respecto al tiempo. Lo anterior debido a que durante todo el tiempo de muestreo se presentó implantación de nuevas especies (un gran número de especies fueron incidentales). Las razones de que se encontraran numerosas especies que sólo se observaron una vez durante el muestreo en los sitios, se pueden explicar en que son competitivamente inferiores o que las condiciones ambientales no fueron adecuadas para que pudieran mantenerse en interacción con

otras especies pues presentaron valores de abundancia bajos (< 1500 valvas / cm^2). No puede descartarse que estas especies no puedan aumentar su permanencia por interacción excluyente. Aquellas especies observadas durante todo el periodo de muestreo presentaron abundancias altas, éstas especies aumentaron gradualmente su densidad a lo largo del tiempo, principalmente durante los primeros días de estudio cuando el espacio experimental estaba disponible. Probablemente debido a que éstas son capaces de desarrollarse con cantidades limitadas de recursos. Excepcionalmente en arrecife Hornos una de éstas especies (*Gyrosigma* sp1) mostró una clara tendencia a disminuir su tamaño poblacional a partir del 9no día.

Los datos resultan aún insuficientes para proponer que el proceso de colonización estudiado obedezca a alguno de los modelos propuestos, con excepción de que se puede descartar el modelo de inhibición ya que la presencia de especies tardías indica que los primeros colonizadores no inhiben que otras especies puedan establecerse posteriormente. De hecho las diversas interacciones parecen ocurrir convergentemente. Se observaron especies pioneras que desaparecieron al ocuparse el 100% de la superficie y hubieron especies que se implantaron desde el inicio aumentando gradualmente su tamaño poblacional a lo largo del tiempo sin verse inhibidas en su crecimiento por la posterior implantación de otras especies (Whittaker, 1975; Connel y Slatyer, 1977). Se obtuvieron evidencias de la aparición de especies incidentales y el reemplazo de especies, (por ejemplo en arrecife Sacrificios a los 27 días desaparecen las especies *Amphora* sp2, *Biremis* sp1, *Denticula* sp1, *Fragillaria* sp1, *Licmophora flabellata*, *Nitzschia* sp14, *Paralia sulcata*, *Skeletonema* sp1, sp19, sp20, sp27, sp32, sp33, sp34 y *Toxarium hennedyana*, mientras que aparecen por primera vez *Licmophora* sp1, *Navicula directa*, *Nitzschia* sp15, *Rhaponeis* sp1, sp16, sp24, sp28 y sp35, y en arrecife Hornos en el mismo periodo de tiempo desaparecen *Amphora abdulens*, *Amphora* sp5, *Diploneis* sp1, *Licmophora* sp1, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia* sp11, *Nitzschia* sp12, *Plagiotropis* sp1, sp10, sp11, sp15, sp26 y sp7 y aparecen por primera vez *Biremis* sp1, *Cocconeis dirupta*, *Cocconeis* sp5, *Thalassionema nitzschoides*, *Pleurosigma diversestratum*, sp20 y sp4).

En base a lo anterior, se propone que la colonización de diatomeas bentónicas en placas de vidrio en los arrecifes de Sacrificios y Hornos, pudiera seguir el modelo de tolerancia o facilitación (Connel y Slatyer, 1977; Nybakken, 2001). Para determinar cual modelo aplica a la sucesión, sería necesario estudiar las interacciones entre las especies, por ejemplo si una especie modifica el medio de tal manera que facilita el establecimiento de otra o si aquellas especies que se

mantiene en la fase final del muestreo utilizan con mayor eficiencia algún recurso (Picket *et al.*, 1987), o detectar patrones claros en la colonización en otros tiempos y espacios, lo cual requeriría de un estudio mucho más amplio.

Por otro lado hay especies que no se comportan de la misma manera durante el proceso de colonización en ambos sitios. Por ejemplo, *Amphora pediculus* aparece en arrecife Sacrificios y se mantiene desde los 9 días, mientras que en arrecife Hornos solo logra implantarse hasta los 23 días. Hay otros ejemplos como *Amphora abdulens*, *Cocconeis* sp6, *Delphineis surirella*, que presentan comportamientos diferentes entre los sitios. Esto es evidencia probablemente no de plasticidad adaptativa, ni de diferencias poblacionales sino de la expresión de la competitividad de la especie en la comunidad en desarrollo, aunque también podría indicar que no todos los propágulos estuvieron disponibles en los dos sitios al mismo tiempo.

Se encontraron diferencias en el proceso sucesional en las características evaluadas entre ambos sitios (un mayor número de especies en el arrecife de Sacrificios, una mayor presencia de especies exclusivas a este sitio, una mayor abundancia total, un mayor número de especies con Índice de Frecuencia alta, mayor número de especies con Índice de Permanencia bajo y un menor número de especies con Índice de Frecuencia bajo). Al comparar los conjuntos de especies entre los dos sitios utilizando ANOSIM se determinó que no hay diferencia significativa en el "conjunto" de especies (R observada = 0.3899, $p = 5.5944$), por ejemplo en ambos sitios, *Cocconeis* sp4, *Cyclophora* sp1 y *Petrodictyon gemma* aparecen por primera vez en S27/H27, *Amphora cymbifera*, *Bacillaria paxillifer*, *Cocconeis placentula*, *Gyrosigma* sp1, *Navicula* sp1, *Navicula* sp5, *Nitzschia* sp2 y sp20 se mantuvieron presentes durante todo el tiempo de muestreo y *Amphora bigibba* y *Cocconeis* sp6 aparecen posteriormente al tiempo S17/H15 como especies tardías, con abundancias similares en ambos sitios.

Belegratis y Economou-Amili (2001), en un estudio similar compararon la diversidad de diatomeas perifíticas entre un sitio oligotrófico y otro eutrófico y encontraron que esta es parecida en ambos sitios, de igual manera que en el presente estudio, encontraron diferencias en el número de especies y la composición específica, así como especies exclusivas a cada sitio.

Stevenson 1984, determinó que los cambios en la diversidad son un indicador preciso de cambios en la calidad del agua y establece que la diversidad de especies puede ser mayor en áreas contaminadas que en aquellas que no lo están tanto, lo cual corresponde con los datos obtenidos en el presente estudio, pues se encontraron valores de índices de diversidad más altos en el arrecife

Hornos que en el arrecife Sacrificios. Así mismo la similitud entre las comunidades sucesivas aumenta conforme avanza el tiempo de manera gradual, los resultados indican que las habilidades de colonización de las especies se van conformando con el paso del tiempo es decir mas especies alcanzan mayores densidades y tienden a fluctuar menos en el tiempo. Esta parsimonia se ve alterada en el sitio del arrecife de Hornos donde el aumento en similitud entre las comunidades sucesivas no es tan gradual. Al observarse un valor de R mayor para el arrecife de Hornos que el valor de R determinado en el arrecife de Sacrificios, se indica que existe una mayor diferencia entre las comunidades presentes en el arrecife de Hornos que entre las comunidades presentes en el arrecife de Sacrificios (Clarke, 1993).

Sobre la base de lo anterior y tomando en cuenta que las propiedades fisicoquímicas de la columna de agua evaluadas en ambos sitios son muy similares, las diferencias encontradas en el proceso de sucesión entre los sitios se pueden deber a variaciones en las características ambientales de éstos.

Se calculó el Índice de Potencial de Colonización (IPC) de las especies para poder analizar su capacidad de colonizar de manera integral considerando el conjunto de las propiedades y no sólo una, que en este caso fueron la frecuencia, la permanencia y la abundancia, considerándolas de importancia, ya que para que una especie pueda colonizar, mantenerse y desarrollarse en el espacio-tiempo es necesario que posea ciertas características biológicas que le permitan desarrollarse mejor que las demás especies por lo tanto algunas serán más "exitosas" que otras en la colonización de un nuevo nicho. El índice atribuye un valor mayor a una alta frecuencia de registro considerando que implica la presencia de propágulos de colonización. Los incrementos numéricos se consideran otro atributo del esfuerzo de colonización y la capacidad de permanecer en la superficie a colonizar se considera que expresa una capacidad competitiva (Díaz y Arenas, 2000).

Tomando en cuenta lo anterior se encontró que en el arrecife de Sacrificios (fig.26), 17% de las especies obtuvieron un IPC entre 2.1 y 3.0, de las cuales solo 3 especies (*Amphora cymbifera*, *Navicula sp1* y *Bacillaria paxillifer*) obtuvieron un Índice de Potencial de Colonización mayor a 2.5. Estas especies poseen características que las permiten ser mejores colonizadoras con respecto a las demás. Por otro lado, la mayoría, es decir el 83 % de las especies obtuvieron un IPC entre 0.5 y 2.0, esto indica que son especies que se encontraban listas para colonizar pero que no contaron con las características biológicas que les permitieran prevalecer sobre otras. Por los

datos observados, se aprecia que son estas especies las que hacen que aumente gradualmente la diversidad con respecto al tiempo.

En Hornos, de nuevo se aprecia que el mayor porcentaje de especies (88%) obtuvo un valor de Índice de Potencial de Colonización entre 0.5 y 2.0. Mientras que sólo el 12 % obtuvo un valor entre 2.5 y 3.0, de éstas sólo dos lograron un valor mayor a 2.5 (*Bacillaria paxillifer* y *Amphora cymbifera*).

De lo anterior podemos establecer que las especies *Bacillaria paxillifer* y *Amphora cymbifera*, podrían considerarse como especies bentónicas "tipo" y como especies que se establecen exitosamente en nuevos nichos en los dos sitios estudiados y quizá en un área considerable del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV). Al analizar el crecimiento poblacional de estas dos especies, se observa que ambas aumentan gradualmente su población a lo largo del tiempo, sin embargo, *Bacillaria paxillifer* disminuye su tamaño poblacional en el arrecife Sacrificios a los 9 días de muestreo, para posteriormente volver a aumentar.

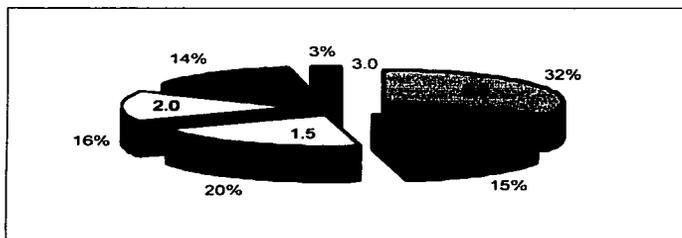


Figura 26. Porcentaje de las especies con respecto al valor obtenido de Potencial de Colonización en el arrecife de Sacrificios.

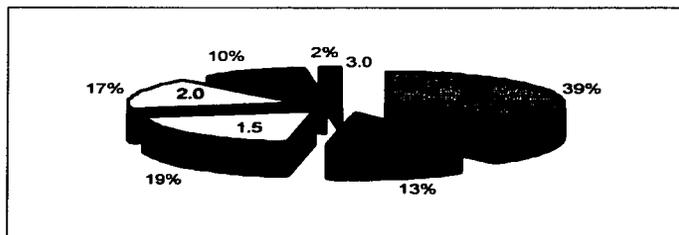


Figura 27. Porcentaje de las especies con respecto al valor obtenido de Potencial de Colonización en el arrecife de Hornos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se sumaron los valores de IPC de todas las especies para cada sitio como una expresión del esfuerzo de colonización que realizan las poblaciones por ocupar un nuevo espacio. Sacrificios resultó recibir casi un 20% más esfuerzo de colonización que Hornos, el mayor valor obtenido en el arrecife de Sacrificios, se debe a que se observó un mayor número de especies colonizadoras en este sitio y a que más especies presentaron valores de IPC más altos que en el arrecife de Hornos. En base a lo anterior y observando la figura 26 se aprecia que en el arrecife de Sacrificios, existe un mayor número de especies que presenta una mayor capacidad de colonización que en el arrecife de Hornos.

No se encontraron diferencias significativas en la estructura de la comunidad de diatomeas durante las diferentes etapas de sucesión temprana entre los sitios de muestreo (R observada = 0.3899, $p = 5.5944$), a pesar de que se encontraron diferencias en el número de especies, especies exclusivas, abundancia total, índice de diversidad y equitatividad. Éstas diferencias no fueron lo suficientemente marcadas para ser significativos estadísticamente.

Tomando en cuenta que se presentó un Norte entre los muestreos S9-S17 y H15-H23 y la presencia de marea roja en el área a partir del 1 de diciembre, al observar los cambios en el índice de diversidad, no. de especies, abundancia media y evaluando principalmente que el valor más alto de índice de similitud en arrecife Hornos se da entre las comunidades H15 y H23, mientras que en arrecife Sacrificios el índice de similitud sigue aumentando con las comunidades sucesivas se podría pensar que el arrecife de Sacrificios es más resiliente a alguna perturbación que el arrecife de Hornos, probablemente debido a que el primero es un lugar con menos alteración antropogénica que el segundo, sin embargo para poder afirmarlo sería necesario llevar a cabo estudios orientados a este fin. Probablemente las especies exclusivas de Hornos representan a un grupo cuyas características son más propicias para colonizar en ambientes con perturbación antropogénica. Aquellas que únicamente se encontraron en el arrecife de Sacrificios probablemente correspondan a especies altamente sensibles y por lo tanto no logran presentarse en el ambiente perturbado, sin embargo esto sería necesario comprobarlo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

10. Literatura Citada

- Aleem A.A. 1950. Distribution and ecology of British marine littoral diatoms. *Journal of Ecology* 38:75-106.
- Batterbee, W.R. 1986 Diatom analysis. Capítulo 26. Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. Berglund, E. edit. Capítulo 26. John Wiley & Sons Ltd. 1986.
- Belegratis, M.R. y A. Economou-Amili. Marine diatoms in the Evoikos Gulf (Aegean Sea, Greece)- substrate and nutrient effects on colonization and assemblage structure. A. Economou-Amili. ed. 2001. *Athens & Aegean Islands Proceedings* University of Athens, Greece. 601 p.
- Beltrán Torres, A. y J. P. Carricart Ganivet. 1993. Skeletal morphologic variation in *Montastrea cavernosa* (Cnidaria: Scleractinia) at Isla Verde coral reef, Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.* 41(3): 552-559.
- Blinn, D.W., A. Fredericksen y V. Korte. 1980. Colonization rates and community structure of diatoms on three different rock substrata in a lotic system. *Br. Phycol. J.* 15:303-310.
- Bray, J.R. y J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27:325-334,337-349.
- Brower E.J., J.H. Zar y C.N. von Ende. 1998. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4a. MCB McGraw-Hill. EUA. 273 p.
- Carrera-Parra, L. F. y J. M. Vargas-Hernández. 1997. Comunidad críptica de esponjas del arrecife de Isla de Enmedio, Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop. México.* 44(3)/45(1): 311-321.
- Charalambia, L. S. y D. Danielidis. 1997. UVB radiation and depth interaction during primary succession of marine diatom assemblages of Greece. *Limnol. Ocean.* 42(5):986-991.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austr. Journ. Ecol.* 18:117-143.
- Connel J.H. y R.O. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* 111(982):1119-1144.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs, *Science* 199:1302-1310.
- Díaz V. y V. Arenas. 2000. Potencial de colonización de poliquetos en substratos experimentales. Primer Congreso Nacional sobre arrecifes de coral. Veracruz, Ver. México (Resumen).
- Dixon P.M. 1993. The Bootstrap and the Jackknife: Describing the Precision of Ecological Indices. Capítulo 13. Scheiner S.M. y J. Gurevitch. Edts. *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Chapman & Hall. USA. 445 p.
- Edyvean R.G.J., G.A. Rands y B.L. Moss. 1985. A comparison of diatom colonization on natural and artificial substrata in seawater. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 20:233-238.

- Hamilton P.B. y C. D. Hamish. 1984. Periphyton colonization of rock surfaces in a boreal forest stream studied by scanning electron microscopy and track autoradiography. *J. Phycol.* 525-532.
- Hasle G. y G. Fryxel. 1970. Diatoms: Cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Trans. Am. Microsc. Soc.* 89:469-474.
- Hendey, N.I. 1951. Littoral diatoms of Chichester Harbour with special reference to fouling. *Journal Royal Microscopical Society* 71, 1-86. In: Edyvean R.G.J., G.A. Rands y B.L. Moss. 1985. A comparison of diatom colonization on natural and artificial substrata in seawater. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 20:233-238.
- Hudon C., E. Bourget. 1981. Initial colonization of Artificial Substrate: community development and structure studied by scanning electron microscopy. *Can.J.Fisch.Aquat.Sci.* 38:1371-1384.
- Johansson, C., 1979. Chlorophyll content and the periphytic algal vegetation in six streams in northern Jämtland, Sweden 1977. *Medd. Växtbiol.inst.* 2:1-27. In: Ács É. Y Kiss T. Keve. 1993. Colonization processes of diatoms on artificial substrates in the River Danube near Budapest (Hungary). *Hydrobiologia* 269/270:307-315.
- Korte V.L. y D. W. Blinn. 1983. Diatom colonization on artificial substrata in pool and rifle zones studied by light and scanning electron microscopy. *J. Phycol.* 19:332-341.
- Krebs J.C. 1972. *Ecology*. Harper & Row. Nueva York. 694p.
- Lakatos, G. 1977. Investigation of the colonizational dynamic of attached organisms (biotecton) in a short term experiment. *Acta Biol. Debrecina.* 14:95-103.
- Lehman, R.L. y J.W. Tunnell, Jr. 1988. Species composition and ecology of the Macroalgae of Enmedio Reef, Veracruz, Mexico. Center for coastal studies. Contribution No. 7. Department of Biology. Texas A&M University.
- Lot-Helgueras, A., 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz. *Ver. An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Bot. México.* 42(1): 2-48.
- Machado KR., A.R.O. Chapman y R. Coulinho. 1992. Patch Structure in a tropical rocky shore community in Brazil: a mosaic of successional states?. *Ophelia* 35(3):187-195.
- Margalef R. 1986. *Ecología*. 5a. Ediciones Omega. España. 951 p.
- McCook, L.J. y A.R.O. Chapman. 1992. Vegetative regeneration of *Fucus* rockweed canopy as a mechanism of secondary succession on an exposed rocky shore. *Botánica Marina* 35:35-46.
- McIntire C.D. y B.L. Wulff. 1969. A laboratory method for the study of marine benthic diatoms. *Limnology Oceanography* 14:667-678.
- McIntire C.D. y W.W. Moore. 1977. *The Biology of Diatoms*. Werner D. ed. Marine Littoral Diatoms: Ecological Considerations. Capítulo 12. University of California Press. U.S.A. 498 p.
- Mitchell, R. 1978. Mechanism of biofilm formation in seawater. PP.45-50 En: Valiela I. 1995. *Marine Ecological Processes*. 2da. Springer-Verlag. New York. 686 p.
- Nybakken J.W. 2001. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 5a. Benjamin Cummings. EUA. 516 p.
- Oemke M.P. y T.M. Burton. 1986. Diatom colonization dynamics in a lotic system. *Hidrobiología* 139:153-166.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

- Paul, R.W., D.L. Kuhn, J.L. Plafkin, J. Cairns, y J.G. Croxdale. 1977. Evaluation of natural and artificial substrate colonization by scanning electron microscopy. *Trans. Am. Microsc. Soc.* 96:506-519.
- Pickett S.A., S.L. Collins y J.J. Armesto. 1987. Models, mechanisms and pathways of succession. *The Botanical Review* 53(3):335-371.
- Porter, J.W. y K.G. Porter. 1977. Quantitative sampling of demersal plankton migratin from diferente coral reef substrates. *Limnol. Oceanogr.* 22:553-556.
- Roughgarden, J., S. Gaines y H. Possingham. 1988. Recruitment dynamics in complex life cycles. *Science. Wash.* 241:1460-1466. En: Valiela I. 1995. Marine Ecological Processes. 2da. Springer-Verlag. New York. 686 p.
- Round, F.E., Crawford, R.M. y Mann, D.G. 1990. *The diatoms. Biology & morphology of genera.* 747 pp. Cambridge University Press, U.K.
- Scheiner S.M. y J. Gurevitch. Edts. 1993. *Design and Analysis of Ecological Experiments.* Chapman & Hall. USA. 445 p.
- Siqueiros-Beltrones D.A. 2000. Benthic diatoms associated to abalone (*Haliotis* spp.) on a rocky substratum from Isla Magdalena, Baja California Sur, México. *Océanides* 15 (1):35-46.
- Siqueiros-Beltrones D.A. 2002. *Diatomeas Bentónicas de la Península de Baja California: Diversidad y Potencial Ecológico.* Instituto Politécnico Nacional y Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 102 p.
- Sladeckova A. 1962. Limnological investigation methods for the periphyton ("Aufwuchs") community. *Bot. Rev.* 28:286-350. Vide: Hamilton P.B. y C. D. Hamish. 1984. Periphyton colonization of rock surfaces in a boreal forest stream studied by scanning electron microscopy and track autoradiography. *J. Phycol.* 525-532.
- Stevenson R.J. 1984. Epilithic and epipelic diatoms in the Sandusky River, with emphasis on species diversity and water pollution. *Hydrobiologia* 114:161-175.
- Underwood A.J. 1997. *Experiments in Ecology.* Cambridge University Press. Reino Unido. 504 p.
- Valiela I. 1995. Marine Ecological Proceses. 2da. Springer-Verlag. New York. 686 p.
- Van der Werff, A., 1955 A new method of concentrating and cleaning diatoms and other organisms. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 12:276-277. Vide: Oemke M.P. y T.M. Burton. 1986. Diatom colonization dynamics in a lotic system. *Hidrobiologia* 139:153-166.
- Vargas-Hernández, J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. In Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO. México. 559-575 pp.
- Whitakker, R.H. 1975. *Communities and ecosystems.* 2da. Ed. Macmillan, New York. 385 p.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Anexo 1. Promedio de las abundancias para los arrecifes Sacrificios y Hornos (No. de valvas /cm2).
Clase de especies:
A = Abundantes, frecuentes y permanentes: IPC > 2.3
P = Especies pioneras, presentes con abundancia relativamente alta, desde los primeros 9 días.
T = Especies tardías, se establecen en o después de S17/H17, alcanzando y manteniendo abundancias relativamente altas.
C = Especies constantes, i.e. Presentes en cuando menos 2 muestreos sucesivos, pero nunca alcanzando altas densidades.
I = Especies incidentales, registrado 1 vez, en 2 o más ocasiones separadas o con baja densidad en 2 ocasiones sucesivas.

Especie	Sitio		Tiempo				Clase de especie				
	(S/H)	S3/H3	S9/H9	S17/H15	S21/H23	S27/H27	A	P	T	C	I
<i>Achnanthes brevipes</i>	S	0	638	1047	393	589				X	
	H	-	-	-	-	-					
<i>Achnanthes sp1</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	79	0	0	0					X
<i>Achnanthes longipes</i>	S	0	0	0	1374	1571			X		
	H	-	-	-	-	-					
<i>Amphora abdulens</i>	S	1	196	1440	2258	5890	X	X			
	H	0	1296	942	131	0		X			
<i>Amphora bigibba</i>	S	0	0	1571	5301	9621				X	
	H	0	0	275	2225	8246			X		
<i>Amphora cymbifera</i>	S	7	2945	11322	27390	55565	X	X			
	H	9	6362	15354	12173	42705	X	X			
<i>Amphora decussata</i>	S	0	98	0	0	196					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Amphora pediculus</i>	S	0	491	8835	6283	12370	X	X			
	H	0	0	0	2552	13548			X		
<i>Amphora sp1</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	4	785	157	0	0		X			
<i>Amphora sp2</i>	S	3	1374	0	393	0		X			X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Amphora sp3</i>	S	1	393	1898	4614	5694	X	X			
	H	0	118	668	3731	2651	X	X			
<i>Amphora sp4</i>	S	0	0	0	785	0					X
	H	0	0	0	65	0					X
<i>Amphora sp5</i>	S	0	1816	916	393	785	X	X			
	H	0	589	668	393	0		X			
<i>Amphora sp6</i>	S	0	0	0	785	393					X
	H	0	0	118	2160	8246			X		
<i>Amphora sp7</i>	S	2	196	458	1669	1571	X	X			
	H	0	1257	275	687	2356	X	X			
<i>Bacillaria paxillifer</i>	S	6	41085	93263	51736	74218	X	X			
	H	12	4869	6793	13155	60670	X	X			
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	S	0	0	196	0	0					X
	H	1	0	79	0	0					X
<i>Berkeleya notata</i>	S	0	0	3338	0	0					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Biremis</i>	S	0	98	0	196	0					X
	H	0	0	0	0	295					X
<i>Cocconeis dirupta</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	0	0	0	295					X
<i>Cocconeis placentula</i>	S	1	1178	1636	6479	3338	X	X			
	H	6	982	1963	4843	22972	X	X			
<i>Cocconeis sp1</i>	S	0	98	2029	5792	8443	X	X			
	H	1	1100	1846	2782	5007	X	X			
<i>Cocconeis sp2</i>	S	2	0	0	196	196					X
	H	0	118	196	0	884					X
<i>Cocconeis sp3</i>	S	0	49	196	393	589				X	
	H	0	0	79	0	884					X

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

<i>Cocconeis sp4</i>	S	0	0	0	0	196					X
	H	0	0	0	0	884					X
<i>Cocconeis sp5</i>	S	0	0	0	3338	1767		X			X
	H	0	0	0	0	295					X
<i>Cocconeis sp6</i>	S	0	0	1047	884	196				X	
	H	0	0	0	753	1767		X			
<i>Cocconeis sp7</i>	S	0	147	0	196	196					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Cyclophora sp1</i>	S	0	0	0	0	196					X
	H	0	0	0	0	24150		X			
<i>Cyclophora sp2</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	0	628	0	0					X
<i>Cyclotella sp1</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	1	236	0	0	0					X
<i>Cyclotella sp2</i>	S	8	0	0	0	0					X
	H	0	1492	0	0	0					X
<i>Cyclotella striata</i>	S	0	0	589	491	393				X	
	H	-	-	-	-	-					
<i>Delphineis surirella</i>	S	0	0	0	196	589					X
	H	0	79	353	0	0					X
<i>Denticula sp1</i>	S	0	0	0	196	0					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Diploneis smithi</i>	S	0	49	851	196	785				X	
	H	0	0	236	196	9130		X			
<i>Diploneis sp1</i>	S	0	98	0	0	0					X
	H	0	0	0	295	0					X
<i>Diploneis sp2</i>	S	0	0	262	884	393				X	
	H	0	0	39	65	295				X	
<i>Entomoneis alata</i>	S	0	0	0	196	196					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Fragilaria brevistriata</i>	S	1	1620	4385	9424	9228	X	X			
	H	0	1100	2356	4254	8541	X	X			
<i>Fragilaria sp1</i>	S	0	196	0	393	0					X
	H	0	196	196	262	295				X	
<i>Fragilaria sp2</i>	S	0	442	2094	1865	3534	X	X			
	H	0	0	0	458	3534			X		
<i>Fragilaria sp3</i>	S	0	295	0	785	1767		X			X
	H	0	393	79	196	589				X	
<i>Grammatophora marina</i>	S	0	98	393	0	785					X
	H	0	0	79	196	295				X	
<i>Gyrosigma sp1</i>	S	17	8688	2356	2552	3338	X	X			
	H	2	6951	6244	1080	589	X	X			
<i>Gyrosigma sp2</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	314	39	0	0			X		
<i>Gyrosigma sp3</i>	S	4	2209	458	884	1374	X	X			
	H	0	236	39	0	589					X
<i>Haslea wawriake</i>	S	0	98	0	0	0					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Katacombas sp1</i>	S	0	0	0	98	196					X
	H	0	0	157	0	0					X
<i>Licmophora flabellata</i>	S	0	98	393	196	0				X	
	H	0	236	39	131	589				X	
<i>Licmophora sp1</i>	S	0	0	0	0	393					X
	H	0	0	0	196	0					X
<i>Licmophora sp2</i>	S	0	98	196	0	196					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Lithodesmium undulatum</i>	S	0	196	0	0	196					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Lyrella sp1</i>	S	2	393	589	196	785		X		X	
	H	0	393	1374	4778	15315	X	X			

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

<i>Mastogloia binotata</i>	S	2	0	393	1473	2945			X		
	H	0	39	1571	3600	11192			X		
<i>Navicula directa</i>	S	0	0	0	0	1963					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Navicula sp1</i>	S	6	7412	35342	35243	49086	X	X			
	H	12	15982	9307	2618	10897	X	X			
<i>Navicula sp10</i>	S	0	196	0	0	0					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Navicula sp2</i>	S	0	0	654	0	0					X
	H	0	0	118	327	589				X	
<i>Navicula sp3</i>	S	0	1031	0	2552	4712	X	X			
	H	0	628	1885	622	3829	X	X			
<i>Navicula sp4</i>	S	0	0	2814	2945	4123			X		
	H	0	393	275	1178	1767	X	X			
<i>Navicula sp5</i>	S	1	393	1963	2356	1178	X	X			
	H	1	510	825	720	7657	X	X			
<i>Navicula sp6</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	79	0	0	28568					X
<i>Navicula sp7</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	118	314	196	295				X	
<i>Navicula sp8</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	79	39	0	0					X
<i>Navicula sp9</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	0	79	0	0					X
<i>Nitzschia longissima</i>	S	0	5105	2618	3829	1767	X	X			
	H	0	4045	314	556	0		X		X	
<i>Nitzschia paminensis</i>	S	0	491	785	1767	12762	X	X			
	H	0	1374	0	524	1767		X			X
<i>Nitzschia sp1</i>	S	0	1669	1636	3240	13744	X				
	H	1	3534	0	982	2651	X				X
<i>Nitzschia sp10</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	314	0	0	0					X
<i>Nitzschia sp11</i>	S	0	638	0	0	196					X
	H	0	0	0	196	0					X
<i>Nitzschia sp12</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	0	0	65	0					X
<i>Nitzschia sp13</i>	S	0	0	65	0	4909					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Nitzschia sp14</i>	S	0	0	0	295	0					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Nitzschia sp15</i>	S	0	0	0	0	196					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Nitzschia sp16</i>	S	0	0	0	1767	2552			X		
	H	-	-	-	-	-					
<i>Nitzschia sp17</i>	S	0	245	0	0	0					X
	H	-	-	-	-	-					
<i>Nitzschia sp2</i>	S	3	3829	3600	6872	7461	X	X			
	H	1	1021	942	2192	2945	X	X			
<i>Nitzschia sp3</i>	S	0	834	4974	12468	11584	X	X			
	H	1	393	1374	2618	7952	X	X			
<i>Nitzschia sp4</i>	S	-	-	-	-	-					
	H	0	157	0	0	0					X
<i>Nitzschia sp5</i>	S	0	7019	52096	26604	47319	X	X			
	H	2	0	0	0	0					X
<i>Nitzschia sp6</i>	S	0	0	0	393	2160			X		
	H	14	79	0	0	0					X
<i>Nitzschia sp7</i>	S	2	3583	2160	1669	8639	X	X			
	H	3	157	432	818	1473		X		X	
<i>Nitzschia sp8</i>	S	0	491	2487	884	2552	X	X			
	H	0	157	314	458	884		X		X	

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

<i>Nitzschia sp9</i>	S	0	98	196	4320	2356	X	X		
	H	0	0	236	0	0				X
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	S	-	-	-	-	-				
	H	0	0	0	0	589				X
<i>Odontella aurita</i>	S	0	0	196	0	589				X
	H	0	353	0	0	0				X
<i>Odontella longicuris</i>	S	-	-	-	-	-				
	H	0	39	0	0	0				X
<i>Paralia sulcata</i>	S	0	491	196	196	0		X		X
	H	0	157	0	0	0				X
<i>Petrodictyon gemma</i>	S	0	0	0	0	196				X
	H	0	0	0	0	295				X
<i>Plagiotropis sp1</i>	S	0	196	0	0	0				X
	H	0	0	118	65	0				X
<i>Plagiotropis sp2</i>	S	0	295	0	0	0				X
	H	-	-	-	-	-				
<i>Pleurosigma diversestratum</i>	S	0	98	0	196	393				X
	H	0	0	0	0	295			X	
<i>Prorosira sp1</i>	S	0	344	0	98	393				X
	H	-	-	-	-	-				
<i>Psammodictium constrictum</i>	S	3	7559	8246	12566	19242	X	X		
	H	0	3652	3652	5628	10013	X	X		
<i>Rhaponeis sp1</i>	S	0	0	0	0	393				X
	H	-	-	-	-	-				
<i>Rhopalodia musculus</i>	S	0	0	393	491	196				X
	H	-	-	-	-	-				
<i>Skeletonema costratum</i>	S	0	1718	393	687	589		X		X
	H	0	0	1374	0	0				X
<i>Skeletonema sp1</i>	S	0	491	785	393	0		X		X
	H	-	-	-	-	-				
<i>sp 1</i>	S	1	2307	131	1374	0		X		X
	H	1	7225	432	295	0		X		X
<i>sp 10</i>	S	-	-	-	-	-				
	H	0	0	0	1080	0				X
<i>sp 11</i>	S	0	0	589	687	1963			X	
	H	0	0	0	98	0				X
<i>sp 12</i>	S	0	0	0	785	1767			X	
	H	0	1296	1453	0	1473	X			X
<i>sp 13</i>	S	-	-	-	-	-				
	H	0	0	314	295	295			X	
<i>sp 14</i>	S	-	-	-	-	-				
	H	0	236	0	0	0				X
<i>sp 15</i>	S	0	687	0	0	0				X
	H	0	353	0	98	0				X
<i>sp 16</i>	S	0	0	0	0	589				X
	H	0	157	0	0	0				X
<i>sp 17</i>	S	-	-	-	-	-				
	H	0	314	0	0	0				X
<i>sp 18</i>	S	-	-	-	-	-				
	H	0	118	39	0	0		X		
<i>sp 19</i>	S	0	0	0	785	0				X
	H	0	0	39	0	0				X
<i>sp 2</i>	S	4	1620	4712	5007	9228	X	X		
	H	7	337	8050	4025	6774	X	X		
<i>sp 20</i>	S	0	0	0	295	0				X
	H	0	0	0	0	589				X
<i>sp 21</i>	S	1	295	0	0	785		X		X
	H	0	0	79	1014	589			X	
<i>sp 22</i>	S	-	-	-	-	-				
	H	0	157	0	0	0				X

TESTS CON
 FALLA DE ORIGEN

Anexo 2. Potencial de colonización para las especies observadas en el arrecife de Sacrificios.

Especie	In. de Frecuencia	In. de Permanencia	In. de Abundancia	IPC
<i>Achnanthes brevipes</i>	0.8	0.8	0.2	1.8
<i>Achnanthes longipes</i>	0.4	0.4	0.2	1
<i>Amphora abdulens</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Amphora bigibba</i>	0.6	0.6	0.3	1.5
<i>Amphora cymbifera</i>	1	1	0.6	2.6
<i>Amphora decussata</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>Amphora pediculus</i>	0.8	0.8	0.4	2
<i>Amphora sp2</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Amphora sp3</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Amphora sp4</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Amphora sp5</i>	0.8	0.8	0.2	1.8
<i>Amphora sp6</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Amphora sp7</i>	1	1	0.2	2.2
<i>Bacillaria paxillifer</i>	1	1	1.0	3
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Berkeleya notata</i>	0.2	0.2	0.2	0.6
<i>Biremis</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>Cocconeis placentula</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Cocconeis sp1</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Cocconeis sp2</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Cocconeis sp3</i>	0.8	0.8	0.1	1.7
<i>Cocconeis sp4</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Cocconeis sp5</i>	0.4	0.4	0.3	1.1
<i>Cocconeis sp6</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Cocconeis sp7</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Cyclophora sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Cyclotella sp2</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Cyclotella striata</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Delphineis surirella</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Denticula sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Diploneis smithi</i>	0.8	0.8	0.1	1.7
<i>Diploneis sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Diploneis sp2</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Entomoneis alata</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Fragilaria brevistriata</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Fragilaria sp1</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>Fragilaria sp2</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Fragilaria sp3</i>	0.6	0.4	0.2	1.2
<i>Grammatophora marina</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Gyrosigma sp1</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Gyrosigma sp3</i>	1	1	0.2	2.2
<i>Haslea wawriake</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Katacombas sp1</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Licmophora flabellata</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Licmophora sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Licmophora sp2</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Lithodesmium undulatur</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>Lyrella sp1</i>	1	1	0.1	2.1
<i>Mastogloia binotata</i>	0.8	0.6	0.2	1.6
<i>Navicula directa</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Navicula sp1</i>	1	1	0.8	2.8
<i>Navicula sp10</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Navicula sp2</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Navicula sp3</i>	0.6	0.4	0.3	1.3
<i>Navicula sp4</i>	0.6	0.6	0.3	1.5
<i>Navicula sp5</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Nitzschia longissima</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Nitzschia paminensis</i>	0.8	0.8	0.3	1.9

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

<i>Nitzschia sp1</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
	In. de Frecuencia	In. de Permanencia	In. de Abundancia	IPC
<i>Nitzschia sp11</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>Nitzschia sp13</i>	0.4	0.2	0.2	0.8
<i>Nitzschia sp14</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Nitzschia sp15</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Nitzschia sp16</i>	0.4	0.4	0.2	1
<i>Nitzschia sp17</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Nitzschia sp2</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Nitzschia sp3</i>	0.8	0.8	0.4	2
<i>Nitzschia sp5</i>	0.8	0.8	0.8	2.4
<i>Nitzschia sp6</i>	0.4	0.4	0.2	1
<i>Nitzschia sp7</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Nitzschia sp8</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Nitzschia sp9</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>odontella aurita</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>Paralia sulcata</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Petrodictyon gemma</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Plagiotropis sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Plagiotropis sp2</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Pleurosigma diversestrae</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Prorosira sp1</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Psammodictium constrictum</i>	1	1	0.4	2.4
<i>Rhaponeis sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Rhopalodia musculus</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Skeletonema coarctatum</i>	0.8	0.8	0.2	1.8
<i>Skeletonema sp1</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>sp 1</i>	0.8	0.8	0.2	1.8
<i>sp 11</i>	0.6	0.6	0.2	1.4
<i>sp 12</i>	0.4	0.4	0.2	1
<i>sp 15</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 16</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 19</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 2</i>	1	1	0.3	2.3
<i>sp 20</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 21</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>sp 24</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 27</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 28</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 29</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>sp 30</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 31</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>sp 32</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 33</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 34</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 35</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 4</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 5</i>	1	1	0.3	2.3
<i>sp 6</i>	0.8	0.8	0.4	2
<i>sp 7</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 8</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 9</i>	1	1	0.3	2.3
<i>Suriella ovulum</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Synedra crystallina</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Thalassiosira sp1</i>	0.8	0.8	0.2	1.8
<i>Toxarium hennedyana</i>	0.2	0.2	0.1	0.5

TESS CON
 FALLA DE ORIGEN

Anexo 3. Potencial de colonización para las especies observadas en el arrecife de Hornos

Especie	In. de Frecuencia	In. de Permanencia	In. de Abundancia	IPC
<i>Achnanthes sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Amphora abdulens</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Amphora bigibba</i>	0.6	0.6	0.3	1.5
<i>Amphora cymbifera</i>	1.0	1.0	0.6	2.6
<i>Amphora pediculus</i>	0.4	0.4	0.3	1.1
<i>Amphora sp1</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Amphora sp2</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Amphora sp3</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Amphora sp4</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Amphora sp5</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Amphora sp6</i>	0.6	0.6	0.3	1.5
<i>Amphora sp7</i>	0.8	0.8	0.2	1.8
<i>Bacillaria paxillifer</i>	1.0	1.0	0.6	2.6
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Biremis sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Cocconeis dirupta</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Cocconeis placentula</i>	1.0	1.0	0.4	2.4
<i>Cocconeis sp1</i>	1.0	1.0	0.3	2.3
<i>Cocconeis sp2</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Cocconeis sp3</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>Cocconeis sp4</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Cocconeis sp5</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Cocconeis sp6</i>	0.4	0.4	0.2	1
<i>Cyclophora sp1</i>	0.2	0.2	0.3	0.7
<i>Cyclophora sp2</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Cyclotella sp1</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Cyclotella sp2</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Delphineis surirella</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Diploneis smithi</i>	0.6	0.6	0.3	1.5
<i>Diploneis sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Diploneis sp2</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Fragilaria brevistriata</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Fragilaria sp1</i>	0.8	0.8	0.1	1.7
<i>Fragilaria sp2</i>	0.4	0.4	0.2	1
<i>Fragilaria sp3</i>	0.8	0.8	0.1	1.7
<i>Grammatophora marina</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Gyrosigma sp1</i>	1.0	1.0	0.3	2.3
<i>Gyrosigma sp2</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Gyrosigma sp3</i>	0.6	0.4	0.1	1.1
<i>Katacombis sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Licmophora flabellata</i>	0.8	0.8	0.1	1.7
<i>Licmophora sp1</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Lyrella sp1</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Mastogloia binotata</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Navicula sp1</i>	1.0	1.0	0.4	2.4
<i>Navicula sp2</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>Navicula sp3</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Navicula sp4</i>	0.8	0.8	0.2	1.8
<i>Navicula sp5</i>	1.0	1.0	0.3	2.3
<i>Navicula sp6</i>	0.4	0.2	0.4	1
<i>Navicula sp7</i>	0.8	0.8	0.1	1.7
<i>Navicula sp8</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Navicula sp9</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Nitzschia longissima</i>	0.6	0.6	0.2	1.4
<i>Nitzschia paminensis</i>	0.6	0.4	0.2	1.2
<i>Nitzschia sp1</i>	0.8	0.4	0.3	1.5
<i>Nitzschia sp10</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Nitzschia sp11</i>	0.2	0.2	0.1	0.5

TERCER COM
 PALLA DE OMBRA

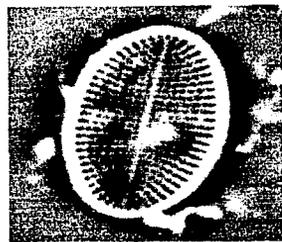
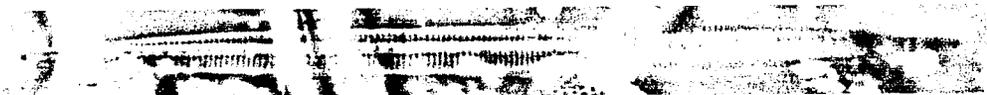
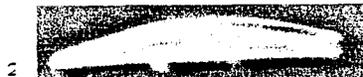
	0.2	0.2	0.1	0.5
	In. de Frecuencia	In. de Permanencia	In. de Abundancia	IPC
<i>Nitzschia sp12</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Nitzschia sp2</i>	1.0	1.0	0.3	2.3
<i>Nitzschia sp3</i>	1.0	1.0	0.3	2.3
<i>Nitzschia sp4</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Nitzschia sp5</i>	0.2	0.2	0.0	0.4
<i>Nitzschia sp6</i>	0.4	0.8	0.1	1.3
<i>Nitzschia sp7</i>	1.0	1.0	0.2	2.2
<i>Nitzschia sp8</i>	0.8	0.8	0.1	1.7
<i>Nitzschia sp9</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>odontella aurita</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Odontella longicruris</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Paralia sulcata</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Petrodictyon gemma</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Plagiotropis sp1</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>Pleurosigma diversestratum</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Psammodictyon constrictum</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>Skeletonema costratum</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 10</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 11</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 12</i>	0.6	0.4	0.2	1.2
<i>sp 13</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>sp 14</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 15</i>	0.4	0.2	0.1	0.7
<i>sp 16</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 17</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 18</i>	0.4	0.4	0.1	0.9
<i>sp 19</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 20</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 21</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>sp 22</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 23</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 24</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 25</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 26</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp 5</i>	0.8	0.8	0.4	2
<i>sp 6</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>sp 9</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>sp1</i>	0.8	0.8	0.3	1.9
<i>sp2</i>	1.0	1.0	0.3	2.3
<i>sp3</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp4</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>sp7</i>	0.6	0.6	0.1	1.3
<i>sp8</i>	0.2	0.2	0.1	0.5
<i>Thalassiosira sp1</i>	1.0	1.0	0.1	2.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Anexo 4. Especies con valor de Índice de Potencial de Colonización ≥ 2 en los arrecifes Sacrificios y Hornos

1. *Amphora cymbifera*
2. *Amphora sp3*
3. *Bacillaria paxillifer*
4. *Cocconeis placentula*
5. *Cocconeis sp1*
6. *Fragilaria brevisstrata*
7. *Gyrosigma sp1*
8. *Gyrosigma sp3*
9. *Navicula sp1*
10. *Navicula sp5*
11. *Nitzschia sp2*
12. *Nitzschia sp3*
13. *Nitzschia sp5*
14. *Nitzschia sp7*
15. *Psammodictyon constrictum*
16. *sp 9*
17. *sp2*
18. *sp5*
19. *sp6*
20. *Thalassiosira sp1*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



10 μ m

61

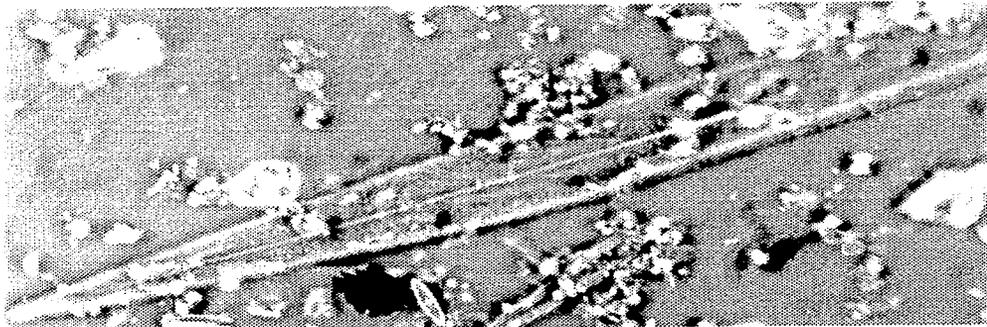
5



6



↑
10 μm
↓



7

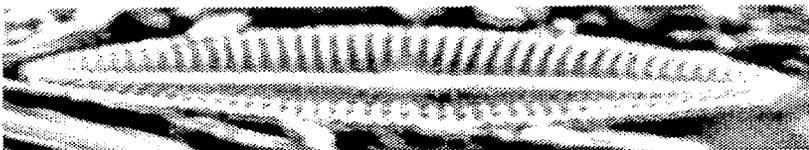
YEN KSI
FALLA DE ORIGEN

↑
10 μm
↓



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9



10



11



12



10 μm

13



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

14



15



16



17



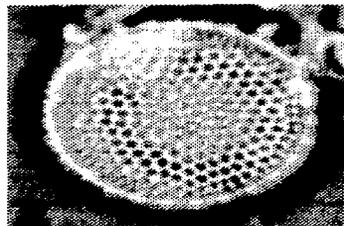
18



19



20



↑
10 μm
↓

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN