

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



DETECCIÓN Y VARIACIÓN ESTACIONAL DE BIOACTIVIDAD
EN INVERTEBRADOS BENTÓNICOS
DE BAHÍA CONCEPCIÓN, BCS, MÉXICO.



TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta:

Liza Danielle Kelly Gutiérrez

Ensenada, Baja California, diciembre de 1999.

**DETECCIÓN Y VARIACIÓN ESTACIONAL DE BIOACTIVIDAD
EN INVERTEBRADOS BENTÓNICOS
DE BAHÍA CONCEPCIÓN, BCS, MÉXICO.**

Resumen aprobado por:



M.C. Irma Esthela Soria Mercado
Directora de Tesis

RESUMEN

De otoño de 1997 a otoño de 1998 se realizaron estudios químicos y ecológicos, en cada estación del año, de la comunidad bentónica de Santispac, BCS, con el objetivo de determinar si existe variación estacional en la producción de compuestos bioactivos por organismos de las clases Ascidiacea, Holothuroidea y Demospongiae y el de relacionar la presencia de dichos compuestos con la composición de la comunidad bentónica. En cada salida de campo se caracterizó la zona mediante observaciones y conteo de organismos; se tomaron muestras de cada especie, perteneciente a estas clases, presente en la zona. Las muestras fueron sometidas a extracción con etanol; los extractos permitieron evaluar la bioactividad de estos organismos mediante bioensayos de actividad antibacteriana (en *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus epidermidis*) y de toxicidad (en el crustáceo *Artemia salina*). Para determinar la variación estacional en la producción de compuestos bioactivos se utilizó una ANOVA no paramétrico de una vía para muestras independientes a un nivel de confianza del 95%. La mayoría de los organismos pertenecientes a la clase Demospongiae presentaron máximos de toxicidad para *Artemia salina* (hasta 100% de mortalidad) en verano y otoño de 1998 y la mayoría de los organismos de la clase Ascidiacea tuvieron máximos de bioactividad para dicho crustáceo en primavera de 1998. Dos de tres organismos de la clase Holothuroidea no mostraron variación temporal en la concentración de compuestos bioactivos que producen. Se calcularon los Índices de Valor Biológico (IVB) de todas las especies bentónicas presentes en la zona de estudio y se realizó una prueba de significancia para determinar si la producción de compuestos bioactivos está relacionada con la ocurrencia espacial y temporal de los organismos que los producen. Los resultados muestran una correlación significativa entre los IVB y la producción de compuestos bioactivos a lo largo del ciclo anual; lo que sugiere que estos compuestos ayudan a los organismos que los producen a permanecer en el medio. Algunas especies de las clases Ascidiacea y Demospongiae secretan compuestos que atraen o favorecen el crecimiento de bacterias. Es factible que la función de estas sustancias sea auxiliar en la alimentación, ya que estos organismos son filtradores y se alimentan de bacterias.

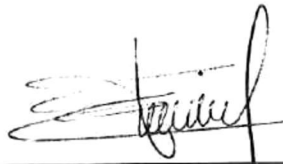
"DETECCIÓN Y VARIACIÓN ESTACIONAL DE BIOACTIVIDAD
EN INVERTEBRADOS BENTÓNICOS
DE BAHÍA CONCEPCIÓN, BCS, MÉXICO"

TESIS

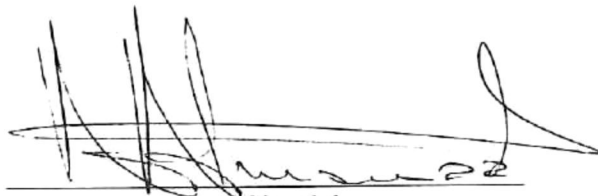
QUE PRESENTA:

OC. LIZA DANIELLE KELLY GUTIERREZ

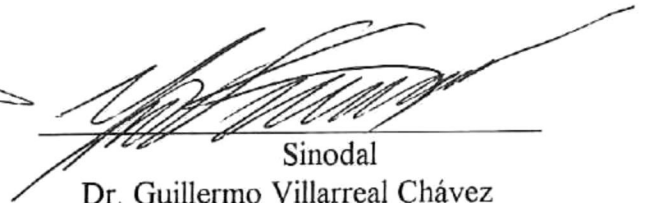
Aprobada por:



Presidente del Jurado
M.C. Irma Esthela Soria Mercado



Sinodal
M.C. José Antonio Eliseo Almanza Heredia



Sinodal
Dr. Guillermo Villarreal Chávez

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto "Ecología Química del Medio Ambiente Marino: Organismos Bentónicos" financiado por CONACyT dentro del cual se elaboró esta tesis.

A la universidad Autónoma de Baja California, a la Facultad de Ciencias Marinas y al Instituto de Investigaciones Oceanológicas.

Especialmente y con muchísimo cariño a mi directora de tesis M.C. Irma esthela Soria Mercado.

Al M.C. José Antonio Enciso Almanza Heredia y al M.C. Juan Antonio Fernández Apango por sus valiosas contribuciones en la realización de este trabajo y por su ayuda en el campo.

Al Dr. Guillermo Villarreal Chávez por su ayuda en el campo, en la identificación de especies y por sus aportaciones a este trabajo.

A la M.C. Dora Waumann y al Oc. Raúl Aguilar Rosas por su colaboración en la identificación de especies.

A la Biol. Patricia Gómez López por su colaboración en la identificación de esponjas marinas, bajo un convenio de intercambio: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología – Facultad de Ciencias Marinas.

Al Dr. Eduardo Santamaría Del Angel y al M.C. Antonio Trujillo Ortiz por su apoyo en la parte estadística de esta tesis.

A Luis Javier, Alfredo, Alejandra, René, José Luis, Maricruz, Ignacio, Mónica, Iván, Gabriel, César y al Sr. Humberto por apoyarnos en campo.

A mis compañeros de laboratorio Alfredo, Alejandra, Nirari y Maricarmen.

ÍNDICE

	Página
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivos	5
2. Método	6
2.1 Área de estudio	6
2.1.1 Localización	6
2.1.2 Factores oceanográficos	6
2.2 Toma de muestras	8
2.3 Estudio químico	8
2.3.1 Preparación de los extractos	8
2.3.2 Determinación de bioactividad	9
2.4 Estudio ecológico: Análisis de la comunidad macrobentónica.	10
2.5 Estadística	11
2.5.1 Pruebas de normalidad	11
2.5.2 Wilcoxon.	11
2.5.3 Kruskal – Wallis	11
2.5.4 Tukey	12
2.5.5 Tablas de contingencia	12
2.5.6 Correlación de Pearson	12
3. Resultados y discusión	13
3.1 Estudio químico	13
3.1.1 Clase Demospongiae	15
3.1.2 Clase Ascidiacea	38
3.1.3 Clase Holothuroidea	46
3.1.4 Clases mixtas	48
3.1.5 Compuestos bioactivos que aumentan el crecimiento bacteriano	50

3.2 Estudio ecológico: Análisis de la comunidad macrobentónica	56
3.2.1 Inventario de especies	56
3.2.2 Análisis general de la comunidad bentónica	57
3.2.3 Riqueza, dominancia y biodiversidad de la comunidad macrobentónica	60
3.2.4 Valores de importancia biológica (IVB)	62
3.3 Ecología química	70
3.3.1 Afinidad entre las especies de la comunidad	70
3.3.2 Correlación entre el IVB y la bioactividad en <i>Artemia salina</i>	73
4. Conclusiones	95
5. Literatura citada	100

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Resultados generales de los organismos bentónicos con compuestos bioactivos en Santispac, Bahía Concepción BCS.	13
2	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Delaubenfelsia reromicrosclera</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	15
3	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Geodia mesotriaena</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	17
4	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Hymeniacidon sinapium</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	19
5	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Demospongiae-1</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	22
6	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Axocelita originales</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	24
7	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Chondrilla nucula</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	25

8	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Toxadocia proxima</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	26
9	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Lissodendoryx albemarlensis</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	27
10	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Demospongiae-2</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	28
11	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Cliona celata</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	29
12	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Mycale caecilia</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	30
13	Resultados de la prueba estadística Tukey entre zonas de colecta y estaciones del año de la esponja <i>Mycale caecilia</i> .	31
14	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Demospongiae-3</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	31
15	Resultados de la prueba estadística Tukey entre zonas de colecta y estaciones del año de la esponja <i>Demospongiae-3</i> .	32
16	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Tedania nigrescens</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	33
17	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Leucetta losangelensis</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias	33

Proteus vulgaris, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

- 18 Resultados de los bioensayos con la esponja *Haliclona sp.* Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones. 34
- 19 Resultados de los bioensayos con la esponja Demospongiae-4. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones. 35
- 20 Resultados de los bioensayos con la esponja *Tethya aurantia*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones. 36
- 21 Resultados de los bioensayos con la esponja Demospongiae-5. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones. 36
- 22 Resultados de los bioensayos con la esponja Demospongiae-6. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones. 37
- 23 Resultados de los bioensayos con la esponja *Dysidea fragilis*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones. 38
- 24 Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-1. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones. 38
- 25 Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-2. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones. 39
- 26 Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-3. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, 40

	<i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	
27	Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-4. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	42
28	Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-5. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	42
29	Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-6. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	43
30	Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-7 que utiliza como sustrato a <i>Rhizophora mangle</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	44
31	Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-7 que utiliza como sustrato a <i>Sargassum sinicola</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	45
32	Resultados de los bioensayos con al alga parda <i>Sargassum sinicola</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	45
33	Resultados de los bioensayos con el pepino de mar <i>Cucumaria miniata</i> . Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	46
34	Resultados de los bioensayos con el pepino de mar Holothuroidea-1. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	47
35	Resultados de los bioensayos con el pepino de mar Holothuroidea-2. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de	48

	extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	
36	Resultados de los bioensayos con la estrella de mar <i>Stelleroidea</i> -1. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	48
37	Resultados de los bioensayos con la anémona <i>Anthopleura</i> sp. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	49
38	Resultados de los bioensayos con el alga calcárea <i>Rhodophyta</i> -1. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	50
39	Organismos que producen sustancias que promueven el crecimiento bacteriano en ciertas épocas del año.	51
40	Número de máximos de bioactividad en las clases <i>Demospongiae</i> , <i>Ascidacea</i> y <i>Holothuroidea</i> . Bioactividad evaluada en las diferentes estaciones del año en: a) <i>Artemia salina</i> y en b) bacterias.	52
41	Ocasiones en las que se detectó la producción de sustancias que promueven el crecimiento bacteriano, por organismos pertenecientes a las clases <i>Demospongiae</i> y <i>Ascidacea</i> , en diferentes estaciones del año.	53
42	Flora encontrada en Santispac BCS. Listado de especies y clase a la que pertenecen.	56
43	Fauna encontrada en Santispac, BCS. Listado de especies y clase a la que pertenecen.	57
44	Métodos probados para realizar el dendrograma del análisis general de la comunidad y sus coeficientes de correlación de Pearson.	58
45	Valores de Riqueza, Dominancia y Diversidad de Simpson para tres transectos en cinco diferentes épocas del año.	60
46	Porcentaje de importancia biológica para cada uno de los transectos en diferentes estaciones del año.	61

47	Índices de Valor Biológico (IVB) para el elenco de especies encontradas de otoño de 1997 a otoño de 1998 en Playa Santispac, BCS. México.	64
48	Porcentaje de importancia biológica para cada uno de los transectos en un ciclo anual.	67
49	Resultados de la sumatoria de los coeficientes ν de Kendall por especie.	72
50	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de la esponja <i>Delaubenfelsia raromicrosclera</i> en diferentes estaciones del año.	73
51	Porcentaje de especies encontradas por época del año. El número total de especies encontradas en los transectos ecológicos a lo largo de todo el año fué de 44 (100%).	75
52	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de la esponja <i>Geodia mesotriaena</i> en diferentes estaciones del año.	76
53	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de la esponja <i>Hymeniacidon sinapium</i> en diferentes estaciones del año.	76
54	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de la esponja <i>Demospongiae-1</i> en diferentes estaciones del año.	77
55	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de la esponja <i>Chondrilla nucula</i> en diferentes estaciones del año.	78
56	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de la esponja <i>Toxadocia proxima</i> en diferentes estaciones del año.	79
57	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de la esponja <i>Lissodendoryx albemarlensis</i> en diferentes estaciones del año.	80
58	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> en la esponja <i>Cliona celata</i> en diferentes estaciones del año.	80
59	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> en la esponja <i>Tedania nigrescens</i> en diferentes estaciones del año.	81

60	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> del tunicado Ascidiacea-3 en diferentes estaciones del año.	82
61	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> del tunicado Ascidiacea-5 en diferentes estaciones del año.	82
62	Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de la anémona <i>Anthopleura sp</i> en diferentes estaciones del año.	83
64	Correlación entre el IVB y el porcentaje de mortalidad en <i>Artemia salina</i> de todas las especies bioactivas en santispac en diferentes épocas del año.	85

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización de la zona de estudio. Playa Santispac ubicada en Bahía Concepción, BCS.	7
2	Posición aproximada de los transectos de muestreo en la zona de estudio.	10
3	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Spheciospongia coenfederata</i> en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto. Primavera-98 y primavera-98' así como verano-98 y verano-98' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.	16
4	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Geodia mesotriaena</i> en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto. Verano-98 y verano-98' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.	18
5	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Hymeniacidon sinapium</i> en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto. Otoño-97 y otoño-97' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.	20
6	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Demospongiae-1</i> en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto. Otoño-97 y otoño-97' así como otoño-98 y	23

otoño-98' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.

7	Resultados de los bioensayos con la esponja <i>Lissodendoryx albemarlensis</i> en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto. Otoño-97 y otoño-97' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.	27
8	Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-3 en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto. Otoño-98 y otoño-98' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.	40
9	Análisis general de la comunidad bentónica para tres transectos a lo largo de un ciclo anual en Playa Santispac, BCS, mediante el Método de Promedios Pareados no Ponderados (UPGMA) con distancias euclidianas.	59
10	Índices de Dominancia de Simpson por transecto a lo largo de todo el año.	62
11	Índices generales de valor biológico (IVB) del elenco de especies bentónicas de Santispac BCS.	65
12	Índices de valor biológico de <i>Phyllactis coccinata</i> y <i>Pachyerianthus fimbriatus</i> en diferentes épocas del año.	66
13	Análisis de importancia biológica de las especies del transecto uno a lo largo de un ciclo anual en Playa santispac, BCS.	68
14	Análisis de importancia biológica de las especies del transecto dos a lo largo de un ciclo anual en Playa santispac, BCS.	68
15	Análisis de importancia biológica de las especies del transecto tres a lo largo de un ciclo anual en Playa santispac, BCS.	69
16	Número de asociaciones positivas y negativas con base en los coeficientes ν de Kendall de las especies bentónicas de santispac BCS.	71
17	Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en <i>Artemia salina</i> a 2.4 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) de la esponja <i>Lissodendoryx Albemarlensis</i> en diferentes estaciones del año.	87
18	Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en <i>Artemia salina</i> a 0.4 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) de la esponja <i>Delaubenfelsia raromicrosclera</i> en diferentes estaciones del año.	88
19	Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en <i>Artemia salina</i> a 2.4 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB)	89

	de la esponja <i>Hymeniacidon sinapium</i> en diferentes estaciones del año.	
20	Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en <i>Artemia salina</i> a 0.4 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) del tunicado Ascidiacea-3 en diferentes estaciones del año.	89
21	Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en <i>Artemia salina</i> a 0.8 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) del tunicado Ascidiacea-5 en diferentes estaciones del año.	90
22	Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en <i>Artemia salina</i> a 0.8 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) de la esponja <i>Chondrilla nucula</i> en diferentes estaciones del año.	91
23	Temperatura superficial promedio por estaciones de otoño de 1997 a otoño de 1998 en Bahía Concepción BCS.	92
24	Temperatura superficial promedio por estaciones de 1995 a 1999 en Bahía Concepción BCS.	93

LISTA DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Porcentajes de abundancia relativa del elenco de especies bentónicas de Santispac, BCS en diferentes estaciones del año.	104
2	Resultados de los bioensayos con las especies que se localizaron únicamente en una estación del año. Porcentaje de mortalidad de <i>Artemia salina</i> a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Bacillus subtilis</i> a tres concentraciones.	106

1. INTRODUCCIÓN

En los mares y océanos habitan una gran diversidad y abundancia de organismos; se estima que, de las 14 millones de especies que hay en el planeta, 90% son marinas (Pellew, 1996 ; Meglitsch y Schram, 1991). Hablando de filos, la diversidad marina es casi dos veces mayor que la diversidad terrestre, de los 33 filos de animales existentes, 32 ocurren en los océanos y 15 son exclusivamente marinos. En contraste, sólo 1 filo es endémico terrestre (Heywood y Watson, 1995); sin embargo, se conoce más de las especies terrestres que de las marinas.

Las condiciones físicas del océano han llevado a los organismos marinos a desarrollar estrategias de adaptación distintas a las de los organismos terrestres (Baker, 1984). El mar es un fluido, con cambios de temperatura, salinidad, pH, etc. donde hay corrientes con virus y bacterias que producen infecciones y degradación de materia viva en organismos sésiles, de la misma manera, estas corrientes acarrean larvas que en algunas ocasiones utilizan como sustrato al bentos, como consecuencia este produce metabolitos para evitar colonización o vida incrustante. El movimiento del agua (corrientes, olas, mareas) es importante en lo que se refiere a la disponibilidad de nutrientes y al transporte de sustancias tóxicas. La calidad e intensidad de la luz, es también, un factor físico que influye en las estrategias de adaptación de los organismos marinos; algunos organismos sésiles producen metabolitos para protegerse de los rayos ultravioleta (Pawlik, 1993). Muchas de estas estrategias de adaptación, basadas en mecanismos químicos, son defensivas; la mayoría de los metabolitos secundarios que se han aislado de invertebrados han sido clasificados como defensivos. Como producto de un metabolismo secundario algunos organismos marinos sintetizan compuestos bioactivos; es decir, compuestos que interaccionan con los sistemas bioquímicos y/o fisiológicos de otros organismos. Los organismos marinos que tienen representantes de su filo en su contraparte terrestre, y que presentan estrategias de adaptación bioquímicas o fisiológicas, presentan notables diferencias en sus compuestos bioactivos. Estas diferencias se basan en la estructura química de los compuestos. Por ejemplo: El 99% de los compuestos terpénicos marinos están halogenados (es decir, tienen Cl^- o Br^-), lo que

es poco común en los compuestos terpénicos terrestres. Asimismo, los terpenos terrestres están altamente oxigenados, mientras que los de origen marino son menos oxigenados (menos del 30% de oxígeno).

Las adaptaciones bioquímicas que regulan las relaciones ecológicas entre organismos son objeto de estudio de la ecología química, la cual analiza una amplia variedad de aspectos como: casos de intoxicación, envenenamiento, sustancias irritantes, deterrentes, bioluminiscentes, inhibidoras de organismos competidores, alomonas, feromonas, etc. Un punto de partida para la mayoría de los estudios químico-ecológicos es precisamente estas características químicas, únicas de algunos organismos marinos (Bakus *et al.*, 1986).

La ecología química del medio ambiente marino tiene potencial en farmacia, ya que es la propia adaptación biológica la que da las armas químicas (compuestos bioactivos) factibles de aplicar en medicina (Kelly-Gutiérrez, 1997). Entre los compuestos químicos bioactivos que provienen de fuentes marinas hay algunos útiles para el hombre. Entre los más importantes se encuentran agentes antitumorales, antivirales, antibacterianos, antileucémicos, antiinflamatorios, reguladores de secreciones gástricas, neurotóxicos, etc. (Scheuer, 1986 y Rinehart *et al.*, 1990). Lo anterior da una idea del potencial que existe en los océanos para la búsqueda de nuevos compuestos bioactivos, cuyo conocimiento es de gran valor no sólo en farmacología sino en agroquímica, pesquerías, salud pública (sanidad de alimentos) y química de alimentos.

La mayoría de los compuestos químicos bioactivos que se conocen provienen de fuentes terrestres. Esto se debe a que el estudio de los productos naturales marinos está en las primeras etapas de desarrollo. En el período comprendido entre 1977 y 1987 se reportó el aislamiento de 2,507 compuestos nuevos de origen marino (Ireland, *et al.*, 1993). Sin embargo, un porcentaje bastante bajo (5%) ha sido evaluado farmacológicamente (Fenical, 1988).

Con la finalidad de reforzar esta área, en la década de los ochentas se establecieron programas mundiales para evaluar la utilidad biomédica de metabolitos secundarios marinos (Jones, 1994). Estos son probados como antibióticos, supresores de

dolor, agentes antiinflamatorios y agentes anticáncer (Fautin, 1988, Attaway y Zaborsky, 1993).

El estudio de los productos naturales es muy extenso. Una vez que se ha detectado un compuesto bioactivo, se efectúa su aislamiento y es necesario caracterizarlo y determinar su estructura. Una desventaja para estos estudios es el hecho de que los compuestos bioactivos se encuentran en concentraciones muy bajas; el problema se hace mayor si existe una variación en la producción de dichos compuestos bioactivos. Uno de los principales intereses de este trabajo es determinar si existe una variación temporal en la producción de compuestos bioactivos por parte de los organismos, con base en esto se puede determinar una estrategia de muestreo. Es importante saber la época del año en que se encontrarán especímenes con una mayor concentración de compuestos bioactivos, si es que importa la época en que se realice la recolección, ya que puede no presentarse una variación en la producción de compuestos bioactivos. Sin embargo, la primera hipótesis de este trabajo es que debido a que la producción de las defensas químicas está relacionada con el medio circundante del organismo que las produce, es muy factible que, si estas condiciones cambian, la producción de metabolitos también varíe. La segunda hipótesis de trabajo es que los organismos que producen compuestos bioactivos están relacionados con la composición de la comunidad bentónica.

1.1 Antecedentes

La variación espacial en la producción de compuestos bioactivos está bien documentada para algas marinas y algunos invertebrados, sin embargo, la variación estacional en la producción de compuestos bioactivos es poco conocida en animales marinos (Turon *et al.*, 1996).

Walker (1985, citado por Bakus *et al.*, 1986) reportó que la esponja *Aplysina fistularis* respondió a un estímulo simulado de agresión exudando de diez a cien veces más metabolitos antimicrobianos que los que liberaría al medio en condiciones normales; aunque este trabajo no es un estudio de variación estacional, nos muestra

cómo las condiciones del medio ambiente pueden influir en la producción de compuestos bioactivos.

Turon y colaboradores (1996) determinaron el patrón estacional en la producción de compuestos bioactivos por la esponja marina *Crambe crambe* del noroeste de la península ibérica (Mediterráneo), encontraron máximos de toxicidad en verano y otoño.

Betancourt *et al.* (1998) determinaron los niveles de actividad antibiótica de la esponja marina *Aplysina fistularis* y los correlacionaron con el nivel de inquilinismo. Encontraron que en marzo, abril y mayo de 1990, cuando la densidad de organismos asociados aumenta, la antibiosis contra *Vibrio sp.*, *Pseudomonas vesicularis* y *Pseudomonas cepacia* alcanza sus niveles más altos.

Hay (1996) menciona que la ecología química surgió cuando los químicos de productos naturales descubrieron metabolitos secundarios y asumieron funciones ecológicas y cuando los biólogos observaron interacciones y asumieron algunos mecanismos químicos. En las últimas dos décadas (setentas y ochentas) la ecología química se ha desarrollado; ahora es un área de estudio más compleja en donde las condiciones químicas y biológicas se estudian simultáneamente.

Whittaker y Fenny (1971) mostraron una clasificación de las sustancias producidas por organismos marinos que son utilizadas como mecanismos de defensa. Estas sustancias involucran directa o indirectamente a aquellas que tienen efectos aleloquímicos (relaciones interespecíficas), entre las que figuran alomonas (sustancias con ventajas adaptativas para el productor) y kairomonas (sustancias con ventajas adaptativas para el consumidor).

Los metabolitos secundarios encontrados en esponjas tienen importantes papeles ecológicos. Green (1977) discute que la posible función de las sustancias antibióticas en las esponjas es actuar tanto en mecanismos ofensivo de ayuda en la nutrición, inactivando microorganismos antes de ingerirlos, como un mecanismo defensivo, participando de forma importante en el control de infecciones microbianas.

Uriz *et al.*, (1991) probaron la bioactividad (antibacterial, antifungal, antiviral citotóxica y antimetabólica) de organismos bentónicos del Mediterráneo y encontraron que

la actividad antimitótica y citotóxica es más efectiva que la actividad antibacterial y antifungal contra organismos incrustantes.

La función de muchos metabolitos secundarios es aún desconocida (Hay, 1996) e inclusive algunos de ellos no tienen una función biológica aparente (Bakus, 1986). En algunos casos se conoce que la función ecológica de los metabolitos secundarios marinos es; como defensa, como antincrustantes, para competir por espacio y ganarlo, para permanecer en el medio, como feromonas auxiliares en reproducción, para atracción de alimento, como antimicrobianos y alelopáticas (Hay 1996).

Varios metabolitos secundarios pueden tener una misma función ecológica, y ser específicos para diferentes organismos, como por ejemplo, una esponja puede producir varios compuestos para evitar incrustación de otros organismos. Estos pueden actuar específicamente en bacterias o en larvas para evitar su asentamiento.

1.2 Objetivos

- 1.- Detectar la presencia de sustancias bioactivas en organismos pertenecientes a las clases Ascidiacea, Holothuroidea y Demospongiae.
- 2.- Determinar si existe variación estacional en la producción de compuestos bioactivos.
- 3.- Relacionar la presencia de organismos que producen metabolitos bioactivos con la composición de la comunidad bentónica.

2. MÉTODO

2.1 Área de estudio:

2.1.1 Localización.

Santispac es una playa ubicada en el margen occidental de Bahía Concepción. Esta bahía se localiza en la costa oriental de la península de Baja California entre los paralelos 26°33' y 26°53' de latitud norte y los meridianos 111° 42' y 111°56' de longitud oeste (figura 1).

2.1.2 Factores oceanográficos.

El patrón de corrientes dentro de la bahía está determinado casi en su totalidad por las mareas, mostrando dos flujos y dos reflujos diarios puesto que el tipo de mareas es mixto (Obeso *et al.*, 1966).

Temperatura

En Bahía Concepción la temperatura superficial del agua oscila anualmente entre los 18 y los 32 °C aproximadamente (Contreras- Espinosa, 1988).

La temperatura del agua en la zona costera presenta variaciones importantes tanto entre localidades como estacionalmente, mostrando la influencia de las corrientes internas y el intercambio de aguas con el Golfo (Magallanes *et al.*, 1993). En Santispac, hay manantiales hidrotermales con temperaturas que oscilan entre 38° y 51°C (Cruz-Orozco *et al.*, 1991). Santispac tiene un estero que presenta una extensión aproximada de 4 ha con vegetación de manglar en un 60% de su superficie y se comunica con la bahía a través de un canal de 4 m de ancho con baja profundidad. En este estero la temperatura varía entre 32.8° y 30.5°C (máxima y mínima diurnas respectivamente) en julio y en febrero entre 27° y 24°C (Magallanes, 1992).

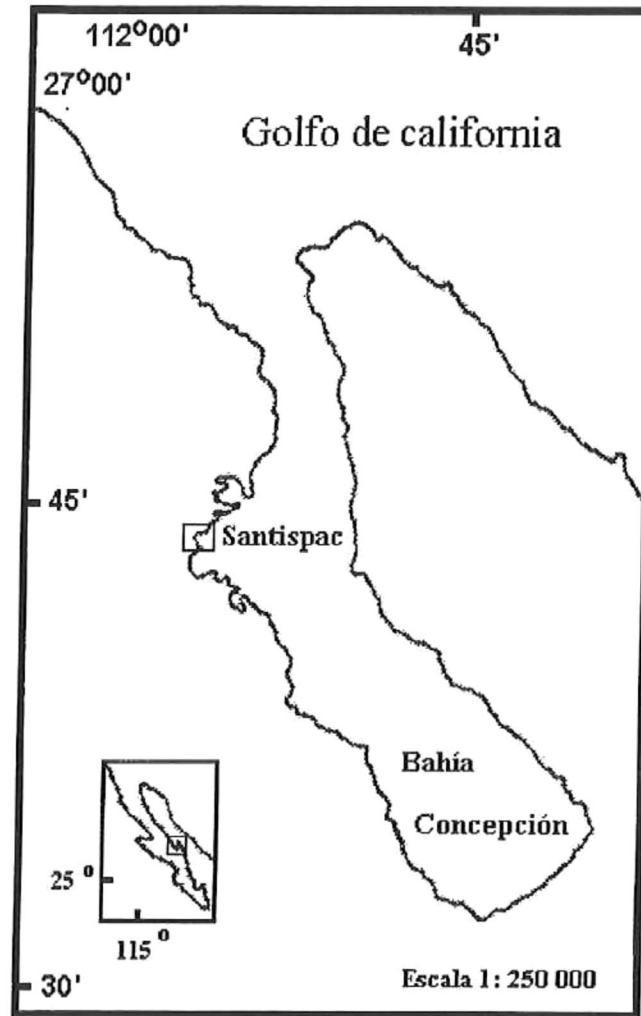


Figura 1. Localización de la zona de estudio. Playa Santispac ubicada en Bahía Cconcepción, BCS.

Salinidad.

Bahía Concepción presenta una baja precipitación (menor a 200 mm anuales) y carece de aporte de ríos, estas características favorecen que predomine la evaporación y su salinidad llega a ser mayor a la del Golfo. El contenido de sales, que oscila alrededor de 35%, presenta variaciones mínimas. Esto se debe a la profundidad de Bahía Concepción (media de 17 metros y máxima de 30 m al sur), a su elevado

volumen interior (4.5 km^3) y a la dinámica producida por las corrientes de marea (Santa María-Gallegos, 1996).

2.2 Toma de muestras

Se realizaron cinco salidas de campo correspondientes a un ciclo anual: Otoño de 1997 (17-20 de octubre), Invierno de 1997 (29 de enero-1 de febrero), Primavera de 1998 (1-5 de mayo), Verano de 1998 (1-4 de agosto) y Otoño de 1998 (29 de octubre-1 de noviembre). En cada salida de campo se realizaron estudios ecológicos y químicos; la toma de muestras se realizó mediante buceo libre y autónomo. Para la toma de muestras del estudio químico se realizaron tres transectos paralelos a la costa en cada uno de los muestreos. Generalmente se tomó una muestra de cada especie bentónica que se encontró independientemente de la zona de colecta, y en algunas ocasiones se tomaron muestras de diferentes zonas de colecta o transectos.

Las muestras colectadas para realizar los análisis químicos se limpiaron de partículas indeseables (organismos, rocas y arena) en el campo y se preservaron en hielo hasta el arribo al laboratorio. Para la identificación taxonómica de los especímenes se tomaron tres muestras del mismo ejemplar; una se preservó en formol al 4%, otra en etanol y la tercera se congeló.

2.3 Estudio químico

2.3.1 Preparación de los extractos.

Los organismos fueron exprimidos, cortados, macerados y mantenidos en refrigeración con etanol durante dos semanas con la finalidad de extraer los compuestos bioactivos. Posteriormente los extractos se concentraron hasta sequedad mediante destilación a presión reducida con un máximo de temperatura de 38°C .

2.3.2 Determinación de bioactividad.

Se realizaron pruebas de bioactividad antibacteriana y un ensayo de toxicidad con cada uno de los extractos obtenidos.

Pruebas antibacterianas.

Para estos bioensayos se utilizaron como organismos de prueba *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis* (grampositivas) y *Proteus vulgaris* (gramnegativa).

El extracto se probó en tres concentraciones: 2, 4 y 6 mg; para esto, se utilizaron sensidiscos estériles de papel Whatman # 1 de 6.5 mm de diámetro. Cada bioensayo se realizó por duplicado con su respectivo blanco que consistió en agregar el solvente utilizado en la extracción (etanol) a un sensidisco. Se midieron los halos de inhibición de crecimiento bacteriano a las 24 horas de incubación (37 °C).

Pruebas de toxicidad.

Se utilizó *Artemia salina* en estadio nauplio II para evaluar la toxicidad de cada extracto. Estas pruebas se realizaron con cuatro concentraciones de extracto (0.4, 0.8, 1.6, 2.4 mg/ml, control con et-OH y blanco) por triplicado, para ello se realizaron diluciones con agua de mar. Se colocaron 4 ml de cada concentración (diluciones con etanol para el control y agua de mar en el caso del blanco) en un vial y se les agregó 1 ml de agua de mar que contenía 10 artemias para dar un total de 18 viales por muestra. El agua de mar empleada tanto en las diluciones como en las artemias fue filtrada y pasada por luz ultravioleta. Se evaluó el porcentaje de mortalidad a las 24 horas de haber agregado los compuestos.

2.4 Estudio ecológico: Análisis de la comunidad macrobentónica.

En cada salida de campo se realizaron tres transectos (figura 2), de 50 m de longitud y 2 m de ancho (100 m^2), paralelos a los tres transectos del estudio químico. La profundidad de los transectos osciló entre 1 y 5 metros y en cada uno de ellos se registraron, mediante conteo de organismos, las especies presentes. A partir de los datos obtenidos en el campo se calcularon los porcentajes de abundancia relativa para cada transecto en todas las estaciones del año (anexo 1). Estos porcentajes se obtuvieron con base en el número total de organismos que representan el 100% de la abundancia de un transecto determinado.

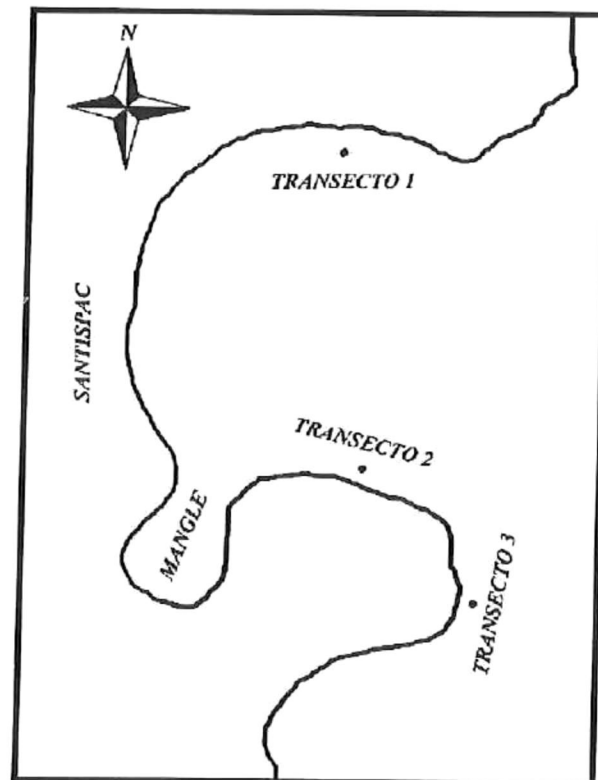


Figura 2. Posición aproximada de los transectos de muestreo en la zona de estudio.

Con los porcentajes de abundancia relativa se realizó un análisis general de la comunidad. Para esto se utilizó el Método de Promedios Pareados no Ponderados

(UPGMA) con distancias euclidianas, se calcularon los índices de Simpson (Whittaker, 1975) y los Índices de Valor Biológico (IVB) (modificación de Sanders, 1960). Se realizaron tablas de contingencia a partir de las cuales se obtuvieron los índices de Jaccard y el coeficiente de afinidad ν de Kendall (Joandomenec, 1979).

Se realizó una correlación, entre el Índice de Valor Biológico (IVB) y la bioactividad en *Artemia salina*, para las especies que se encontraron en varias estaciones del año y que en las mismas se les determinó el IVB.

2.5 Estadística

2.5.1 Pruebas de normalidad

A todos los datos obtenidos en los experimentos de laboratorio se les realizaron pruebas de normalidad: Kolmogorov - Smirnov / Lilliefors, frecuencias de normalidad esperadas y Shapiro - Wilks. Para el tratamiento de datos se utilizó estadística no paramétrica debido a que los datos no tienen una distribución gaussiana.

2.5.2 Wilcoxon.

Se realizó esta prueba para dos muestras independientes equilibradas con un 95% de confianza, para determinar si había diferencia estadísticamente significativa en la bioactividad de las especies bentónicas para *Artemia salina* entre dos zonas de colecta o en los casos en los que los organismos únicamente aparecieron en dos épocas del año.

2.5.3 Kruskal - Wallis

Para determinar la variación estacional en la producción de compuestos bioactivos se utilizó un ANOVA no paramétrico de una vía para muestras independientes con un nivel de confianza del 95%.

2.5.4 Tukey

En los casos en que la prueba Kruskal-Wallis indicó que había diferencia significativa entre épocas del año se realizaron pruebas de comparación múltiple, *i.e.* Tukey no paramétrico para muestras equilibradas con un 95 % de confianza, con el fin de determinar en qué estaciones del año hubo variación .

2.5.5 Tablas de contingencia

Estas pruebas se realizaron, con el estadístico de prueba χ^2 a un 95% de confianza, para determinar si las especies de la comunidad macrobentónica son dependientes o independientes entre sí. Es decir, si los índices de Jaccard y los coeficientes ν de Kendall (que indican afinidad positiva o negativa) son significativos.

2.5.6 Correlación de Pearson

Con la finalidad de establecer, para cada especie una correlación entre el índice de valor biológico y la bioactividad en *Artemia salina*, se realizó la prueba de significancia correspondiente con un nivel de confianza del 95%.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Estudio Químico

El estudio químico se realizó con 48 especies, aunque no todas estuvieron presentes durante todo el año. En la tabla 1 se pueden observar los resultados generales de las especies que presentaron bioactividad. Más adelante se tratará a cada una de ellas por separado. De todos los organismos a los que se les realizaron pruebas de bioactividad, únicamente tres esponjas no resultaron bioactivas (para ninguno de los organismos de prueba); Demospongiae-13, Demospongiae-18 y Demospongiae-20.

Tabla 1. Resultados generales de los organismos bentónicos con compuestos bioactivos en Santispac, Bahía Concepción BCS.

Clase	# organismos	Bioactivos	<i>Artemia salina</i>	Bacterias
Demospongiae (esponjas)	27	24	24	14 ^{1B}
Ascidacea (tunicados)	8	8	7	4 ^{2B}
Echinoidea (erizos)	2	2	2	0
Holothuroidea (pepinos de mar)	3	3	3	1 ³
Stelleroidea (estrellas)	1	1	1	1 ^B
Anthozoa (anémonas)	1	1	1	1 ^B

El índice B se refiere a los compuestos que son bacteriostáticos. Ejemplo: 14 ^{1B} significa que de carorce compuestos bioactivos para al menos una de las bacterias de prueba uno es bacteriostático.

Se encontraron 42 organismos con compuestos bioactivos. La mayoría de los organismos que resultaron bioactivos para alguna de las bacterias de prueba, resultaron también bioactivos para *Artemia salina*. Únicamente el tunicado Ascidacea-1 resultó bioactivo para bacterias y no para *Artemia salina*.

Debido a que algunos organismos con compuestos bioactivos crecen sobre algas, y a que se ha reportado que un gran número de algas contienen sustancias antibacterianas (Ballesteros *et al.*, 1992), se realizaron pruebas de bioactividad en un alga calcárea Rhodophyta-1 y en *Sargassum sinicola*. Las dos algas resultaron bioactivas para *Artemia salina*; *Sargassum sinicola* también inhibió el crecimiento de

Staphylococcus epidermidis en las tres concentraciones probadas. Como referencia para el estudio del análisis de la comunidad bentónica se evaluó la toxicidad de *Rizophora mangle*, la anémona café *Pachyerianthus fimbriatus*, del coral *Porites californica* y de *Ophiothrix spiculata*. Ninguno de ellos presentó toxicidad para *Artemia salina*, a excepción de *Ophiothrix spiculata* que causó 100% de mortalidad en *Artemia salina* a 1.6 y 2.4 mg/ml de extracto (las dos concentraciones más altas probadas) y a 0.4 y 0.8 mg/ml, ocasionó una mortalidad del $87.12 \pm 3.79 \%$ y $90 \pm 10 \%$ respectivamente.

3.1.1 CLASE DEMOSPONGIAE

Delaubenfelsia raromicrosclera

Delaubenfelsia raromicrosclera es una esponja marina que presenta una alta bioactividad durante la mayor parte del año. En la tabla 2 se pueden observar los resultados de la bioactividad de esta esponja en *Artemia salina* y las bacterias de prueba. En algunas ocasiones se tomaron dos muestras en la misma época del año, pero en diferentes transectos, indicadas como primavera 98' y verano 98', esto con el objetivo de determinar si existe una variación entre las zonas de colecta. Para el caso particular de esta esponja resultó que no hay diferencia estadísticamente significativa entre transectos (Wilcoxon, $p=0.05$). La variación entre estaciones es significativa (Kruskal-Wallis, $p=0.05$) entre cada una de las estaciones del año; de invierno-97 a primavera 98, de primavera-98 a verano-98 y de verano-98 a otoño-98.

Tabla 2. Resultados de los bioensayos con la esponja *Delaubenfelsia raromicrosclera*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	0 ± 0	79.8 ± 2.0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	86.6 ± 0.8	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98'	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	29.1 ± 4.1	64.2 ± 7.1	81.2 ± 3.4	85.4 ± 2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98'	34.1 ± 3.3	53.5 ± 3.5	78.6 ± 3.6	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	8	8.5	9	9.7	10.1	10.7	10.7	10.8	11.5

En la figura 3 y en la tabla 2 se puede observar que entre verano-98 y verano-98' (que corresponden a la misma estación pero a diferentes transectos) el espectro de acción en *Artemia salina* es similar aunque son muestras de distintas zonas de colecta. Si se compara con una estación antes (primavera-98) o una estación después (otoño-98) se puede notar que hay diferencias de bioactividad entre épocas del año. En primavera-98 y otoño-98 hay una mayor bioactividad independientemente de que pudiera haber una

pequeña variación entre zonas de colecta. Es evidente que esta esponja presenta una variación estacional mayor que la variación entre transectos (no detectada por la estadística empleada).

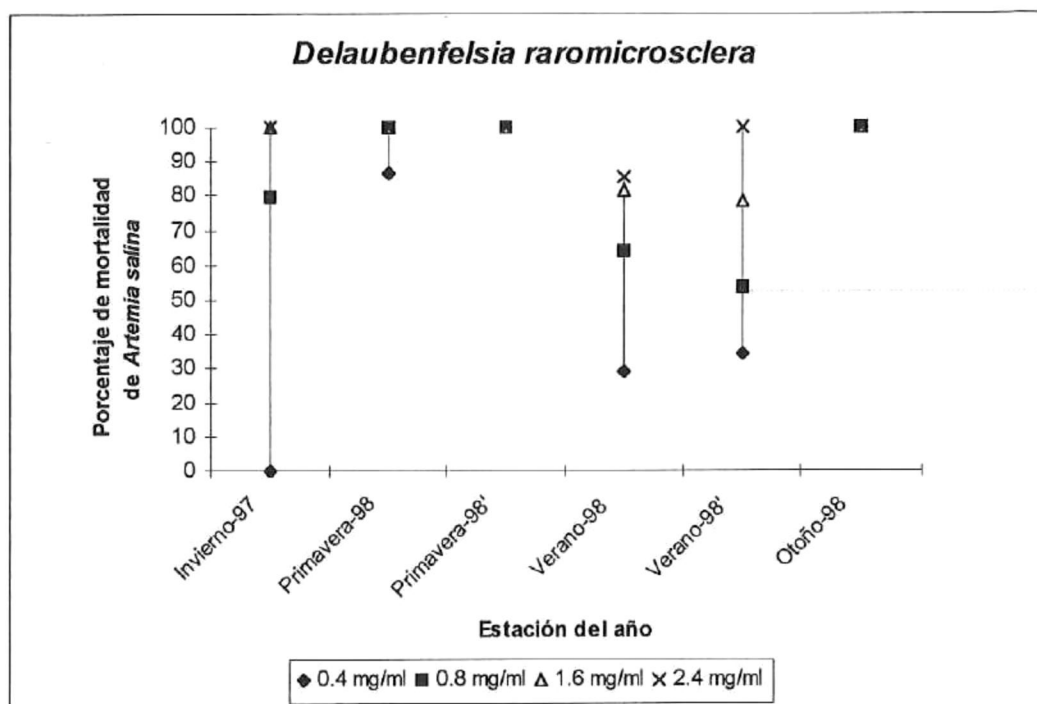


Figura 3. Resultados de los bioensayos con la esponja *Delaubenfelsia raromicrosclera* en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto. Primavera-98 y primavera-98' así como verano-98 y verano-98' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.

Los niveles más altos de bioactividad se alcanzaron en otoño de 1998 y en uno de los transectos de primavera de 1998 en donde el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* es del 100% para las cuatro concentraciones probadas. Otoño de 1998 es la única época del año en donde se encontró actividad antibacteriana (tabla 2). Lo anterior significa que de todas las estaciones en las que se muestreó *Delaubenfelsia raromicrosclera*, es más tóxica en otoño que en cualquier otra época del año. Esto puede

variar ya que en este estudio se demuestra que algunas esponjas presentan variación entre estaciones de distintos años.

Geodia mesotriaena

Para esta especie no se encontraron diferencias significativas entre las zonas de colecta (verano98-verano 98' y otoño98-otoño 98'). La actividad de los extractos en otoño-97 es diferente a la de invierno-97 así como de verano-98 a otoño-98. Sin embargo de invierno-97 a primavera-98 y de primavera-98 a verano-98 no hay diferencia estadísticamente significativa (tabla 3 y figura 4). En ninguna época del año se detectó actividad antibacteriana a las concentraciones probadas (tabla 3).

Tabla 3. Resultados de los bioensayos con la esponja *Geodia mesotriaena*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	0 ± 0	0 ± 0	5.5 ± 5.5	8.3 ± 8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invierno-97	0 ± 0	66.6 ± 8.3	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	22.0 ± 9.5	43.7 ± 6.2	75.2 ± 2.5	89.2 ± 3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	33.3 ± 0	43.7 ± 4.1	50 ± 2.7	71.4 ± 3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98'	22.5 ± 2.5	48.8 ± 1.1	57.7 ± 14.9	75 ± 16.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	84.5 ± 1.1	91.6 ± 8.3	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98'	81.6 ± 1.7	85.4 ± 2.0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la figura 4 se puede observar que la mayor bioactividad se presentó en otoño de 1998: Las dos muestras de otoño de 1998 son las que presentan los niveles más altos de bioactividad. Esta esponja presenta una variación entre otoños de diferentes años, en la misma figura se puede ver que la mínima bioactividad se registró en otoño de 1997 y la máxima en otoño de 1998 existiendo entre ellos diferencias significativas. Cabe mencionarse que otoño de 1997 estaba influenciado por el fenómeno de "El Niño". En la

sección 3.3 de ecología química se discute más al respecto de la repercusión de "El Niño" en algunos resultados.

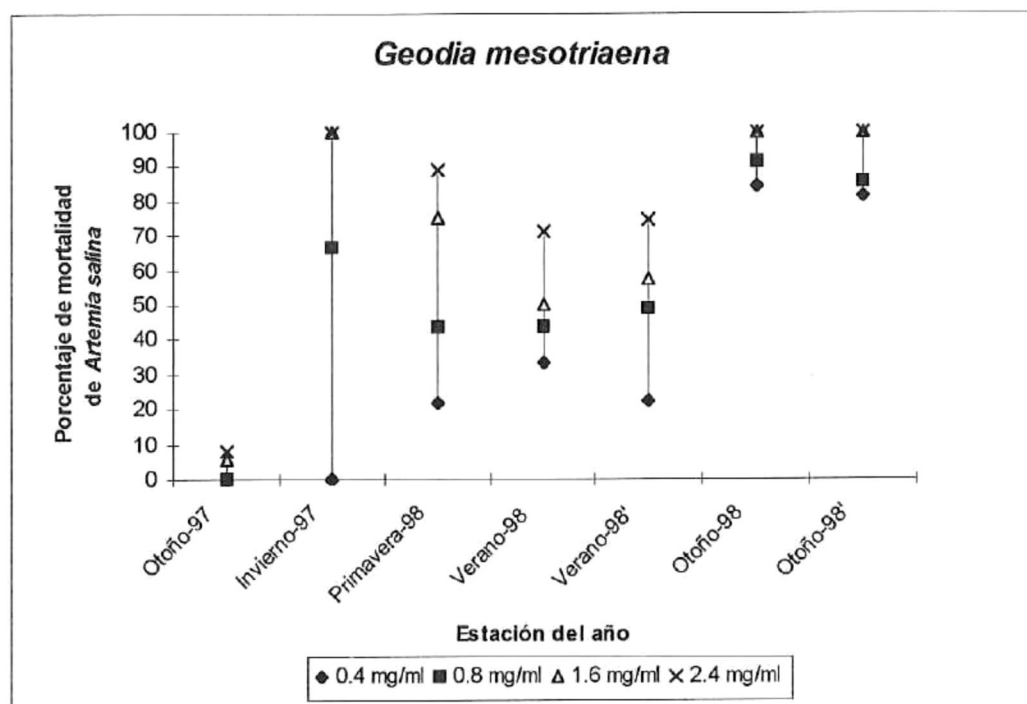


Figura 4. Resultados de los bioensayos con la esponja *Geodia mesotriaena* en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto. Verano-98 y verano-98' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.

Es probable que la variación en la producción de compuestos bioactivos por esta esponja se deba más a factores biológicos que a factores físicos como la temperatura, ya que no presenta un máximo o un mínimo cuando la temperatura es más baja (invierno) o más alta (verano). No se descarta la posibilidad de que el efecto de m(la temperatura sea indirecto, por ejemplo; si verano es la época de liberación de larvas de alguna especie en particular que utilice como sustrato a *Geodia mesotriaena* y a la vez esto es afectado por la temperatura, esta esponja producirá una concentración mayor de compuestos bioactivos.

Hymeniacidon sinapium

Esta esponja presenta diferencias significativas entre todas las épocas en que se muestreó y no entre zonas de colecta. Sin embargo se puede observar que en otoño de 1997 (tabla 4) en una de las zonas de colecta hay producción de compuestos que inhiben el crecimiento de *Proteus vulgaris* y de *Staphylococcus epidermidis*, aunque el bioensayo con *Artemia salina* nos indica que no hay diferencia entre zonas de colecta (al menos en cuanto al tipo de compuestos tóxicos para este organismo), los bioensayos con bacterias demuestran que esta esponja produce diferentes compuestos entre zonas de colecta.

Tabla 4. Resultados de los bioensayos con la esponja *Hymeniacidon sinapium*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-97'	77.0 ± 10.4	88.1 ± 0.6	100 ± 0	100 ± 0	8.3	8.5	8.6	0	8.2	10.0	0	0	0
Invierno-97	12.8 ± 2.9	26.4 ± 4.2	71.6 ± 1.6	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	16.6 ± 8.3	23.6 ± 1.3	52.6 ± 9.8	77.5 ± 2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	66.6 ± 4.1	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	8.7	9	0	8	9.2	0	0	0

En figura 5 se puede observar que en otoño de 1997 (en ambas zonas de colecta asignadas como otoño-97 y otoño-97') las cuatro concentraciones de prueba son altamente tóxicas para *Artemia salina*. Posteriormente, en invierno de 1997 se encuentra que la concentración más baja utilizada ocasiona un porcentaje de mortalidad de 12.8. Esto puede deberse a dos factores: a que los compuestos sean diferentes, es decir una gama amplia de compuestos cuyo espectro de acción es también amplio o a que se haya producido un menor número de compuestos bioactivos para *Artemia salina* lo que produce un efecto de toxicidad menor en este organismo de prueba.

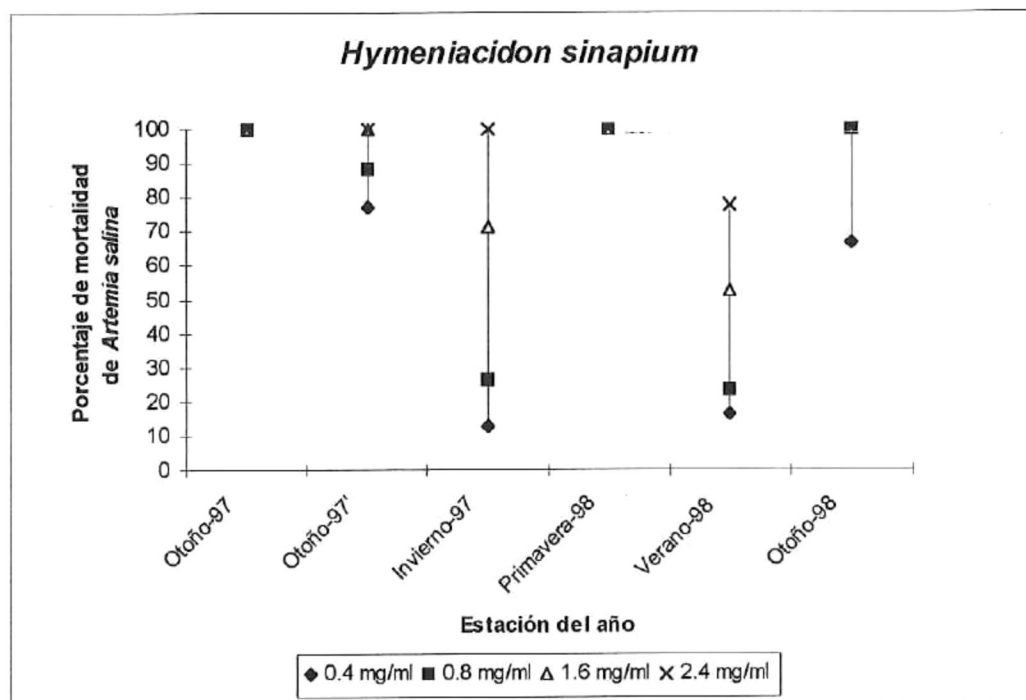


Figura 5. Resultados de los bioensayos con la esponja *Hymeniacidon sinapium* en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto. Otoño-97 y otoño-97' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.

A diferencia de la esponja anterior (*Geodia mesotriaena*), esta esponja no presenta diferencia estadísticamente significativa entre otoño de diferentes años. Esto se puede observar en la figura 5 y tabla 4; En otoño de 1997 y otoño de 1998 se tienen valores de 100% de mortalidad en las concentraciones más altas probadas.

Los máximos de bioactividad se encontraron en otoño-97, primavera-98 y otoño-98 (figura 5). Únicamente en otoño (de 1997 y 1998) se encontró actividad antibacteriana a pesar de que en primavera la mortalidad en *A. salina* es del 100% en las cuatro concentraciones (más bioactiva que en otoño de 1998). Esto significa que no sólo presenta variación estacional en cuanto a que produce una cantidad mayor o menor de compuestos bioactivos sino que también producen diferentes tipos de compuestos.

Si es que existe variación entre zonas de colecta en la producción de compuestos bioactivos por esta esponja, con base en los resultados estadísticos, podemos mencionar que la variación entre estaciones del año es mayor que entre zonas de colecta.

Demospongiae-1

Esta esponja presenta diferencias entre todas las estaciones del año y no tiene diferencias estadísticamente significativas entre zonas de colecta. Presenta un comportamiento similar a la anterior (*Hymeniacidon sinapium*), ya que no hay diferencia significativa entre zonas de colecta con lo que respecta a la toxicidad para *Artemia salina*. Sin embargo, el ensayo antibacteriano demuestra que entre zonas de colecta produce diferentes tipos de compuestos. En la tabla 5 se observa que entre otoño-97 y otoño-97' (misma estación pero diferentes zonas de colecta) los resultados con *Artemia salina* son similares (estadísticamente no hay diferencias), sin embargo en una zona de colecta esta esponja produce compuestos que inhiben el crecimiento de *Bacillus subtilis* y en otra zona se producen compuestos que inhiben a *S. epidermidis*. Este comportamiento se corrobora con las dos zonas de colecta de la estación de otoño en donde se observa que una de las muestras es más tóxica que la otra; la muestra de otoño-98' tienen un efecto antibiótico en las tres bacterias de prueba: La esponja demospongiae-1 produce diferentes tipos de compuestos entre zonas de colecta.

Tabla 5. Resultados de los bioensayos con la esponja *Demospongiae*-1. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	90 ± 10	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	7.8	9	9.7	10.5	0	0	0
Otoño-97'	94.4 ± 5.5	97.2 ± 2.7	100 ± 0	100 ± 0	MI	MI	MI	0	0	0	0	7.5	9.7
Invierno-97	9.8 ± 2.6	12.5 ± 0	16.6 ± 5.5	30 ± 10	0	0	0	7.5	0	9	14	15	15.2
Primavera-98	97.5 ± 2.5	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	17.4 ± 0.7	33.3 ± 6.6	48.0 ± 1.9	71.2 ± 8.7	7.5	7.7	8	0	7.5	7.7	7.5	7.7	8.5
Otoño-98	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	9	12.5	13.7	0	0	0
Otoño-98'	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	8.7	9.1	8.8	9.2	9.3	9.2	9.5	10

MI = muestra insuficiente

En invierno de 1998 (figura 6) se produce una cantidad menor de compuestos bioactivos para *Artemia salina*, sin embargo, se presenta una mayor inhibición en el crecimiento de *Bacillus subtilis* (tabla 5), una vez más esto significa una variación en el tipo y cantidad de compuestos bioactivos. Los máximos de bioactividad contra *Artemia salina* corresponden a las estaciones de otoño-97, primavera-98 y otoño-98; Entre otoño-97 y otoño-98 no hay diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de compuestos bioactivos para *Artemia salina*.

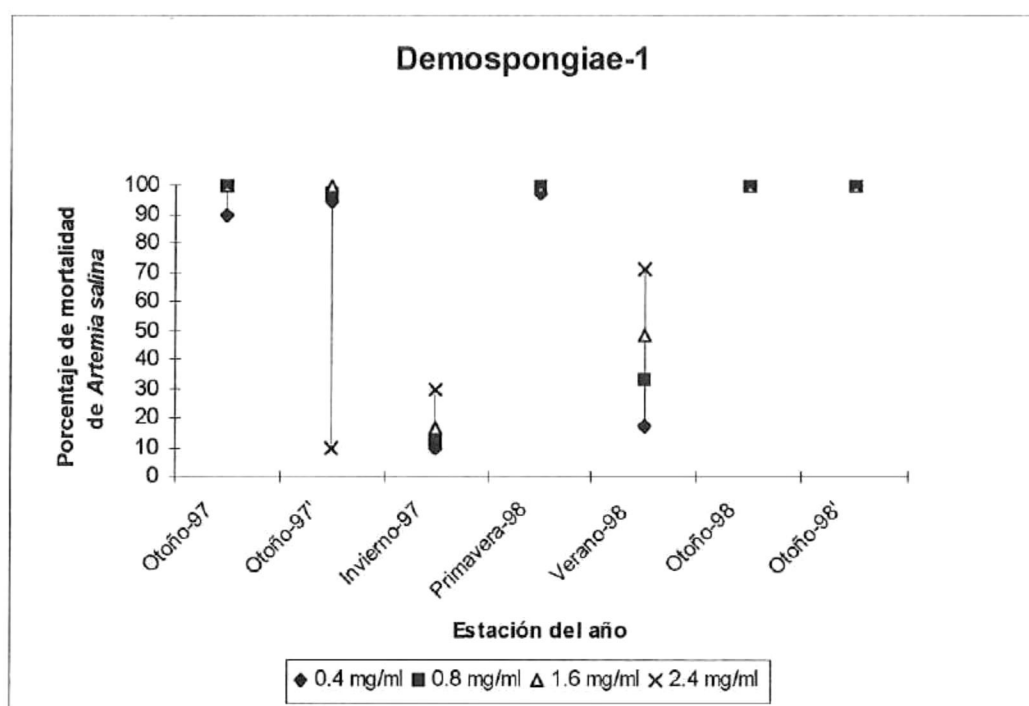


Figura 6. Resultados de los bioensayos con la esponja Demospongiae-1 en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto. Otoño-97 y otoño-97' así como otoño-98 y otoño-98' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.

Axocelita originales

Esta esponja es altamente bioactiva la mayor parte del año y no presenta diferencias significativas en la producción de compuestos bioactivos entre épocas del año. Sin embargo, los resultados con bacterias (tabla 6) indican que hay una variación temporal en cuanto a la calidad de los compuestos bioactivos; en otoño de 1997 esta esponja produjo compuestos bactericidas para *Proteus vulgaris* y *Bacillus subtilis*, y en invierno del mismo año y otoño de 1998 se detectó la presencia de compuestos antibacterianos para *Bacillus subtilis* únicamente. No se encontraron compuestos antibacterianos en el extracto de verano de 1998 aunque los porcentajes de mortalidad de *Artemia salina* fueron de 100 en las cuatro concentraciones probadas. Lo anterior

demuestra que los compuestos producidos por esta esponja son específicos para ciertos sistemas, ya que el hecho de que el extracto sea altamente tóxico para *Artemia salina* no significa que necesariamente sea bioactivo para otros organismos (bacterias en este caso).

Tabla 6. Resultados de los bioensayos con la esponja *Axoclella originalis*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	8.1	0	0	0	8.5	9	9
Invierno-97	80.1 ± 1.6	94.4 ± 5.5	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	10	11	11.5
Verano-98	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	88.3 ± 2.5	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.5

Chondrilla nucula

No se encontraron diferencias significativas de bioactividad (bioensayos con *Artemia salina*) entre transectos ni entre estaciones del año. Sin embargo, se detectaron compuestos que inhibieron a la bacteria *Bacillus subtilis* únicamente en invierno de 1997, lo que significa una variación, entre estaciones del año, en el tipo de compuestos bioactivos. En la tabla 7 se observa que este resultado coincide con la bioactividad menor para *Artemia salina*, esto corrobora que *Chondrilla nucula* produce otro tipo de compuestos en invierno de 1997.

Tabla 7. Resultados de los bioensayos con la esponja *Chondrilla nucula*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	27.2 ± 0	28.2 ± 5.1	33.3 ± 0	39.5 ± 2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invierno-97	0 ± 0	9.7 ± 1.3	21.0 ± 1.2	25.0 ± 0	0	0	0	0	0	0	14.2	14.7	16.2
Primavera-98	22.0 ± 2.9	22.5 ± 1.4	23.0 ± 0	33.7 ± 1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98'	0 ± 0	0 ± 0	85.7 ± 6.2	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98''	0 ± 0	0 ± 0	91.6 ± 8.3	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	10.0 ± 10	25.0 ± 0	35.4 ± 2.0	45.2 ± 11.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Toxadocia proxima

Entre otoño de 1997 e invierno de 1997 no hay diferencia estadísticamente significativa en la producción de compuestos bioactivos para *Artemia salina*, sin embargo los compuestos antibacterianos son diferentes; En la tabla 8 se puede observar que en otoño-97 hubo actividad antibiótica para *Proteus vulgaris* y en invierno de 1997 se producen compuestos que inhiben el crecimiento de *Bacillus subtilis*. Únicamente en invierno de 1997 y otoño de 1997 se detectó la presencia de compuestos antibacteriales. *Toxadocia proxima* presenta una variación significativa en la cantidad de compuestos bioactivos para *Artemia salina* de invierno-97 a verano-98. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre verano-98 y otoño-98.

Tabla 8. Resultados de los bioensayos con la esponja *Toxadocia proxima*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	5.7 ± 1.3	6.8 ± 0.6	9.1 ± 1.9	14.2 ± 0	0	0	8.7	0	0	0	0	0	0
Invierno-97	6.6 ± 1.7	7.8 ± 0.1	12.2 ± 3.1	19.8 ± 3.2	0	0	0	0	0	0	13.5	14.5	17.7
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Esta esponja presenta diferencias significativas en la cantidad de compuestos bioactivos para *Artemia salina* entre otoño de 1997 y otoño de 1998, aunque la bioactividad de esta esponja en general es baja, en otoño de 1998 fue tan baja que no se detectó bioactividad para ninguno de los organismos de prueba (es posible que ni siquiera se hayan producido compuestos bioactivos).

Lissodendoryx albemarlensis

Esta esponja no presenta diferencias significativas entre transectos. La variación estacional se presenta de primavera-98 a verano-98. No se encontró variación significativa ni de otoño-97 a invierno-97 ni de invierno-97 a primavera-98. Únicamente en otoño de 1997 se detectaron compuestos con propiedades antibacterianas, en la tabla 9 se puede observar que hay una variación en la producción de compuestos antibacteriales por *Lissonderoryx albemarlensis* en relación con la zona de colecta ya que en una de las muestras se encontraron compuestos que inhiben a *S. epidermidis* (tabla 9: otoño-97) y la muestra de otra zona contenía compuestos que inhibieron el crecimiento de *Proteus vulgaris* (tabla 9: otoño-97').

Tabla 9. Resultados de los bioensayos con la esponja *Lissodendoryx albemarlensis*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	6.2 ± 0.3	0	0	0	8.7	9	9	0	0	0
Otoño-97'	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	4.5 ± 0.7	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0
Invierno-97	0 ± 0	3.3 ± 3.3	10.5 ± 2.8	77.2 ± 4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	38.0 ± 4.7	72.4 ± 10.8	72.7 ± 2.2	96.1 ± 3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	11.8 ± 0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la figura 7 se puede observar que los niveles más bajos de bioactividad se encontraron en las estaciones de otoño-97 y verano-98, y que en primavera-98 se registró el nivel más alto de bioactividad.

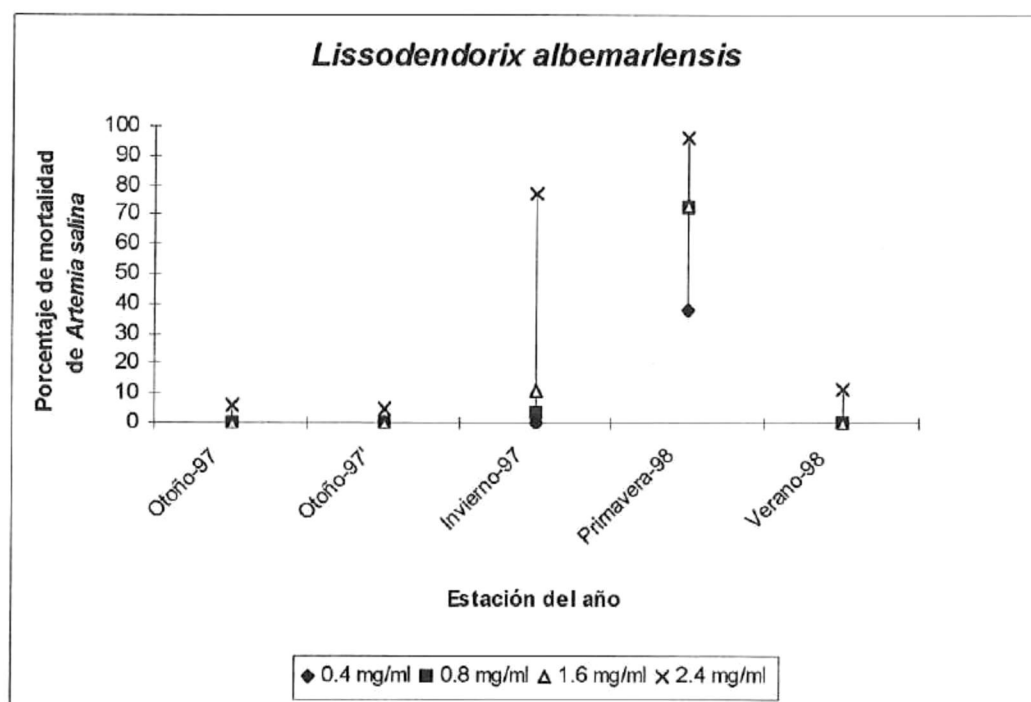


Figura 7. Resultados de los bioensayos con la esponja *Lissodendoryx albemarlensis* en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto. Otoño-97 y otoño-97' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.

Demospongiae-2

No hay diferencias significativas entre transectos en cuanto a los resultados de toxicidad en *Artemia salina*, sin embargo en una de las zonas de colecta se detectaron compuestos que inhibieron a *Proteus vulgaris* (tabla 10: 8.1 mm en la concentración más alta probada). Entre otoño de 1997 y otoño de 1998 sí hay variación en la producción de compuestos bioactivos.

Tabla 10. Resultados de los bioensayos con la esponja *Demospongiae-2*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	8.3 ± 1.6	13.3 ± 0.9	16.7 ± 6.7	23.2 ± 1.7	0	0	8.1	0	0	0	0	0	0
Otoño-97'	0 ± 0	0 ± 0	13.4 ± 0.8	16.2 ± 3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	20.8 ± 4.1	41.6 ± 8.3	67.5 ± 7.5	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En cuanto a compuestos tóxicos para *Artemia salina*, esta es una esponja que presenta variación entre estaciones del año (tabla 10) y no entre zonas de colecta ya que el porcentaje de mortalidad entre los dos transectos de otoño de 1997 no presenta diferencias significativas. En otoño de 1997 se determinó un intervalo en el porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* de 0 a 23.2%. Comparativamente para otoño de 1998 el intervalo de mortalidad fué de 20.8 a 100%.

Los compuestos antibacterianos se encontraron únicamente en un transecto de otoño de 1997, lo que sugiere que esta esponja produce compuestos antibióticos en condiciones ambientales muy específicas. Es lógico pensar que esta esponja presenta una variación mayor entre las zonas de colecta que entre las estaciones del año en lo que respecta a compuestos bioactivos para bacterias. Sin embargo, debido a que la toxicidad para *Artemia salina* es mayor en otoño-97 que en otoño-97', sería necesario trabajar con más ejemplares de la misma época del año pero de diferentes zonas de colecta para determinar si la variación es debida a cantidad o a calidad de compuestos bioactivos. En

la tabla 10 se puede observar que esta esponja únicamente se encontró en el campo en las estaciones de otoño.

Cliona celata

En ninguna de las estaciones del año en las que se muestreó se detectaron compuestos con propiedades antibacteriales (tabla 11). *Cliona celata* presenta variación estacional estadísticamente significativa en la producción de compuestos bioactivos para *Artemia salina* de invierno-97 a primavera-98 y de primavera-98 a verano-98. En la tabla 11 se observa que en invierno de 1997 se encontró la mayor bioactividad, hasta 100% de mortalidad en las dos concentraciones más altas probadas, que fué disminuyendo hacia verano. Cabe mencionar que en ninguno de los dos otoños en que se muestreó aparece esta esponja, por lo que se puede decir que la disminución en la cantidad de metabolitos secundarios que produce está relacionada con su ciclo de vida. No se encontraron compuestos antibióticos en ninguna estación del año.

Tabla 11. Resultados de los bioensayos con la esponja *Cliona celata*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	13.8 ± 3.8	65.1 ± 1.5	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	9.1 ± 1.9	11.5 ± 0.4	19.4 ± 2.7	24.3 ± 8.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	7.4 ± 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mycale caecilia

En la tabla 12 se pueden observar los resultados de los bioensayos con la esponja *Mycale caecilia* entre estaciones y zonas de colecta; no se registraron compuestos con propiedades antibacterianas ni en verano ni en otoño de 1998.

Tabla 12. Resultados de los bioensayos con la esponja *Mycale caecilia*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Verano-98	33.3 ± 0	50 ± 0	58.3 ± 8.3	71.2 ± 8.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98'	62.9 ± 8.4	82.8 ± 2.8	88.1 ± 0.6	88.6 ± 2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	87.3 ± 1.5	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98'	68.5 ± 6.5	80 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tanto en verano-98 como en otoño-98 se tomaron muestras en distintas zonas de colecta. Las muestras de otoño (ambas de 1998) no presentaron diferencias significativas. En cuanto a las dos muestras de verano, no hay evidencia estadísticamente significativa para decir que son iguales entre sí. Si se disminuye el nivel de confianza en la prueba Wilcoxon a $p=0.10$ resulta que las 2 muestras de verano son iguales. El análisis estadístico indica que, aunque es una esponja que presenta variación estacional, la variación entre transectos o zonas de colecta puede ser igual de importante.

En la tabla 13 se puede observar que entre las dos muestras de verano (verano-98 y verano-98') sí hay diferencia significativa con la prueba Tukey; pero no en las dos muestras de otoño (otoño-98 y otoño-98'). Si se hace una comparación entre transectos y estaciones del año, se observa que hay diferencias entre zonas de colecta (verano-98 y verano-98') y entre estaciones del año (verano-98 y otoño-98', verano-98 y otoño-98, verano-98' y otoño-98), pero también sucede lo contrario: que no haya diferencias entre zonas de colecta (otoño-98 y otoño-98') ni entre estaciones (verano-98' y otoño-98'). En este caso, se puede decir que efectivamente hay una variación estacional, sin embargo la variación entre transectos es de la misma magnitud que la estacional.

Tabla 13. Resultados de la prueba estadística Tukey entre zonas de colecta y estaciones del año de la esponja *Mycale caecilia*.

Comparación entre:	Resultado de la prueba Tukey (95%)
Verano-98 y verano-98'	S.
Otoño-98 y otoño-98'	N.S.
Verano-98 y otoño-98'	S.
Verano-98' y otoño-98'	N.S.
Verano-98 y otoño-98	S.
Verano-98' y otoño-98	S.

S. significativo N.S. no significativo

Demospongiae-3

Esta esponja produce compuestos antibióticos para *Bacillus subtilis* únicamente en invierno de 1997, esto significa una variación en el tipo de compuestos que produce. Al igual que la anterior (*Mycale caecilia*) presenta una fuerte variación entre zonas de colecta; en otoño de 1997 y en uno de los transectos de invierno de 1997 se encontraron porcentajes de mortalidad de *Artemia salina* del 100% (tabla 14: invierno-97'). Sin embargo, en el otro transecto de invierno de 1997 los valores de mortalidad de *Artemia salina* fueron bajos; 10.5% en la concentración más alta probada (tabla 14: invierno-97).

Tabla 14. Resultados de los bioensayos con la esponja Demospongiae-3. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	MI	MI	MI	0	0	0	0	0	0
Invierno-97	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	10.5 ± 0.5	0	0	0	0	0	0	14.5	17.5	19
Invierno-97'	59.9 ± 4.3	76.3 ± 1.3	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	16.5	16.5	17.5

MI = muestra insuficiente

En la tabla 15 se pueden observar los resultados de las pruebas de comparación múltiple entre zonas de colecta y estaciones del año para esta esponja. Entre zonas de

colecta (invierno-97 e invierno-97') hay diferencias significativas. Si se compara cada una de las muestras de invierno (97 y 97') con otoño-97, en una ocasión hay diferencias significativas y en otra no: Entre otoño-97 e invierno-97 hay una diferencia significativa, sin embargo, entre otoño-97 e invierno-97' (colectada en otra zona) no hay diferencias significativas. Por lo tanto esta esponja presenta una variación en la producción de compuestos bioactivos entre zonas de colecta y entre estaciones.

Tabla 15. Resultados de la prueba estadística Tukey entre zonas de colecta y estaciones del año de la esponja *Demospongiae-3*.

Comparación entre:	Resultado de la prueba Tukey (95%)
Otoño-97 e invierno-97	S.
Otoño-97 e invierno-97'	N.S.
Invierno-97 e invierno-97'	S.
S. significativo	N.S. no significativo

Tedania nigrescens

Esta esponja presenta diferencias significativas entre todas las estaciones en las que se recolectó: De invierno-97 a primavera-98 y de primavera-98 a otoño-98. En la tabla 16 se aprecia que la mayor bioactividad se encontró en invierno-97 en donde el extracto en su mayor concentración causa un porcentaje de mortalidad de 100 en *Artemia salina* y es la única época del año en donde se encontraron compuestos antibacterianos para *Bacillus subtilis*. Esto significa que no solo aumenta su bioactividad en invierno de 1997 sino que su espectro de acción se amplía ya que es bioactivo para diferentes organismos (inhibe el crecimiento bacteriano y es tóxico para *Artemia salina*). Lo anterior puede deberse, muy probablemente, a la concentración de compuestos bioactivos que produce esta especie.

Tabla 16. Resultados de los bioensayos con la esponja *Tedania nigrescens*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	3.5 ± 3.5	4.5 ± 4.5	18.2 ± 3.9	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	17.0	18.5	19.2
Primavera-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	42.2 ± 2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Leucetia losangelensis

No se encontraron compuestos bioactivos para bacterias, sin embargo se puede observar en la tabla 17 que los compuestos que causan mortalidad en *Artemia salina* tienen una variación estacional (significativa). El máximo de bioactividad (100% de mortalidad de *Artemia salina* en las cuatro concentraciones de prueba) se alcanzó en otoño-98 y el mínimo en verano-98 (intervalo de 0 a 8.3 % de mortalidad). Aunque en primavera, al igual que en otoño de 1998, se encontraron porcentajes de mortalidad del 100%, se descarta la posibilidad de que en esta época se haya encontrado el máximo de bioactividad debido a que en las dos concentraciones menores probadas, 0.4 y 0.8 mg/ml de extracto, se encontraron porcentajes de mortalidad en *Artemia salina* de 20 y 58.3 % respectivamente.

Tabla 17. Resultados de los bioensayos con la esponja *Leucetia losangelensis*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	20 ± 0	58.3 ± 8.3	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	8.3 ± 8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Haliclona sp.

En la tabla 18 se pueden observar los resultados de esta esponja que presenta variación estadísticamente significativa entre las estaciones de invierno-97 y verano-98. El máximo de bioactividad se encontró en verano de 1998: 100% de mortalidad en *Artemia salina* en la concentración más alta probada a diferencia de invierno de 1997 en donde la concentración más alta causó un 17.4% de mortalidad. No se contraron compuestos antibióticos en ninguna de las estaciones en las que se colectó esta esponja.

Tabla 18. Resultados de los bioensayos con la esponja *Haliclona* sp. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	2.5 ± 2.5	5.5 ± 5.5	12.7 ± 1.5	17.4 ± 0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	29.2 ± 0.7	60 ± 10	81.2 ± 6.2	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Demospongiae-4

Esta esponja no presenta una diferencia significativa entre invierno de 1997 y verano de 1998 al nivel de confianza que se ha estado probando, es decir al 95%. Sin embargo, con un 90% de confianza se puede decir que si hay diferencias estadísticamente significativas entre invierno-97 y verano-98. En la tabla 19 se puede observar que en invierno de 1997 la bioactividad máxima para *Artemia salina* es del 29.0% a diferencia de verano de 1998 en donde se tiene un porcentaje de mortalidad de 100 desde 0.8 mg/ml, la segunda concentración más baja. El hecho de que al 95% de confianza no se haya encontrado diferencia se debe a las limitaciones de la prueba: No hay herramientas estadísticas para aseverar con un 95% de confianza que haya diferencias debido a que esta esponja solo aparece en dos estaciones del año y a que se

tienen únicamente tres réplicas. Además, lo ideal es comparar entre cada estación o entre dos estaciones continuas debido a que hay esponjas que tienen máximos y mínimos a lo largo de un ciclo anual. Si se compara entre dos máximos o dos mínimos el resultado será que no hay variación. No se encontraron compuestos antibióticos para ninguna de las bacterias de prueba ni en invierno de 1997 ni en verano de 1998.

Tabla 19. Resultados de los bioensayos con la esponja *Demospongiae-4*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	9.1 ± 0.8	9.8 ± 2.6	15.4 ± 3.6	29.0 ± 4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tethya aurantia

A un nivel de confianza del 95%, la prueba Wilcoxon indica que no hay evidencia significativa para aceptar o rechazar la hipótesis de que hay una variación en la producción de compuestos bioactivos. Sin embargo, al disminuir el nivel de confianza a un 90%, se puede decir que hay evidencia significativa para decir que entre verano-98 y otoño-98 *Tethya aurantia* presenta diferencias en la producción de compuestos bioactivos para *Artemia salina* (tabla 20). En el caso de que haya una variación en la producción de compuestos bioactivos por *Tethya aurantia* de verano a otoño de 1998, esta es menor que la variación estacional de las esponjas que al 95% de confianza indican diferencias significativas. No se encontraron antibióticos en ninguna concentración probada y para ningún organismo de prueba.

Tabla 20. Resultados de los bioensayos con la esponja *Tethya aurantia*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	33.3 ± 0	53.5 ± 3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	38.8 ± 5.5	60 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Demospongiae-5

Esta esponja presenta diferencias significativas en la producción de compuestos bioactivos para *Artemia salina* entre primavera-98 y verano-98. En la tabla 21 se puede observar que no se encontraron compuestos antibacteriales en ninguna de las dos estaciones muestreadas. El máximo de mortalidad de *Artemia salina* (53.5%) se encontró en verano de 1998 en la concentración de 2.4 mg/ml de extracto, la más alta probada. Si se compara este valor con el valor de mortalidad en *Artemia salina* del 100% de otras esponjas a esta misma concentración, se puede decir que la potencia y/o la concentración de los compuestos bioactivos de esta esponja es menor.

Tabla 21. Resultados de los bioensayos con la esponja *Demospongiae-5*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	25 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	28.7 ± 8.7	35.4 ± 2.0	43.7 ± 6.2	53.5 ± 3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A continuación se trata a la esponja *Demospongiae-6* que se presentó en primavera de 1998 y a *Dysidea fragilis* que apareció en verano de 1998. Ambas fueron

colectadas en diferentes zonas en la estación del año en la que se muestreo, con base a esto, se determinó si existe una variación entre zonas de colecta.

Demospongiae-6

A esta esponja no se le determinó la variación estacional debido a que se recolectó únicamente en Primavera-98, con base en los resultados de mortalidad de *Artemia salina*, se encontró que no presenta variación significativa en la cantidad de compuestos bioactivos que produce para este organismos de prueba entre transectos (tabla 22).

Tabla 22. Resultados de los bioensayos con la esponja Demospongiae-6. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	88.8 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98'	0 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dysidea fragilis

Al igual que la esponja anterior, *Dysidea fragilis* sólo se recolectó en una estación del año (tabla 23), aunque los resultados con *Artemia salina* indican que no hay diferencia estadísticamente significativa entre zonas de muestreo, los resultados con bacterias indican que sí hay diferencia en la calidad de compuestos bioactivos ya que en verano-98' se encontraron compuestos bacteriostáticos para *Bacillus subtilis*.

Tabla 23. Resultados de los bioensayos con la esponja *Dysidea fragilis*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Verano-98	67.5 ± 3.8	73.2 ± 1.7	74.2 ± 7.5	91.6 ± 3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98'	56.3 ± 0.7	63.3 ± 3.3	73.3 ± 6.6	91.6 ± 8.3	0	0	0	0	0	0	0	7 ^B	7 ^B

B= Compuestos bacteriostáticos

3.1.2 CLASE ASCIDIACEA

Ascidiacea-1

Este tunicado no presenta bioactividad para *Artemia salina*, en la tabla 24 se puede observar que en ninguna de las cuatro concentraciones probadas tiene un efecto en dicho crustaceo. Sin embargo en verano de 1998 se detectó, en la concentración más alta suministrada, un compuesto bacteriostático para *Bacillus subtilis*. Esto sugiere que hay una diferencia en cuanto al tipo de compuestos que produce este tunicado.

Tabla 24. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-1. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.5 ^B

B= Compuestos bacteriostáticos

Ascidiacea-2

No se encontró diferencia significativa en la producción de compuestos tóxicos para *Artemia salina* entre invierno-97 y verano-98 por este tunicado. En la tabla 25 se puede observar que en las dos concentraciones más altas probadas en ambos casos se tiene un porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* del 100%. Sin embargo, aunque la variación no es estadísticamente significativa, hay compuestos más efectivos en primavera de 1998 ya que desde la concentración de extracto más baja probada (0.4 mg/ml) se tiene un porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* del 95%. En ninguna de las dos épocas en que se muestreó se encontraron compuestos que tuvieran algún efecto en las bacterias de prueba.

Tabla 25. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-2. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	0 ± 0	34.8 ± 1.5	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	95.0 ± 5.0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ascidiacea-3

En este tunicado no se encontró diferencia significativa entre zonas de muestreo, tabla 26: otoño-98 y otoño-98', ya que los valores de mortalidad son muy similares (en una zona de colecta se tiene un intervalo de mortalidad de 0 a 35.7% y en otra de 0 a 40.1%). Tanto de invierno-97 a primavera-98 como de primavera-98 a otoño-98 se encontró una variación significativa en la producción de compuestos bioactivos. No se encontraron compuestos antibacterianos en ninguna estación del año.

Tabla 26. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-3. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	Artemia salina				Proteus vulgaris			S. epidermidis			Bacillus subtilis		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	27.5 ± 5.7	50.7 ± 6.1	53.5 ± 3.5	75.7 ± 4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	35.7 ± 7.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98'	0 ± 0	0 ± 0	13.3 ± 0.8	40.1 ± 2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

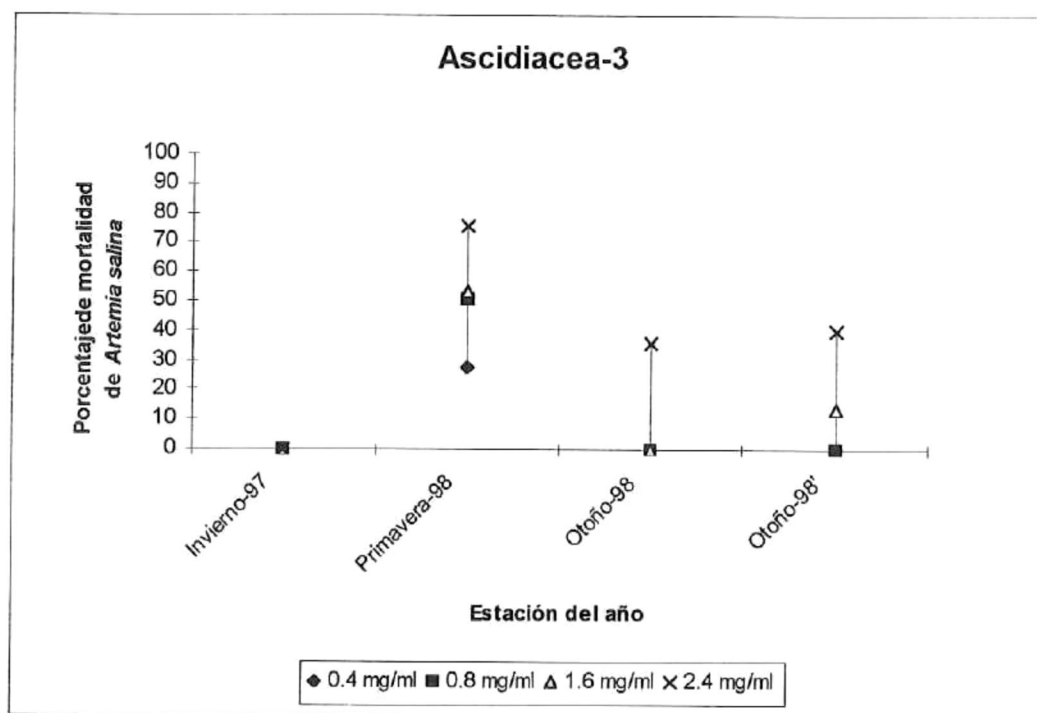


Figura 8. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-3 en diferentes épocas del año. Porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto. Otoño-98 y otoño-98' corresponden a muestras de la misma estación del año pero de diferentes transectos.

En la figura 8 se puede observar el comportamiento de bioactividad de este organismo contra *Artemia salina*. Este tunicado presenta una variación estacional en la cantidad de compuestos bioactivos que produce, tóxicos para *Artemia salina*.

Ascidacea-4

En primavera de 1998 este tunicado se recolectó en las tres zonas de muestreo, los resultados demuestran que hay diferencias entre zonas de colecta: La muestra del transecto primavera-98 resultó ser estadísticamente diferente a las otras dos muestras de primavera (tabla 27: primavera-98, primavera-98' y primavera-98"). Independientemente de la variación entre zonas de colecta, la variación estacional es mayor, ya que se detectaron diferencias estadísticamente significativas al comparar cada uno de los transectos de primavera-98 con invierno-97 y otoño-98. En esta tabla se puede observar que en primavera de 1998 se encontraron los niveles más altos de bioactividad, mientras que en otoño-98 no se detectó bioactividad en ninguna concentración probada y para ningún organismo de prueba.

Este tunicado produce diferentes compuestos ya que únicamente en invierno de 1997 produce antibióticos contra *Bacillus subtilis* (tabla 27). Es obvio que se trata de otro tipo de compuestos debido a que invierno no es la estación del año en que se produjeron más compuestos bioactivos para *Artemia salina*. Cuando disminuye la producción de los compuestos bioactivos contra *Artemia salina* aumenta la producción de antimicrobianos.

Tabla 27. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-4. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	22.6 ± 5.9	25 ± 0	34.8 ± 1.5	46.4 ± 0.2	0	0	0	0	0	0	9.5	11.0	12.0
Primavera-98	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98*	69.0 ± 2.3	69.0 ± 2.3	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98"	14.2 ± 4.2	75 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ascidiacea-5

Este tunicado presenta variación entre todas las estaciones del año muestreadas. Entre otoño-97 y otoño-98 no hay diferencia estadísticamente significativa ya que en ambas colectas el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* es alto: 100% en la concentración más alta probada (2.4 mg/ml). En la tabla 28 se puede observar que en verano-98 no se encontraron compuestos bioactivos para ninguno de los organismos de prueba. Lo anterior no necesariamente significa que este tunicado no haya producido compuestos bioactivos en verano de 1998, probablemente se produjeron en concentraciones tan pequeñas que no fueron detectadas.

Tabla 28. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-5. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	9.7 ± 2.0	13.7 ± 1.2	100 ± 0	100 ± 0	MI	MI	MI	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	21.5 ± 3.4	61.9 ± 4.7	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ascidiacea-6

Esta especie presenta diferencias estadísticamente significativas entre estaciones del año (tabla 29; otoño-97 a primavera-98 y de primavera-98 a otoño-98). Entre otoño-97 y otoño-98, diferentes años, también hay diferencias estadísticamente significativas con respecto a la toxicidad para *Artemia salina*. En cuanto a las pruebas bacteriológicas; en otoño-98 se registró la mayor bioactividad de este tunicado, ya que presentó compuestos bactericidas para *Bacillus subtilis* y bacteriostáticos para *Proteus vulgaris* y *Staphylococcus epidermidis*. Con base en lo anterior no se puede asegurar que haya una variación en el tipo de compuestos que se produjeron en otoño de 1998; aunque sólo en esta época del año hay compuestos bioactivos para bacterias, coincide con los máximos de bioactividad para *Artemia salina*. Esto puede significar que la antibiosis se debe a la concentración de compuestos bioactivos producidos.

Tabla 29. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-6. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Otoño-97	16.8 ± 2.5	27.7 ± 2.7	31.6 ± 1.6	40.6 ± 2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	0 ± 0	0 ± 0	10.4 ± 2.0	14.2 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	10.5 ^B	12.5 ^B	15.0 ^B	8.0 ^B	9.7 ^B	12.0 ^B	10.2	15.2	16.0

B= Compuestos bacteriostáticos

Ascidiacea-7 que utiliza como sustrato a *Rhizophora mangle*

No se encontró una variación estacional en esta especie en la producción de compuestos bioactivos para *Artemia salina* de primavera-98 a verano-98. Sin embargo, en verano-98, donde hay un porcentaje menor de mortalidad de *Artemia salina* (aunque no sea significativamente diferente), se encuentran compuestos antibacterianos que inhiben a las tres bacterias de prueba y en las tres dosis aplicadas (tabla 30). Lo anterior significa que se producen compuestos diferentes entre una estación del año y otra, lo que

significa que sí hay una variación en la producción de compuestos bioactivos. Este comportamiento es similar al del tunicado Ascidiacea-4.

Tabla 30. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-7 que utiliza como sustrato a *Rhizophora mangle*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	5.5 ± 5.5	23.6 ± 3.6	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	47.2 ± 2.7	58.3 ± 8.3	11	18.5	18.7	21.2	21.7	22.7	12.0	14.2	15.7

Debido a que este organismo utiliza como sustrato a *Rhizophora mangle* se probó la bioactividad del mangle y resultó que no es bioactivo para ninguno de los organismos de prueba. Lo anterior indica que los compuestos bioactivos encontrados son producidos específicamente por el tunicado Ascidiacea-7.

Ascidiacea-7 que utiliza como sustrato a *Sargassum sinicola*

Entre primavera-98 y verano-98 se encontraron diferencias significativas en la cantidad de compuestos bioactivos para *Artemia salina*. En primavera de 1998 se encontró un intervalo de mortalidad en *A. salina* de 29.1% en la menor concentración de prueba a 100% en la concentración más alta probada y no se encontraron sustancias antibióticas para ninguna de las bacterias de prueba. En verano de 1998 no se detectó bioactividad para *Artemia salina*, sin embargo, se encontraron compuestos bactericidas para las bacterias grampositivas; *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis*. Nuevamente se observa el comportamiento inversamente proporcional entre la antibiosis y la toxicidad en *Artemia salina*.

En la tabla 31 se observa que cuando no hubo bioactividad en *Artemia salina*, se encontraron compuestos que inhibieron a *B. subtilis* y a *S. epidermidis*. Esto indica que

los compuestos que produce este tunicado en primavera y en verano de 1998 son diferentes.

Tabla 31. Resultados de los bioensayos con el tunicado Ascidiacea-7 que utiliza como sustrato a *Sargassum sinicola*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	29.1 ± 4.1	63.3 ± 3.3	86.6 ± 0.8	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	15.2	15.7	16.2	8.5	11.0	11.7

Se realizaron pruebas de bioactividad con *Sargassum sinicola*. No se detectó una variación en esta especie, sin embargo esta alga tiene compuestos bioactivos. En la tabla 32 se puede observar que en primavera-98 alcanza una bioactividad hasta del 100% de mortalidad en *Artemia salina* y tiene compuestos que inhiben el crecimiento de *Staphylococcus epidermidis*. En verano-98 disminuye la bioactividad, aunque no es significativa. El hecho de que en verano no se hayan detectado compuestos antibacterianos puede ser debido a que no se hayan producido o si se produjeron su concentración fué tan baja que no se detectaron.

Tabla 32. Resultados de los bioensayos con el alga parda *Sargassum sinicola*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	0 ± 0	0 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	15.0	15.0	17.0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	8.39 ± 0.7	11.8 ± 0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Si se compara el comportamiento del tunicado Ascidiacea-7 que habita sobre una raíz de mangle (tabla 30) que no produce compuestos bioactivos con el mismo tunicado que habita sobre *Sargassum sinicola* que sí los produce (tabla 31), se puede notar que en

primavera-98 no hay una gran variación en los resultados de bioactividad entre el mismo tunicado que habita en diferentes sustratos. Sin embargo, en verano-98 si hay diferencia significativa, es factible que el tunicado blanco asociado a *Sargassum sinicola* produzca menos compuestos bioactivos porque aproveche que esta alga los produce (tabla 32). Lo anterior es incierto ya que *Sargassum sinicola* produce compuestos tóxicos para *Artemia salina* en bajas concentraciones, y el tunicado que lo utiliza como sustrato produce antimicrobianos al disminuir la producción de tóxicos para *A. salina*. Lo anterior, es una característica común en varios de los tunicados que se tratan en este trabajo, lo que sugiere que probablemente esta tendencia es resultado únicamente del tunicado independientemente del sustrato en el que se encuentre.

3.1.3 CLASE HOLOTHUROIDEA

Cucumaria miniata

Para esta especie, no se registró una diferencia significativa entre ninguna de las estaciones del año, sin embargo en invierno-97 se encontraron compuestos bacteriostáticos (puede ser uno o varios) para *Bacillus subtilis* en las dos concentraciones más altas de prueba (tabla 33). Esto puede deberse a la cantidad de compuestos que se produjeron (y no a que sean diferentes compuestos) ya que en invierno-97 se registraron los porcentajes más altos de mortalidad para *Artemia salina*.

Tabla 33. Resultados de los bioensayos con el pepino de mar *Cucumaria miniata*. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	25.0 ± 0	26.7 ± 1.7	52.0 ± 2.0	89.9 ± 2.4	0	0	0	0	0	0	0	10.0 ^B	11.5 ^B
Primavera-98	0 ± 0	32.5 ± 7.5	43.5 ± 13.5	46.4 ± 3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	4.5 ± 0.1	19.6 ± 1.4	59.6 ± 11.8	65.6 ± 9.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Holothuroidea-1

No se registró una diferencia significativa en la cantidad de compuestos tóxicos para *Artemia salina* entre invierno-97 y primavera-98 (tabla 34) al nivel de confianza que se ha estado probando (95%); el máximo de bioactividad contra *Artemia salina* se registró en primavera de 1998 (40.0% en la concentración más alta probada) En general, la bioactividad de esta especie es baja en comparación con la especie anterior, *Cucumaria miniata* que en invierno de 1997 ocasiona un 89.9% de mortalidad en *Artemia salina* en la concentración de 2.4 mg/ml de extracto probado. No se encontraron compuestos bioactivos para alguna de las bacterias de prueba ni en invierno de 1997 ni en primavera de 1998.

Tabla 34. Resultados de los bioensayos con el pepino de mar Holothuroidea-1. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	0 ± 0	0 ± 0	8.8 ± 2.2	9.5 ± 0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primavera-98	0 ± 0	25.0 ± 0	30.3 ± 3.0	40.0 ± 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Holothuroidea-2

Entre primavera y verano si hay diferencias significativas en la producción de compuestos bioactivos para *Artemia salina*. Sin embargo, no hay un cambio significativo entre verano y otoño de 1998 ya que esta especie no presentó bioactividad para ninguno de los organismos de prueba. Esto se puede observar en la tabla 35; en primavera de 1998 se encontró la bioactividad máxima para *Artemia salina*; un 41.6% de mortalidad en la concentración más alta probada y en verano y otoño de 1998 no se encontró bioactividad en ninguna concentración. Si se produjeron compuestos bioactivos en estas estaciones del año, la concentración fué tan baja que no se detectaron.

Tabla 35. Resultados de los bioensayos con el pepino de mar *Holothuroidea*-2. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	26.1 ± 1.1	30.9 ± 0.9	33.3 ± 0	41.6 ± 8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otoño-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.1.4 CLASES MIXTAS

Stelleroidea-1

Esta estrella no presentó diferencias significativas entre invierno de 1997 y primavera de 1998 en cuanto a los bioensayos con *Artemia salina*. Sin embargo en invierno-97 cuando la bioactividad para *Artemia salina* es menor, 32.0% a diferencia de primavera cuyo máximo porcentaje de mortalidad fue de 85.7 (ambos en la concentración más alta probada; 2.4 mg/ml), se detectaron compuestos bacteriostáticos para *Bacillus subtilis* en las tres concentraciones de prueba (tabla 36). Lo anterior indica que el tipo de compuestos es diferente. Este comportamiento es similar al de algunos tunicados que al producir compuestos que tienen algún efecto en bacterias disminuyen la producción de compuestos tóxicos para *Artemia salina*.

Tabla 36. Resultados de los bioensayos con la estrella de mar *Stelleroidea*-1. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	19.0 ± 0.9	28.6 ± 1.3	30.6 ± 5.6	32.0 ± 1.2	0	0	0	0	0	0	8.0 ^B	9.5 ^B	10.5 ^F
Primavera-98	0 ± 0	15.0 ± 5.0	26.6 ± 6.6	85.7 ± 14.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B= Compuestos bacteriostáticos

Anthozoa: *Anthopleura* sp.

Para esta especie de anémona se detectó una variación significativa tanto en calidad como en cantidad entre invierno-97 y primavera-98. En la tabla 37 se puede observar que en invierno de 1997, cuando hay una menor producción de compuestos bioactivos para *Artemia salina*, se producen compuestos bacteriostáticos para *Bacillus subtilis*; esto indica variación en la calidad de los compuestos bioactivos que produce *Anthopleura* sp. Entre primavera-98 y verano-98 no hubo diferencias significativas (tabla 37) en la cantidad de compuestos producidos, bioactivos para *Artemia salina*.

Tabla 37. Resultados de los bioensayos con la anémona *Anthopleura* sp. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Invierno-97	0 ± 0	3.84 ± 3.8	18.8 ± 1.1	26.7 ± 6.7	0	0	0	0	0	0	10.3 ^a	12.3 ^b	13.2 ^c
Primavera-98	18.3 ± 1.6	18.3 ± 1.6	27.7 ± 5.5	60.7 ± 10.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	11.8 ± 0.6	21.9 ± 5.3	51.4 ± 8.5	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B= Compuestos bacteriostáticos

Rodophyta-1

Esta alga calcárea no presenta diferencias significativas entre estaciones del año, sin embargo es importante saber que en la comunidad donde habitan los animales que producen compuestos bioactivos también hay representantes de la flora que los producen. En la tabla 38 se puede observar que en la concentración más alta de prueba, en primavera-98 y verano-98 se obtiene un porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* del 100%. Esta alga presenta una bioactividad mayor que algunos de los animales bentónicos que se trataron en esta sección.

Tabla 38. Resultados de los bioensayos con el alga calcárea Rodophyta-1. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Primavera-98	6.3 ± 0.7	8.7 ± 0.3	81.8 ± 3.5	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verano-98	0 ± 0	28.5 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Las especies que únicamente se encontraron en una estación del año, a las cuales no se les pudo determinar la variación estacional, se presentan en el anexo 2.

3.1.5 Compuestos bioactivos que aumentan el crecimiento bacteriano

En las secciones anteriores se trató a los compuestos que causaron mortalidad en *Artemia salina* o bien compuestos que inhibieron el crecimiento de al menos una de las bacterias de prueba. Cabe mencionarse que los organismos que producen compuestos bioactivos que dañan a otros organismos también producen compuestos que los atraen o que los favorecen; este es el caso de ciertos compuestos que promueven el crecimiento bacteriano. En la tabla 39 se puede observar que algunos organismos producen alomonas en ciertas épocas del año; sustancias con ventajas adaptativas para el productor (Whittaker y Fenny, 1971). Las alomonas encontradas en este estudio favorecen el crecimiento bacteriano.

En primavera (1998) un mayor número de organismos produjeron compuestos que atraen o promueven el crecimiento de bacterias. La causa principal por la que estos organismos producen dichas sustancias es quizá la de alimentación ya que todos ellos, pertenecientes a las clases Demospongiae y Ascidiacea, son filtradores y se alimentan de bacterias. Otra razón altamente probable y estrechamente relacionada con la anterior es la de optimizar el proceso de obtención de biomasa. Esto con base en:

- Asimov (1979) que menciona que una esponja antes de que pueda obtener alimento suficiente para subir 28 g de peso debe filtrar una tonelada de agua.

- Hickman *et al.* (1990) mencionan que se ha comprobado que algunas esponjas grandes llegan a filtrar 1500 litros de agua diariamente.
- En casos extremos las bacterias ocupan más del 40% del volumen de los tejidos de la esponja (Fusetani y Matsunaga, 1993).

El hecho de que existe una variación en la calidad de metabolitos secundarios bioactivos se corrobora una vez más con la producción de alomonas que favorecen el crecimiento bacteriano; ya que fueron producidas en ciertas épocas del año y por ciertos organismos.

Tabla 39. Organismos que producen sustancias que promueven el crecimiento bacteriano en ciertas épocas del año.

ESPECIE	<i>Proteus vulgaris</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
Otoño 1997			
<i>Hymeniacidon sinapium</i>			F.C.B
<i>Axocelita originales</i>			F.C.B
<i>Chondrilla nucula</i>		F.C.B.	
Ascidacea-6			F.C.B
Invierno 1997			
<i>Hymeniacidon sinapium</i>			F.C.B
Primavera 1998			
<i>Delautenfelsia raromicrosclera</i>	F.C.B		F.C.B
<i>Tedania nigrescens</i>	F.C.B		
<i>Leucetta losangelensis</i>		F.C.B	
Demospongiae-5	F.C.B		
Demospongiae-6	F.C.B	F.C.B	F.C.B
Ascidacea-1	F.C.B		F.C.B
Ascidacea-7	F.C.B		
Verano 1998			
<i>Hymeniacidon sinapium</i>	F.C.B		
<i>Axocelita originales</i>	F.C.B		F.C.B
<i>Lissodendoryx albemarlensis</i>			F.C.B
Ascidacea-5	F.C.B		F.C.B
Otoño 1998			
Ascidacea-5	F.C.B	F.C.B	

F.C.B Favorece el crecimiento bacteriano.

Únicamente en las clases Demospongiae y Ascidiacea se encontraron especies con compuestos que aumentan el crecimiento bacteriano: *Proteus vulgaris* y *Bacillus subtilis* son las bacterias más sensibles para la detección de alomonas que favorecen la proliferación de bacterias, cada una de estas bacterias de prueba resultó positiva en 10 ocasiones a diferencia de *Staphylococcus epidermidis* que fué positiva 4 veces. La bacteria más sensible a los compuestos antibacterianos producidos por los organismos bentónicos de Santispac, BCS es *Bacillus subtilis* ya que el bioensayo con esta bacteria dió positivo en 20 ocasiones, comparativamente *Proteus vulgaris* al igual que *Staphylococcus epidermidis* dió positivo en 12 ocasiones.

La mayoría de los organismos estudiados presentan diferencias estadísticamente significativas en la producción de compuestos bioactivos a través del tiempo, en la tabla 40 se puede observar el número de máximos de bioactividad para cada clase (Demospongiae, Ascidiacea y Holothuroidea) en las diferentes estaciones en que se muestreó (otoño e invierno de 1997 y primavera, verano y otoño de 1998).

Tabla 40. Número de máximos de bioactividad en las clases Demospongiae, Ascidiacea y Holothuroidea. Bioactividad evaluada en las diferentes estaciones del año en a) *Artemia salina* y en b) bacterias.

	Otoño 1997	Invierno 1997	Primavera 1998	Verano 1998	Otoño 1998
a) <i>Artemia salina</i>					
Clase Demospongiae	3	3	3	5	6
Clase Ascidiacea	0	0	5	0	2
Clase Holothuroidea	1	0	2	0	0

	Otoño 1997			Invierno 1997			Primavera 1998			Verano 1998			Otoño 1998		
b) Bacterias	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>
Clase Demospongiae	5	3	2	0	1	6	0	0	0	1	1	1	3	3	3
Clase Ascidiacea	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1 ^B	1 ^B	1
Clase Holothuroidea	0	0	1 ^B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

P.v = *Proteus vulgaris*

S.e = *Staphylococcus epidermidis*

B.s = *Bacillus subtilis*

En otoño de 1998 se encuentran más organismos pertenecientes a la clase Demospongiae con máximos de bioactividad para *Artemia salina* (hasta 100% de mortalidad en las cuatro concentraciones de extracto probadas), verano de 1998 es la segunda estación con mayor número de máximos. Esto coincide con lo reportado por Turon y colaboradores en 1995 que encuentran que la esponja marina *Crambe crambe* presenta máximos de toxicidad, evaluada en la bacteria marina *Photobacterium phosphoreum*, en verano y otoño. En las otras épocas del año la producción de compuestos bioactivos por organismos pertenecientes a esta clase se mantiene estable y en menor proporción que en verano y otoño de 1998.

El hecho de que en otoño de 1997 no se haya registrado un número sobresaliente de máximos de toxicidad para *Artemia salina* se debió probablemente a que en otoño de 1997 había condiciones niño. Esto no afectó la producción de compuestos antibacterianos por las esponjas, ya que otoño de 1997 y otoño de 1998 son las estaciones del año en que se produjeron más compuestos de este tipo. El fenómeno del Niño 1996-1997 que ocasiona un aumento en la temperatura del agua (Suárez-González y Reyes-Bonilla, 1999) está asociado a la proliferación de bacterias (Green *et al.*, 1985), quizá esta es la razón por la que en otoño de 1997 (y no en otoño de 1998) se encontró una mayor producción de antimicrobianos y alomonas que atraen a las bacterias y aumentan su crecimiento, es decir fomentan su proliferación (tabla 41): algunas esponjas producen metabolitos para evitar infecciones antibacterianas o descomposición y otras los producen para alimentarse aprovechando la disponibilidad de bacterias en el medio.

Tabla 41. Ocasiones en las que se detectó la producción de sustancias que promueven el crecimiento bacteriano, por organismos pertenecientes a las clases Demospongiae y Ascidiacea, en diferentes estaciones del año.

	Otoño 1997			Invierno 1997			Primavera 1998			Verano 1998			Otoño 1998		
Bacterias	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>	<i>P.v</i>	<i>S.e</i>	<i>B.s</i>
Clase Demospongiae	0	1	2	0	0	1	4	2	2	2	0	2	0	0	0
Clase Ascidiacea	0	0	1	0	0	0	2	0	1	1	0	1	1	1	0

P.v = *Proteus vulgaris*

S.e = *Staphylococcus epidermidis*

B.s = *Bacillus subtilis*

Betancourt *et al.* (1998) encontraron una producción máxima de metabolitos antibacterianos, por *Aplysina fistularis*, en los meses de primavera de 1989, también reportaron que la producción de metabolitos antibacterianos es constante para esta esponja. Lo anterior no coincide con lo encontrado en este estudio: Ninguna de los especies con las que se trabajó produce metabolitos antibacterianos continuamente y primavera de 1998 fué la única estación del año en la que no se encontró producción de compuestos antimicrobianos por organismos pertenecientes a las clases Demospongiae, Ascidiacea y Holothuroidea (tabla 40). Por el contrario, en esta época se encontró el número máximo de alomonas para las bacterias de prueba en las clases Demospongiae y Ascidiacea (tabla 41); esto puede deberse a la disponibilidad de alimento en esta estación del año. La clase Holothuroidea no tiene representante que produzcan alomonas.

La mayoría (5 de 6) de los organismos pertenecientes a la clase Ascidiacea presentan máximos de toxicidad para *Artemia salina* en primavera de 1998. En verano de 1998 es cuando se encontró la mayor actividad antibacteriana, esto se debió probablemente a la alta temperatura en verano y a la proliferación de bacterias; es factible que la antibiosis de los tunicados aumente para evitar infecciones bacterianas y/o descomposición, al igual que las esponjas cuyas sustancias antibióticas son un mecanismo defensivo que participa en forma importante en el control de infecciones microbianas (Green, 1977). Los máximos de actividad antibacteriana por parte de la clase Ascidiacea coinciden con los máximos de toxicidad para *Artemia salina* por la clase Demospongiae. Con lo que respecta a la clase Holothuroidea; 2 de 3 organismos de esta clase tienen máximos de toxicidad para *Artemia salina* en primavera de 1998, este comportamiento es similar al de los organismos pertenecientes a la clase Ascidiacea (tabla 40).

Los organismos que presentan variación entre zonas de colecta son minoría; *Mycale caecilia*, la esponja Demospongiae-3 y el tunicado Ascidiacea-4. Esto concuerda con lo propuesto por Harvell y Fenical (1989), mencionan que hay una variabilidad notable con lo que respecta a defensas químicas entre organismos de la misma especie.

Martin y Padilla (1973) mencionan que algunos organismos como el cangrejo *Tachypleus tridentatus* es más tóxico en épocas reproductivas, también mencionan que

factores como fuente de alimento o estacionalidad del suplemento alimenticio pueden ser significativos en la producción de biotoxinas: La estacionalidad en la producción de compuestos bioactivos puede deberse a factores indirectos como la temperatura o a factores directos como el ciclo de vida de los organismos, alimentación y reproducción.

3.2 Estudio Ecológico

3.2.1 Inventario de especies

Con base en las observaciones realizadas en la zona de estudio, se obtuvo un inventario de 65 especies bentónicas: 27 organismos de la clase Demospongiae (esponjas), 8 de la clase Ascidiacea (tunicados), 2 de la Echinoidea (erizos), 3 de la Holothuroidea (pepinos de mar), 2 de la clase Stelleroidea (ofiuro y estrella de mar), 4 de la Anthozoa (coral y anémonas), 7 de la Bivalvia (almejas), 11 algas y *Rizophora mangle* del cual está caracterizada la zona del mangle. De estas 65 especies únicamente 44 aparecen en los transectos de muestreo, las 21 especies restantes se encontraron en zonas de mayor profundidad, en zonas excluidas por los transectos o no se consideraron como es el caso de algunas algas y el mangle. A continuación se presentan, en las tablas 42 y 43, las especies de flora y fauna que fueron identificadas en Santispac, BCS.

Tabla 42. Flora encontrada en Santispac BCS. Listado de especies y clase a la que pertenecen.

Nombre científico	Clase
<i>Chaetomorpha sp.</i>	Chlorophyta
<i>Caulerpa sertularoides</i>	Chlorophyta
<i>Sargassum sinicola</i>	Phaeophyta
<i>Sargassum jhonstoni</i>	Phaeophyta
<i>Spvridia filamentosa</i>	Phaeophyta
<i>Padina durvillaei</i>	Phaeophyta
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	Rhodophyta
<i>Amphiroa beabusi</i>	Rhodophyta
<i>Gelidium pusillum</i>	Rhodophyta
<i>Lithophyllum imitans</i>	Rhodophyta
<i>Melobesia sp.</i>	Rhodophyta

Tabla 43. Fauna encontrada en Santispac, BCS. Listado de especies y clase a la que pertenecen.

Nombre científico	Clase
<i>Dysidea fragilis</i>	Demospongiae
<i>Cliona celata</i>	Demospongiae
<i>Delaubenfelsia raromicrosclera</i>	Demospongiae
<i>Hymeniacidon sinapium</i>	Demospongiae
<i>Haliclona sp.</i>	Demospongiae
<i>Axocelita originales</i>	Demospongiae
<i>Leucetta losangelensis</i>	Demospongiae
<i>Lissodendoryx albemarlensis</i>	Demospongiae
<i>Geodia mesotriaena</i>	Demospongiae
<i>Chondrilla nucula</i>	Demospongiae
<i>Tethya aurantia</i>	Demospongiae
<i>Tedania nigrescens</i>	Demospongiae
<i>Mycale caecilia</i>	Demospongiae
<i>Toxadocia proxima</i>	Demospongiae
<i>Anthopleura sp.</i>	Anthozoa
<i>Phyllactis coccinata</i>	Anthozoa
<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	Anthozoa
<i>Porites californica</i>	Anthozoa
<i>Toxopneustes roseus</i>	Stelleroidea
<i>Strongylocentrotus sp.</i>	Stelleroidea
<i>Ophiothrix spiculata</i>	Stelleroidea
<i>Protothaca grata</i>	Bivalvia
<i>Protothaca asperrima</i>	Bivalvia
<i>Pinna rugosa</i>	Bivalvia
<i>Arca sp.</i>	Bivalvia
<i>Arca pacifica</i>	Bivalvia
<i>Anadara formosa</i>	Bivalvia
<i>Modiolus demmisus</i>	Bivalvia
<i>Anadara sp.</i>	Bivalvia
<i>Cucumaria miniata</i>	Holothuroidea

3.2.2 Análisis general de la comunidad bentónica

Para seleccionar el dendrograma más adecuado para el análisis general de la comunidad bentónica se probaron tres métodos: Vecino más cercano, Promedios Generales no Ponderados (UPGMA) y el de Ward. Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para cada método (tabla 44) y se realizó una prueba de significancia con los coeficientes de correlación de los tres métodos. Aunque no hubo

diferencia significativa entre los tres valores, se seleccionó el método UPGMA debido a que presentó el mayor coeficiente de correlación.

Tabla 44. Métodos probados para realizar el dendrograma del análisis general de la comunidad y sus coeficientes de correlación de Pearson.

Método	Coeficiente de correlación
Vecino más cercano	0.7840
Ward	0.7868
UPGMA	0.8184

El dendrograma del análisis general de la comunidad (figura 9) mostró dos grupos de especies en la línea de corte del 40%; las correspondientes a los tres transectos de otoño de 1997 (T11, T21 y T31 de la figura 9) y el resto de los transectos. Este comportamiento probablemente se debió a los efectos provocados por las condiciones de “El Niño” que prevalecían en otoño de 1997.

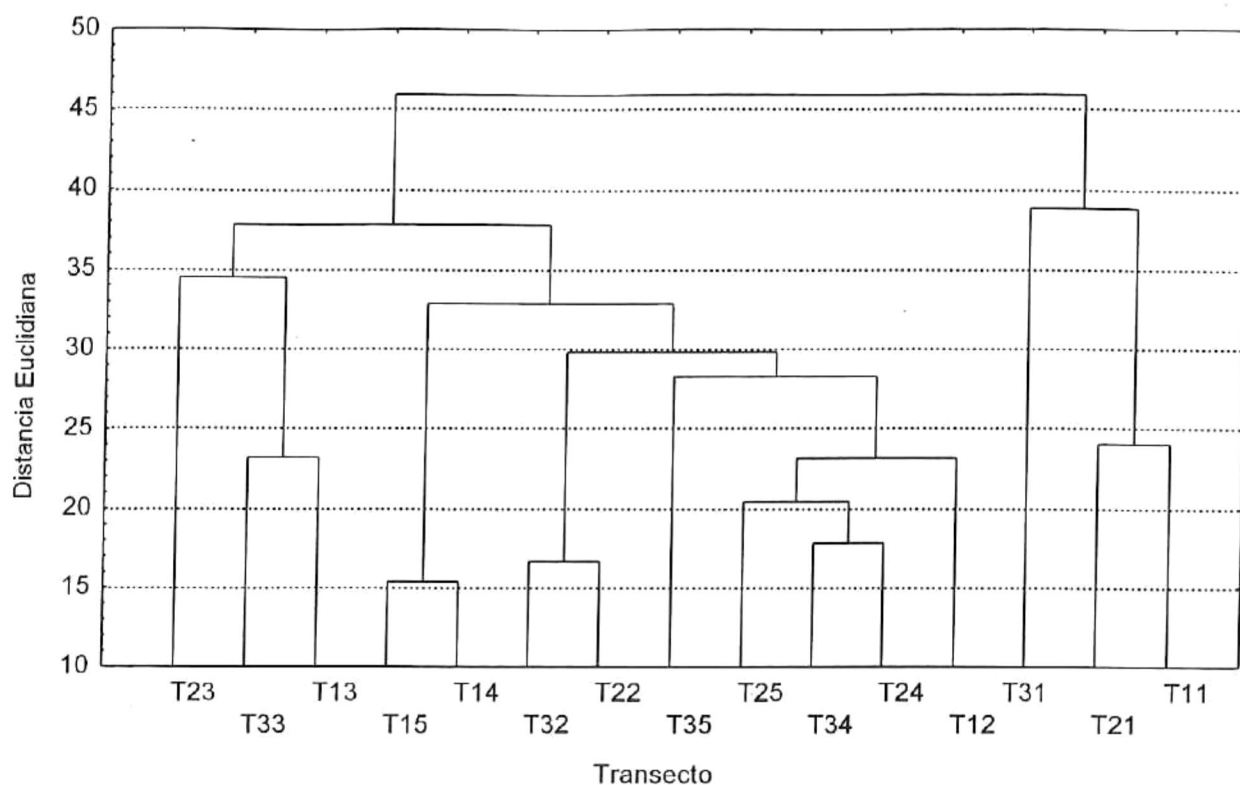


Figura 9. Análisis General de la Comunidad bentónica mediante un dendrograma de abundancia relativa para tres transectos a lo largo de un ciclo anual en Playa Santispac, BCS. Método de Promedios Pareados no Ponderados (UPGMA) con distancias euclidianas. T11: Transecto 1 otoño de 1997; T21: Transecto 2 otoño de 1997; T31: Transecto 3 otoño de 1997; T12: Transecto 1 invierno de 1997; T22: Transecto 2 invierno de 1997; T32: Transecto 3 invierno de 1997; T13: Transecto 1 primavera de 1998; T23: Transecto 2 primavera de 1998; T33: Transecto 3 primavera de 1998; T14: Transecto 1 verano de 1998; T24: Transecto 2 verano de 1998; T34: Transecto 3 verano de 1998; T15: Transecto 1 otoño 1998; T25: Transecto 2 otoño 1998; T35: Transecto 3 otoño de 1998.

Puede observarse que es tanta la variación de la dinámica de la comunidad a lo largo del año, que no hay un patrón definido en los ensamblajes, sin embargo, como se mencionó anteriormente, se puede reconocer que los tres transectos del primer muestreo que corresponden a otoño de 1997 se agrupan.

3.2.3 Riqueza, dominancia y biodiversidad de la comunidad macrobentónica

En primavera los transectos se encontraron completamente cubiertos de *Sargassum sinicola*. El transecto 1 es diferente de los transectos dos y tres en las estaciones de invierno de 1997 y verano y otoño de 1998. Probablemente lo anterior se debió a que en cada una de estas estaciones del año este transecto no presenta grandes variaciones estacionales en cuanto a su elenco de especies; el valor de riqueza es menor para estos tres casos (tabla 45).

Tabla 45. Valores de Riqueza, Dominancia y Diversidad de Simpson para tres transectos en cinco diferentes épocas del año.

Estación	Transecto	Riqueza	Dominancia Simpson	Diversidad Simpson
Otoño 1997	1	10	0.177	5.643
	2	12	0.153	6.538
	3	12	0.207	4.834
Invierno 1997	1	11	0.219	4.557
	2	17	0.131	7.610
	3	14	0.147	6.793
Primavera 1998	1	19	0.116	8.591
	2	12	0.182	5.483
	3	23	0.098	10.165
Verano 1998	1	10	0.243	4.108
	2	10	0.287	3.479
	3	14	0.240	4.170
Otoño 1998	1	13	0.274	3.652
	2	18	0.146	6.845
	3	15	0.176	5.670

En invierno de 1997 y verano y otoño de 1998, el transecto uno presenta una variación mayor con respecto a los transectos dos y tres que a través del tiempo. Esto se puede observar en la tabla 46 donde aparece el porcentaje de importancia biológica para cada uno de los transectos en diferentes estaciones del año. Se consideraron como más importantes aquellas especies cuya suma fuera aproximadamente el 90 % de abundancia relativa y el resto se agrupó en el rubro de otros. En invierno de 1997 y verano y otoño de 1998, *Geodia mesotriaena* es la especie más importante en el transecto uno: 40.0, 39.3 y 39.6% respectivamente. De manera general se puede observar una mayor homogeneidad entre transectos que entre épocas del año.

Tabla 46. Porcentaje de importancia biológica para cada uno de los transectos en diferentes estaciones del año.

ESPECIE	T-1 (%)	ESPECIE	T-2 (%)	ESPECIE	T-3 (%)
Otoño de 1997					
Ascidacea-3	30.0	Ascidacea-3	25.0	<i>Porites californica</i>	40.0
<i>Porites californica</i>	19.0	<i>Phyllactis coccinata</i>	19.0	<i>Toxadocia proxima</i>	13.0
<i>Geodia mesotriaena</i>	13.0	<i>Geodia mesotriaena</i>	17.0	Ascidacea-3	10.0
<i>Toxadocia proxima</i>	13.0	<i>Toxadocia proxima</i>	11.0	<i>Arca sp.</i>	10.0
<i>Phyllactis coccinata</i>	11.0	Demospongiae-3	8.0	<i>Geodia mesotriaena</i>	9.0
<i>Pinna rugosa</i>	6.0	<i>Chondrilla nucula</i>	7.0	<i>Phyllactis coccinata</i>	4.0
Otros	8.0	<i>Arca sp.</i>	5.0	<i>Chondrilla nucula</i>	4.0
		Otros	8.0	Otros	10.0
Invierno de 1997					
<i>Geodia mesotriaena</i>	40.0	<i>Geodia mesotriaena</i>	24.0	<i>Geodia mesotriaena</i>	25.0
<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	13.0	<i>Toxadocia proxima</i>	15.0	<i>Toxadocia proxima</i>	21.0
<i>Porites californica</i>	11.0	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	14.0	<i>Chondrilla nucula</i>	12.0
<i>Protothaca asperima</i>	9.0	<i>Chondrilla nucula</i>	14.0	<i>Porites californica</i>	11.0
<i>Chondrilla nucula</i>	6.0	<i>Lissodendoryx albemarlensis</i>	5.0	Demospongiae-3	9.0
<i>Pinna rugosa</i>	6.0	<i>Protothaca asperima</i>	5.0	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	7.0
Demospongiae-3	6.0	Demospongiae-3	4.0	Ascidacea-3	5.0
Otros	9.0	<i>Clona celata</i>	3.0	Otros	10.0
		<i>Hymeniacidon sinapium</i>	3.0		
		<i>Phyllactis coccinata</i>	3.0		
		Otros	10.0		
Primavera de 1998					
<i>Protothaca asperima</i>	24.7	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	34.2	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	21.0
<i>Geodia mesotriaena</i>	12.8	Ascidacea-3	15.7	<i>Porites californica</i>	11.4
<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	11.9	<i>Geodia mesotriaena</i>	12.5	<i>Protothaca asperima</i>	10.8
<i>Porites californica</i>	8.2	<i>Toxadocia proxima</i>	11.1	<i>Dysidea fragilis</i>	8.9
<i>Mycale caecilia</i>	5.5	<i>Chondrilla nucula</i>	6.5	<i>Geodia mesotriaena</i>	8.9
Demospongiae-8	5.5	<i>Lissodendoryx albemarlensis</i>	5.9	<i>Melobesia sp.</i>	7.0
<i>Haliclona sp.</i>	5.5	Demospongiae-8	3.9	Gusano tubicola	4.4
Gusano tubicola	5.5	<i>Hymeniacidon sinapium</i>	3.9	<i>Ophiorthrix spiculata</i>	3.8
<i>Pinna rugosa</i>	4.5	Otros	6.3	<i>Clona celata</i>	3.1
Anthozoa-1	3.6			Anthozoa-1	3.1
<i>Dysidea fragilis</i>	1.8			Holothuroidea-sp	2.5
Ascidacea-3	1.8			<i>Toxadocia proxima</i>	2.5
Otros	8.7			<i>Hymeniacidon sinapium</i>	2.5
				Ascidacea-3	1.9
				Otros	8.2
Verano de 1998					
<i>Geodia mesotriaena</i>	39.3	<i>Geodia mesotriaena</i>	43.8	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	33.7
<i>Porites californica</i>	25.1	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	25.1	<i>Geodia mesotriaena</i>	30.3
<i>Dysidea fragilis</i>	11.6	<i>Chondrilla nucula</i>	12.9	<i>Porites californica</i>	15.1
<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	7.7	<i>Porites californica</i>	8	<i>Chondrilla nucula</i>	9.5
<i>Pinna rugosa</i>	5.1	Otros	10.2	Ascidacea-3	3
<i>Anadara sp.</i>	3.8			Otros	8.4
Otros	7.4				
Otoño de 1998					
<i>Geodia mesotriaena</i>	39.6	<i>Geodia mesotriaena</i>	28.3	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	30.6
<i>Porites californica</i>	31.7	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	17.5	<i>Geodia mesotriaena</i>	19.0
<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	8.5	<i>Chondrilla nucula</i>	13.3	<i>Melobesia sp.</i>	16.4
<i>Chondrilla nucula</i>	7.3	<i>Porites californica</i>	8.1	<i>Porites californica</i>	9.8
<i>Anadara sp.</i>	4.2	<i>Arca pacifica</i>	5.4	<i>Chondrilla nucula</i>	6.9
Otros	8.7	<i>Mycale caecilia</i>	4.0	Ascidacea-5	4.3
		<i>Hymeniacidon sinapium</i>	4.0	<i>Toxadocia proxima</i>	2.8
		Demospongiae-1	2.7	<i>Dysidea fragilis</i>	2.6
		<i>Melobesia sp.</i>	2.7	Otros	7.6
		<i>Toxadocia proxima</i>	2.7		
		Otros	11.3		

T-1: Transecto 1

T-2: transecto 2

T-3: Transecto 3

Al determinar los valores de biodiversidad y dominancia de Simpson se observa que la época del año en la que existe una mayor biodiversidad es en primavera de 1998, que corresponde a valores de dominancia de Simpson menores. Los valores de dominancia más altos corresponden al transecto dos en verano de 1998, indicando que es cuando existe la menor biodiversidad (figura 10, tabla 45).

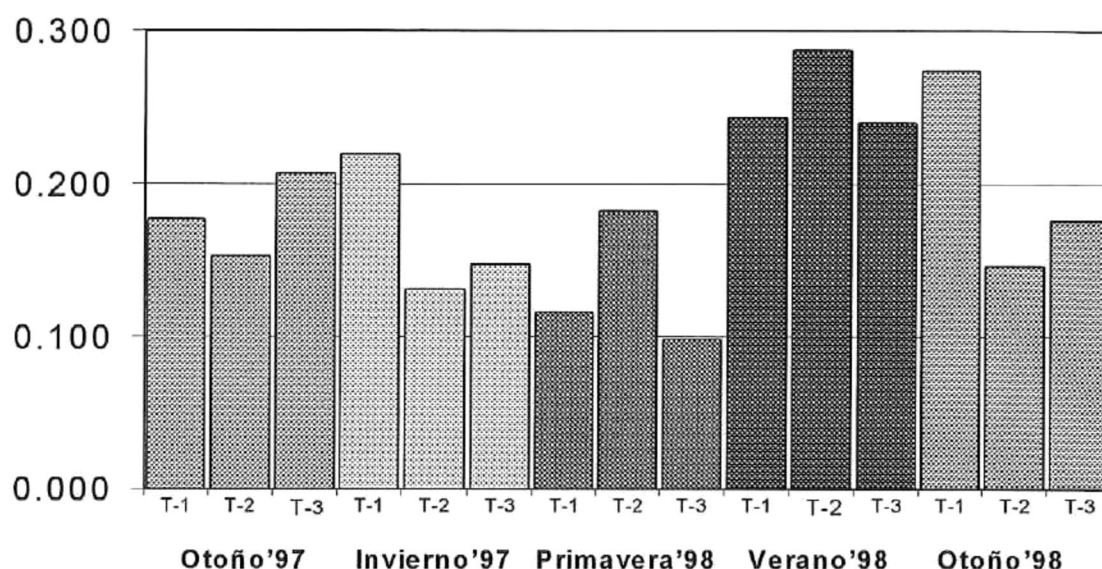


Figura 10.- Índices de dominancia de Simpson por transecto a lo largo de todo el año.
T-1: Transecto 1; T-2: Transecto 2; T-3: Transecto 3.

3.2.4 Valores de importancia biológica (IVB).

Debido al diseño de muestreo y al objetivo, de relacionar la presencia de organismos que producen metabolitos bioactivos con la composición de la comunidad bentónica, se realizaron modificaciones al Índice de Valor Biológico propuesto por Sanders (1960). Éste se calculó con base en la importancia biológica, que es, equivalente

a la suma de las abundancias relativas de una especie x en cada uno de los transectos en una estación del año determinada.

El Índice de Valor Biológico (IVB) es igual al valor de importancia biológica de la especie x más el porcentaje de presencia en la zona de estudio. Un porcentaje de 33.33% corresponde a que la especie estuvo presente únicamente en un transecto. La presencia en dos y en tres transectos corresponden a 66.66 y 100.00% respectivamente.

En las modificaciones que se realizaron al IVB se involucra la abundancia relativa y la presencia espacial de cada una de las especies a las que se les calculó el IVB. Al obtenerse este índice de valor biológico en diferentes estaciones del año es posible analizar la presencia espacio-temporal con la abundancia de las especies. Loya-Salinas y Escofet (1990) proponen la utilización del Índice de Valor Biológico para describir la estructura de comunidades marinas.

Se calcularon los índices de Valor Biológico generales para todas las especies que son un promedio de los índices de valor biológico de cada especie a lo largo del ciclo anual. En la tabla 47 se observa que los índices generales mostraron que la especie más importante fue *Geodia mesotriaena*, seguida por *Pachyerianthus fimbriatus*, *Chondrilla nucula*, *Porites californica*, Ascidiacea-3, *Toxadocia proxima* y *Pinna rugosa*. Este grupo de especies tienen un índice de valor biológico mayor a 78 y se encontraron en una proporción mayor a un segundo grupo de especies de menor importancia biológica pero con una mayor biodiversidad. Sin embargo, al observar a las especies por separado en las diferentes épocas del año, se observa una variación en el índice de valor biológico. Esto indica que las especies se comportan de diferente manera dependiendo de la época del año. En la figura 11 se pueden ver las especies con mayor importancia en todo el elenco; *Geodia mesotriaena* es la especie más importante ya que de manera general presenta los IVB más altos, a excepción de otoño de 1997 (superada por Ascidiacea-3 y *Porites californica*) y primavera de 1998 (superada por la anémona café *Pachyerianthus fimbriatus* y por *Protothaca asperrima*) (tabla 47).

Tabla 47. Índices de Valor Biológico (IVB) para el elenco de especies encontradas de otoño de 1997 a otoño de 1998 en Playa Santispac, BCS. México.

ESPECIE	GENERAL	OTOÑO 1997	INVIERNO 1997	PRIMAVERA 1998	VERANO 1998	OTOÑO 1998
<i>Geodia mesotriaena</i>	172.70	139.10	189.90	134.20	213.40	186.90
<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	125.08	0.00	133.80	167.10	167.90	156.60
<i>Chondrilla nucula</i>	121.18	113.10	131.50	108.00	125.60	127.70
<i>Porites californica</i>	113.53	159.70	123.90	86.26	48.20	149.60
Ascidacea-3	107.30	164.40	74.56	122.90	106.10	68.56
<i>Toxadocia proxima</i>	92.97	135.90	140.50	116.30	0.00	72.16
<i>Pinna rugosa</i>	78.71	39.23	107.60	37.83	106.50	102.40
<i>Dysidea fragilis</i>	59.63	0.00	34.83	77.36	115.40	70.56
<i>Protothaca asperrima</i>	57.42	0.00	79.86	138.70	0.00	68.56
Demospongiae-3	52.28	75.16	118.60	0.00	33.73	33.93
<i>Hymeniacidon sinapium</i>	50.18	35.33	71.36	73.06	0.00	71.16
<i>Cliona celata</i>	42.73	71.16	36.53	70.36	0.00	35.63
<i>Anadara formosa</i>	42.67	110.2	0	34.63	0	68.56
Demospongiae-1	41.77	70.66	33.93	0.00	34.13	70.16
<i>Phyllactis coccinata</i>	40.99	134.30	70.66	0.00	0.00	0.00
<i>Lissodendoryx albamariensis</i>	36.29	0.00	74.06	107.40	0.00	0.00
Demospongiae-8	35.73	0.00	34.03	110.00	0.00	34.63
<i>Haliclona</i> sp.	35.19	0.00	68.56	38.83	0.00	68.56
<i>Mycale caecilia</i>	29.62	0.00	0.00	38.83	69.96	39.33
Gusano tubicola	29.08	0.00	0.00	76.56	68.86	0.00
<i>Anadara</i> sp.	28.64	0.00	0.00	33.93	71.76	37.53
Rodophyta-1	24.06	0.00	0.00	0.00	0.00	120.3
<i>Arca pacifica</i>	22.03	0.00	0.00	34.53	0.00	75.66
<i>Strongylocentrotus</i> sp.	20.37	33.93	0.00	34.23	33.73	0.00
<i>Tedania nigrescens</i>	20.37	33.93	34.03	33.93	0.00	0.00
Demospongiae-9	20.33	0.00	0.00	33.93	33.93	33.83
<i>Arca</i> sp.	16.35	81.76	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Melobesia</i> sp.	14.91	0.00	0.00	74.56	0.00	0.00
Anthozoa-1	14.67	0.00	0.00	73.36	0.00	0.00
Holothuroidea-sp	14.02	0.00	0.00	70.06	0.00	0.00
Demospongiae-10	13.95	0.00	35.23	0.00	34.53	0.00
<i>Delaubenfelsia raramicrosclera</i>	13.61	0.00	0.00	34.53	0.00	33.53
Ascidacea-5	7.52	0.00	0.00	0.00	0.00	37.63
<i>Ophiolithrix spiculata</i>	7.42	0.00	0.00	37.13	0.00	0.00
<i>Anthopleura</i> sp.	6.96	0.00	34.83	0.00	0.00	0.00
Ascidacea-1	6.96	0.00	34.83	0.00	0.00	0.00
Holothuroidea-2	6.92	0.00	0.00	0.00	0.00	34.63
Demospongiae-11	6.90	0.00	34.53	0.00	0.00	0.00
Lapas	6.90	0.00	0.00	34.53	0.00	0.00
Demospongiae-12	6.84	0.00	0.00	34.23	0.00	0.00
Demospongiae-6	6.82	0.00	0.00	0.00	34.13	0.00
Ascidacea-7	6.78	0.00	0.00	0.00	33.93	0.00
Quitones	6.78	0.00	0.00	33.93	0.00	0.00
<i>Modiolus demmisus</i>	6.78	33.93	0.00	0.00	0.00	0.00

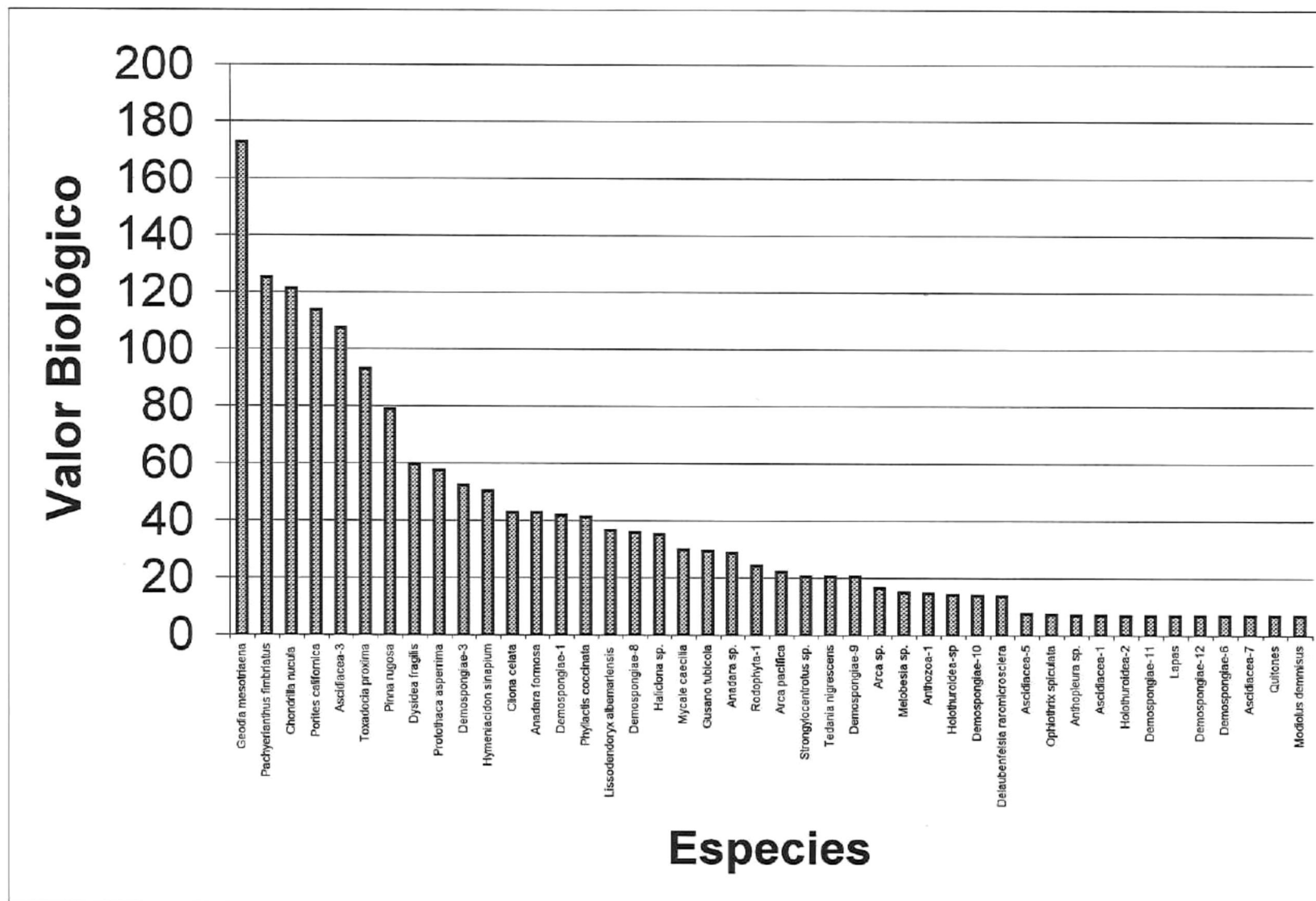


Figura 11. Índices generales de Valor Biológico (IVB) del elenco de especies bentónicas de Santispac BCS.

Debido a la importancia biológica de *Geodia mesotriaena*, *Pachyerianthus fimbriatus*, *Chondrilla nucula*, *Porites californica*, Ascidiacea-3, *Toxadocia proxima* y *Pinna rugosa*, se propone que son éstas las especies responsables de los ensamblajes. Sin embargo hay especies que aparecen ocasionalmente y con un índice de valor biológico alto como es el caso de *Phyllactis coccinata*, una anémona blanca que se presentó en otoño de 1997 (tabla 47: IBV=134.30) pero no en otoño de 1998 (tabla 47: IVB= 0). En la figura 12 se puede observar como esta especie es substituida por la anémona café *Pachyerianthus fimbriatus*.

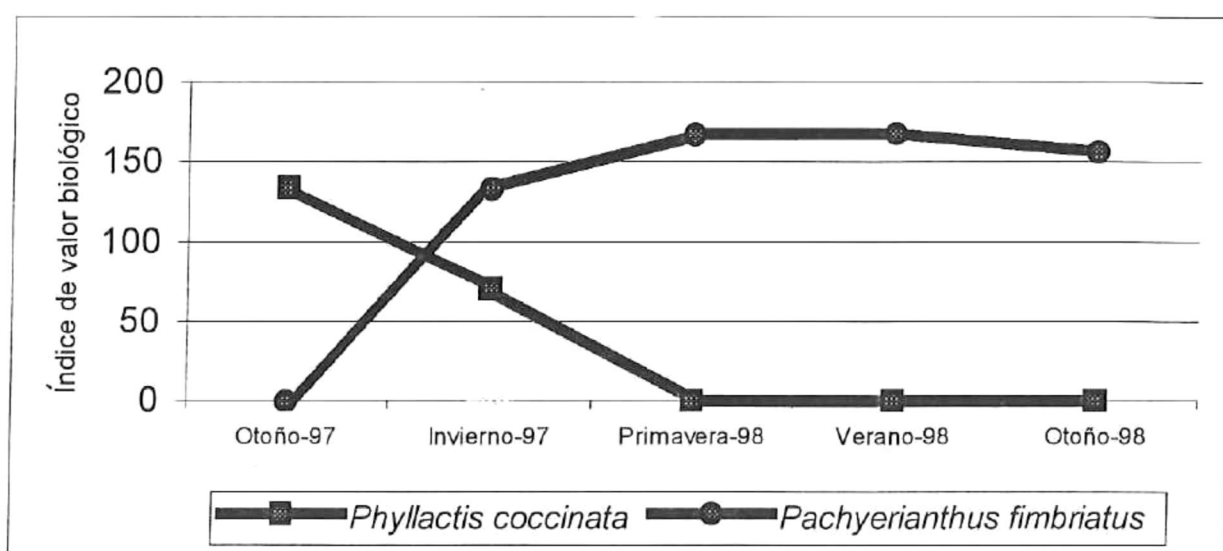


Figura 12. Índices de valor biológico de *Phyllactis coccinata* y *Pachyerianthus fimbriatus* en diferentes épocas del año.

Los índices de valor biológico se calcularon por estaciones del año (tabla 47) y los porcentajes de importancia biológica se determinaron por transectos a lo largo de todo el año (tabla 48) para determinar la importancia de las especies presentes en cada estación del año y en cada transecto a lo largo de todo el ciclo muestreado. Se graficaron las especies más importantes en cada uno de los transectos a lo largo de todas las estaciones del año, para lo cual se consideraron como más importantes aquellas especies

cuya suma fuera aproximadamente el 90 % de abundancia y el resto se agrupó en el rubro de otros (tabla 48).

Tabla 48. Porcentaje de importancia biológica para cada uno de los transectos en un ciclo anual.

ESPECIE	T-1 (%)	ESPECIE	T-2 (%)	ESPECIE	T-3 (%)
<i>Geodia mesotriaena</i>	30.91	<i>Geodia mesotriaena</i>	25.64	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	20.14
<i>Porites californica</i>	20.14	<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	18.78	<i>Geodia mesotriaena</i>	19.94
<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	8.65	<i>Chondrilla nucula</i>	10.95	<i>Porites californica</i>	18.94
Asciaceae-3	7.22	Asciaceae-3	9.20	<i>Toxadocia proxima</i>	8.50
<i>Protothaca asperrima</i>	7.21	<i>Toxadocia proxima</i>	8.06	<i>Chondrilla nucula</i>	7.18
<i>Pinna rugosa</i>	4.62	<i>Phyllactis coccinata</i>	4.36	Asciaceae-3	4.53
<i>Toxadocia proxima</i>	4.23	<i>Porites californica</i>	3.91	<i>Protothaca asperrima</i>	2.35
<i>Chondrilla nucula</i>	4.14	Demospongiae-3	2.39	Demospongiae-3	2.13
<i>Phyllactis coccinata</i>	2.72	<i>Hymeniacidon sinapium</i>	2.28	<i>Arca</i> sp.	2.11
Otros	10.12	<i>Lissodendoryx albertensis</i>	2.25	<i>Cliona celata</i>	1.80
		<i>Protothaca asperrima</i>	1.86	<i>Melobesia</i> sp.	1.52
		Otros	8.99	<i>Hymeniacidon sinapium</i>	1.47
				Otros	9.31

T-1: Transecto 1

T-2: transecto 2

T-3: Transecto 3

En el transecto uno fueron nueve las especies más importantes, principalmente, *G. mesotriaena*, *P. californica*, *P. fimbriatus*, Asciaceae-3 y *Protothaca asperrima* (figura 13). En el transecto dos resultaron once especies de mayor importancia, entre las que figuran de manera principal *G. mesotriaena*, *P. fimbriatus*, *Chondrilla nucula*, Asciaceae-3 y *Toxadocia proxima* (figura 14). El transecto que más especies importantes tuvo a lo largo del año fue el transecto tres (figura 15). Como se puede observar en las figuras 13, 14 y 15, la especie dominante es *G. mesotriaena*. Aunque en el transecto tres disminuye un poco la proporción de esta especie con respecto a los transectos uno y dos a lo largo del ciclo muestreado, sigue siendo importante (tabla 48) ya que solo es superada en una proporción muy pequeña por *Pachyerianthus fimbriatus*.

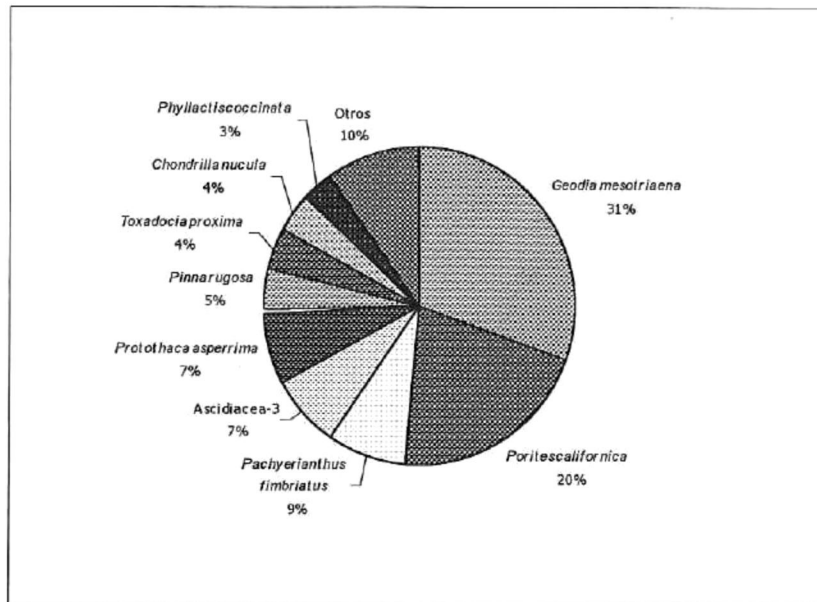


Figura 13. Análisis de la importancia biológica de las especies del transecto uno a lo largo de un ciclo anual en playa Santispac, BCS.

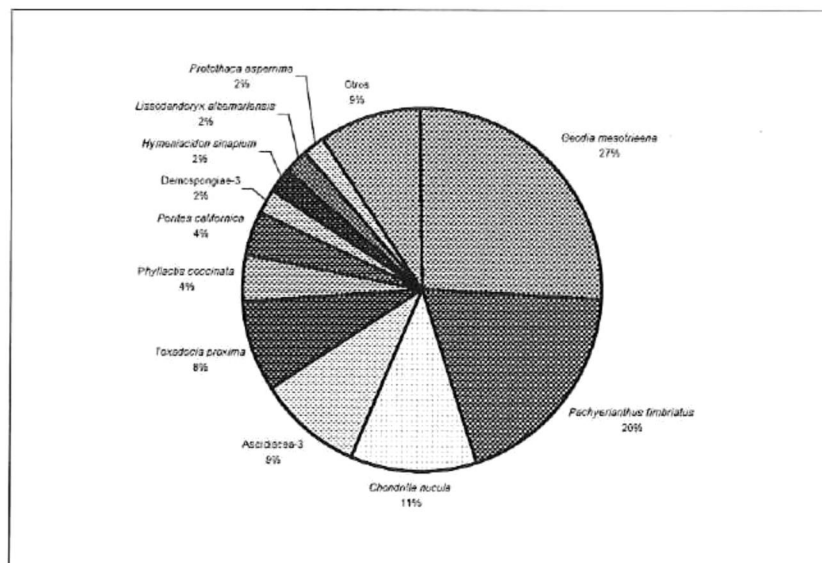


Figura 14. Análisis de la importancia biológica de las especies del transecto dos a lo largo de un ciclo anual en playa Santispac, BCS.

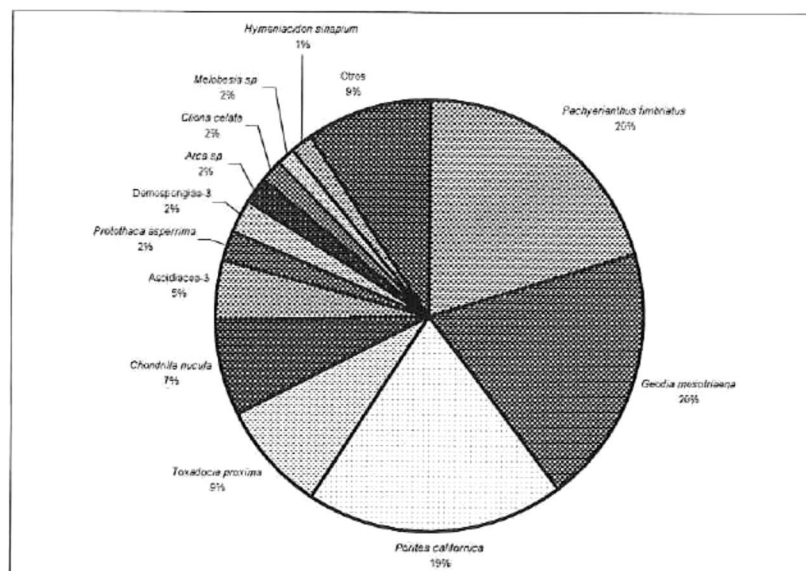


Figura 15. Análisis de la importancia biológica de las especies del transecto tres a lo largo de un ciclo anual en playa Santispac, BCS.

En el transecto tres (figura 15) toma mayor importancia *Pachyerianthus fimbriatus*, que como se había mencionado anteriormente, aparece en la zona de estudio cuando desaparece la anémona blanca *Phyllactis coccinata*. También se ve incrementada la proporción de la esponja *Toxadocia proxima*. En este transecto es muy abundante el coral *Porites californica* al igual que en el transecto 1. De acuerdo a lo anterior y a los resultados presentados en la tabla 46 se puede decir que hay especies dinámicas que aparecen, desaparecen y aumenta o disminuye su porcentaje de abundancia relativa (o importancia biológica). De la misma manera existe un grupo de especies dominantes a lo largo de todos los muestreos: *Geodia mesotriaena*, *Chondrilla nucula* y *Ascidacea-3* y que presentan una alta bioactividad. Existen especies que presentan niveles de bioactividad altos pero que no permanecen durante todo el año como es el caso de: *Delaubenfelsia raromicrosclera*, *Axocelita originales*, *Hymeniacidon sinapium*, *Demospongiae-1* y *Ascidacea-3*. Una esponja identificada como *Toxadocia proxima* aparece continuamente, aunque la mayor parte de las veces en poca proporción y no presenta bioactividad considerable. Cabe mencionarse que el aumento en la proporción

(abundancia relativa) de esta esponja coincide con la producción de sustancias antimicrobianas (tabla 8), ya que es la época en que se encuentran compuestos que inhiben el crecimiento de *Bacillus subtilis* en las tres dosis probadas.

Debido a que *Toxadocia proxima* habita en proximidad con *Geodia mesotriaena* se propone que *T. proxima* aprovecha los compuestos bioactivos liberados por *G. mesotriaena* que tiene una gran cantidad de flora y fauna incrustante, por lo que es probable que ésta última biosintetice sustancias con ventajas adaptativas para su fauna incrustante (kairomonas) y para las especies que habitan en las cercanías.

3.3 Ecología química

3.3.1 Afinidad entre las especies de la comunidad

El índice de Jaccard se calculó para estimar la afinidad entre las especies de la comunidad y el coeficiente ν de Kendall para ver si dicha afinidad fue positiva o negativa. Se probó la asociación entre todas las especies que aparecen en los muestreos ecológicos (tabla 47) a excepción de las esponjas *Geodia mesotriaena* y *Chondrilla nucula* a las cuales no se les calcularon los índices de Kendall debido a que aparecen durante todo el año y en todos los transectos; ambas esponjas presentan una alta bioactividad y ésta puede ser la razón de su ocurrencia.

Aproximadamente el 9% de las asociaciones (69 de 783) probadas, mostraron una correlación significativa ($\chi^2_{0.05, 1}$): Al comparar la varianza de la asociación del elenco de especies con la varianza esperada en la hipótesis de distribución independiente se encontraron diferencias significativas. El coeficiente ν de Kendal positivo indicó una asociación positiva entre especies, es decir, una atracción y el negativo una repulsión entre especies. Como se puede observar en la figura 16, de las 69 asociaciones significativas; 10 fueron asociaciones negativas y 59 fueron positivas.

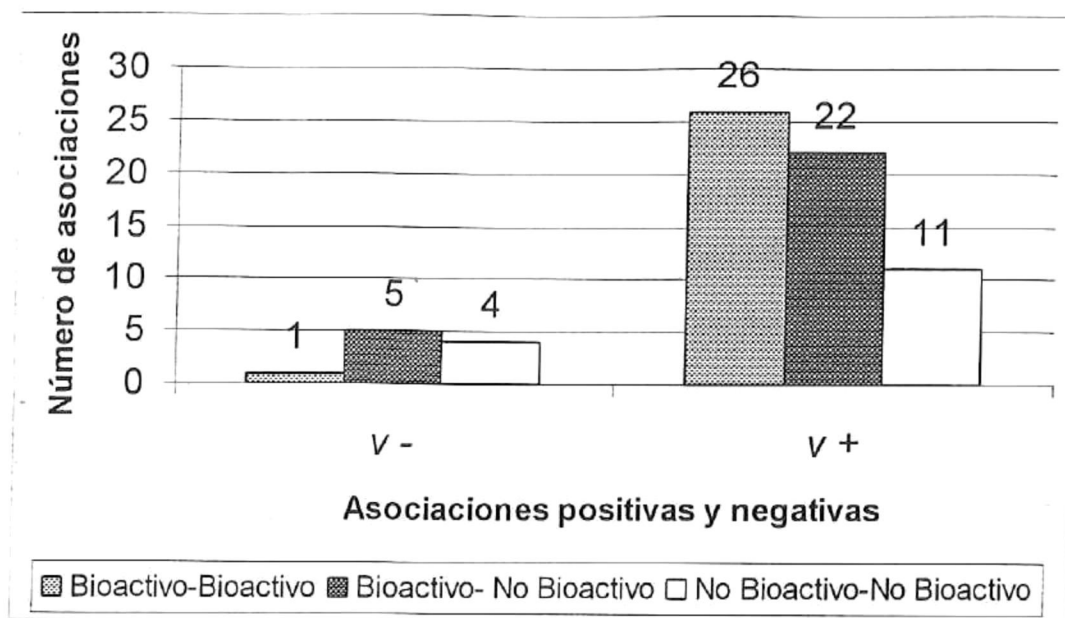


Figura 16. Número de asociaciones positivas y negativas con base en los coeficientes v de Kendall de las especies bentónicas de santispac BCS.

La mayoría de las repulsiones (v - significativa) fueron entre un organismo bioactivo y uno no bioactivo (figura 16). Debido a que una de las funciones de los compuestos bioactivos es la de defensa, y a que son compuestos tóxicos o dañinos para otros organismos, se esperaba que las especies no bioactivas fueran excluidas por las bioactivas. El tipo de asociación significativa que prevalece entre dos organismos bioactivos es la de atracción: La esponja bioactiva *Delaubenfelsia raromicrosclera* presentó 11 asociaciones positivas (ninguna negativa) de las cuales 10 fueron con otro organismo bioactivo.

Aunque no todos los coeficientes v de Kendall son estadísticamente significativos, se obtuvo la sumatoria de dicho coeficiente por especie: valores positivos de v que indican asociación más los valores negativos que indican repulsión. En la tabla 49 se puede observar que la especie que a lo largo del año tuvo una mayor asociación con otras especies fue *Delaubenfelsia raromicrosclera* ($v = 9.36$) y la que se asoció en menor proporción fue *Anadara formosa* ($v = -4.28$).

Tabla 49. Resultados de la sumatoria de los coeficientes ν de Kendall por especie.

Especie	ν	Especie	ν
<i>Delaubenfelsia raromicrosclera</i> *	9.36	<i>Cliona celata</i> *	1.33
<i>Melobesia</i> sp.	6.81	<i>Anadara</i> sp.	1.2
Anthozoa-1	6.81	<i>Porites californica</i>	1.14
Holothuroidea sp.*	6.81	<i>Mycale caecilia</i> *	0.92
Demospongiae-8*	4.71	Ascidacea-3*	0.91
<i>Lissodendoryx albemarlensis</i> *	4.42	<i>Strongylocentrotus</i> sp.*	0.32
<i>Arca pacifica</i>	4.28	<i>Amphiroa beabusi</i>	0.31
Quitones	4.24	Demospongiae-1*	0.1
<i>Ophiolithrix spiculata</i> *	4.09	Demospongiae-6*	-0.1
<i>Phyllosthaca asperrima</i>	3.75	Ascidacea-1*	-0.15
Gusano tubicola	3.62	Ascidacea-5*	-0.39
<i>Dysidea fragilis</i> *	3.48	<i>Modiolus demmisus</i>	-1.31
Demospongiae-12*	3.33	Demospongiae-10*	-1.43
Lapas	3.17	<i>Pinna rugosa</i>	-1.48
<i>Hymeniacidon sinapium</i> *	2.99	<i>Anthopleura</i> sp.*	-1.84
<i>Pachyeranthus fimbriatus</i>	2.4	Ascidacea-7*	-2.45
<i>Toxadocia proxima</i> *	2.34	<i>Arca</i> sp.	-2.87
Esponja rosa blanca	2.11	Demospongiae-3*	-3.7
Esponja marrón*	2.03	<i>Phyllactis coccinata</i>	-3.96
Pepinos chiquitos*	1.56	<i>Tedania nigrescens</i> *	-3.97
<i>Haliclona</i> sp.*	1.52	<i>Anadara formosa</i>	-4.28

* Organismos que producen compuestos bioactivos.

La esponja *Delaubenfelsia raromicrosclera*, que tuvo la mayor sumatoria del índice de asociación, es una de las esponjas más bioactivas (tabla 2, figura 3). En la sección 3.2.5 se menciona que algunas especies producen alomonas, este es el caso de *Delaubenfelsia raromicrosclera* que produce sustancias que atraen a ciertas bacterias; esto significa que la acción de sus metabolitos es específica para ciertos organismos, ya que los produce para atraer a algunos organismos y repeler a otros.

Sin embargo, en la figura 16 y en la tabla 49 se puede observar que las especies bioactivas (*), aunque algunas tienen la tendencia de repeler a otros organismos, pueden cohabitar con todos los organismos de la comunidad. Esto hace pensar que la liberación de compuestos bioactivos es por causas específicas.

3.3.2 Correlación entre el IVB y la bioactividad en *Artemia salina*.

Debido a que una función ecológica de los metabolitos secundarios bioactivos es para competir por espacio y ganarlo (Hay, 1996) se realizaron pruebas de significancia de Pearson en las correlaciones entre el IVB de una especie determinada y su bioactividad en *Artemia salina*. Este tratamiento se efectuó con las especies que aparecieron en el muestreo ecológico y químico al menos en tres estaciones del año.

Delaubenfelsia raromicrosclera

Los valores más altos de índice de valor biológico (34.53 en primavera de 1998 y 33.53 en otoño de 1988, tabla 47) de esta especie coinciden con los niveles máximos de bioactividad (tabla 2 y figura 3), puede ser que la importancia biológica de esta esponja está directamente relacionada con la producción de metabolitos secundarios bioactivos.

Para comprobar lo anterior se realizó una prueba de significancia de Pearson (tabla 50) entre los índices de valor biológico (tabla 47) para esta especie en diferentes épocas del año y el porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* en las cuatro concentraciones probadas (tabla 2).

Tabla 50. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de la esponja *Delaubenfelsia raromicrosclera* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.9609	S.
0.8	0.9002	N.S.
1.6	0.5772	N.S.
2.4	0.5772	N.S.
$r_{0.05, 2} = 0.950$		S. significativo N.S. no significativo

Como se puede observar en la tabla 50 hay una correlación significativa entre el índice de valor biológico y el porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* en la concentración de extracto más baja que se probó (0.4mg/ml); cuando aumenta la bioactividad de esta esponja aumenta su índice de valor biológico. Esto significa que; la importancia biológica de esta especie esta relacionada con la producción de metabolitos secundarios y que la función de los compuestos liberados por esta esponja, si es que realmente los produce para permanecer espacial y temporalmente en el medio, es más eficiente cuando son liberados en cantidades menores. En una correlación positiva, significativa, cuando aumenta la variable *X* también aumenta la variable *Y* y la asociación es real. Cabe mencionar que no se descarta la posibilidad de que estas dos variables esten reguladas o sean afectadas por una tercera u otras variables (Zar, 1984).

Geodia mesotriaena

Esta esponja presenta una variación significativa en la bioactividad para *Artemia salina* entre otoño de 1997 y otoño de 1998, en la figura 4 se puede ver que en estas estaciones del año se registraron la mínima y la máxima bioactividad respectivamente. Cabe mencionar que en otoño de 1997 fue año El Niño. En el dendrograma del análisis general de la comunidad (figura 9) se puede apreciar que en esta época la comunidad bentónica presenta una mayor heterogeneidad con respecto a las otras épocas del año.

Los compuestos bioactivos les sirven a las esponjas para evitar colonizadores (Bakus *et al.*, 1986), para inactivar a las bacterias que les sirven de alimento antes de ser ingeridas o para evitar infecciones bacterianas (Green, 1977), como sustitutos de la defensa física que dan las espículas (Kelly-Gutiérrez, 1997), ya que la ausencia de dicha defensa física se ve compensada en un aumento ya sea en cantidad o calidad de metabolitos secundarios bioactivos y para competir y permanecer en el medio (Turon *et al.*, 1996). Esta última es quizá la función más probable por la cual *Geodia mesotriaena* produce metabolitos secundarios bioactivos, ya que: No produce compuestos antimicrobianos que pueda utilizar contra bacterias, tiene espículas que le proporcionan

una defensa física, y con respecto a la colonización, esta esponja tiene un papel ecológico muy importante ya que sobre ella habitan muchos organismos como algas, otras esponjas, tunicados, ofiuros, etc. Por lo tanto, no produce compuestos para evitar ser colonizada por otros organismos, lo que coincide con su apariencia ya que parece ser una roca.

Geodia mesotriaena es la especie con mayor índice de importancia biológica, significa que está presente todo el tiempo y en porcentajes altos, razón por la cual la función probable de sus metabolitos activos es la de competencia por espacio y permanencia en el medio. Algo que apoya lo anterior, es el hecho de que otoño de 1997 fue la estación que menor número de especies tuvo (tabla 51), sin embargo, no es la estación que presenta mayores índices de dominancia (tabla 45). Estos se encuentran en verano de 1998 que también tiene un porcentaje bajo de especies presentes en relación al total de especies encontradas (tabla 45; figura 10). En otoño de 1997 se encontraron los valores más bajos de bioactividad probablemente debido a las condiciones ecológicas (baja dominancia y baja biodiversidad por “El Niño”); *Geodia mesotriaena* no tuvo la necesidad, ni de competir por espacio ni de producir compuestos bioactivos para permanecer en el medio.

Tabla 51. Porcentaje de especies encontradas por época del año. El número total de especies encontradas en los transectos ecológicos a lo largo de todo el año fue de 44 (100%).

Otoño 1997	Invierno 1997	Primavera 1998	Verano 1998	Otoño 1998
36.3%	50%	68.1%	38.6%	54.5%

En la tabla 52 se puede observar que no se encontró una correlación significativa entre el índice de valor biológico de las diferentes estaciones del año y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* para esta especie, esto se debe a su alto índice de valor biológico y a su producción de compuestos bioactivos durante todo el año.

Tabla 52. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de la esponja *Geodia mesotriaena* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.3126	N.S.
0.8	0.5744	N.S.
1.6	0.4142	N.S.
2.4	0.4545	N.S.
$r_{0.05,3} = 0.878$		S. significativo N.S. no significativo

Hymeniacidon sinapium

Se encontró una correlación significativa, en la concentración de extracto más alta probada (2.4 mg/ml), entre el índice de valor biológico de las diferentes estaciones del año y la bioactividad (porcentaje de mortalidad en *Artemia salina*) de esta esponja. Lo anterior se observa en la tabla 53; esto significa que la ocurrencia de esta especie, tanto espacial como temporal, está relacionada con una alta producción de metabolitos bioactivos.

Tabla 53. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de la esponja *Hymeniacidon sinapium* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.3476	N.S.
0.8	0.4576	N.S.
1.6	0.6321	N.S.
2.4	0.8780	S.
$r_{0.05,3} = 0.878$		S. significativo N.S. no significativo

Demospongiae-1

En la tabla 54 se muestran los resultados de la correlación, entre el IVB de las diferentes estaciones del año y el porcentaje de mortalidad de *Artemia salina*, para esta esponja: No se encontró una correlación significativa, lo que indica que la ocurrencia espacial y/o temporal de Demospongiae-1 no está relacionada con la producción de compuestos bioactivos.

Tabla 54. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de la esponja Demospongiae-1 en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.2256	N.S.
0.8	0.2290	N.S.
1.6	0.2295	N.S.
2.4	0.2114	N.S.
$r_{0.05, 3} = 0.878$		S. significativo N.S. no significativo

Chondrilla nucula

Chondrilla nucula es la especie que a lo largo de todo el año presentó el segundo lugar en importancia biológica. Esta es una de las razones por las cuales no presenta una variación estacional en la cantidad de compuestos bioactivos, ya que los produce en cantidades similares durante todo el año.

En la tabla 55 se observa que se encontró una correlación significativa entre el índice de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* en la concentración de extracto más baja probada, sin embargo, esta correlación es negativa ($r = -0.8822$). Lo anterior significa que el valor biológico de esta especie no está relacionada con la producción de metabolitos secundarios, es decir no los produce para

permanecer en el medio ni para ganar espacio. Lo anterior coincide con las observaciones en el campo ya que esta esponja en ocasiones se encontró sobre *Geodia mesotriaena*. Es probable que la producción de metabolitos bioactivos por parte de *Chondrilla nucula* sea para evitar ser ingerida por peces o para desactivar a los microorganismos antes de ingerirlos, aunque esta última opción es menos probable ya que no produce compuestos antibacterianos continuamente (tabla 7).

Tabla 55. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de la esponja *Chondrilla nucula* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	-0.8822	S.
0.8	-0.5460	N.S.
1.6	0.2390	N.S.
2.4	0.1933	N.S.
$r_{0.05, 3} = 0.878$		S. significativo N.S. no significativo

Toxadocia proxima

Los índices de importancia biológica más altos de esta especie (tabla 47) fueron en otoño de 1997 y en invierno de 1997, se presentan precisamente en las dos estaciones en donde se produjeron compuestos antimicrobianos y compuestos tóxicos para *Artemia salina* (tabla 9). Sin embargo, no se encontró para esta especie una correlación significativa entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina*. En la tabla 56 se observa que la correlación fue no significativa en las cuatro concentraciones probadas. Esto significa que la producción de compuestos bioactivos por parte de *Toxadocia proxima* no está relacionada con su valor biológico; independientemente de que hay un aumento en la proporción de esta especie en la comunidad bentónica de Santispac BCS cuando aumenta su bioactividad.

Tabla 56. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de la esponja *Toxadocia proxima* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.8923	N.S.
0.8	0.8927	N.S.
1.6	0.8815	N.S.
2.4	0.8773	N.S.
$r_{0.05, 2} = 0.950$		S. significativo N.S. no significativo

Lissodendoryx albemarlensis

Es probable que los metabolitos bioactivos jueguen un papel importante en la ecología de esta esponja ya que los valores de importancia menores (tabla 47: IVB=0 en otoño-97 y IVB=0 en verano-98) coinciden con los mínimos de bioactividad (figura 7, tabla 9) y el valor mayor de importancia biológica aparece en primavera-98 (tabla 47: IVB=107.40) cuando aparece también el máximo de bioactividad (figura 7, tabla 9). Lo anterior se corrobora en la tabla 57, donde se observa una correlación significativa entre los IVB y la toxicidad en *Artemia salina* en la concentración más alta probada (2.4 mg/ml): *Lissodendoryx albemarlensis* produce compuestos bioactivos que están relacionados con una función de presencia espacio-temporal en el medio. En la tabla 57 se puede observar que esta relación es más estrecha cuando los compuestos bioactivos son producidos en altas concentraciones.

Tabla 57. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de la esponja *Lissodendoryx albemarlensis* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.7641	N.S.
0.8	0.7915	N.S.
1.6	0.8477	N.S.
2.4	0.9947	S
$r_{0.05, 2} = 0.950$		S. significativo N.S. no significativo

Cliona celata

En ninguno de los dos otoños en que se muestreó aparece esta esponja, por lo que se puede decir que la disminución en la cantidad de metabolitos secundarios que produce está relacionada con su ciclo de vida. No se encontraron compuestos antibióticos en ninguna estación del año. En la tabla 58 se observa que no se encontró significancia entre el IVB y la bioactividad en *Artemia salina*. Esto significa que la ocurrencia de esta especie, tanto espacial como temporal no está relacionada con su producción de metabolitos bioactivos.

Tabla 58. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* en la esponja *Cliona celata* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.6652	N.S.
0.8	0.1872	N.S.
1.6	0.2046	N.S.
2.4	0.1931	N.S.
$r_{0.05, 1} = 0.997$		S. significativo N.S. no significativo

Tedania nigrescens

El máximo de bioactividad encontrado para esta especie, 100% de mortalidad en *Artemia salina* en la concentración más alta (2.4 mg/ml) y bactericida para *Bacillus subtilis*, coincide con su mayor índice de importancia biológica (tabla 47: IVB=34.03 en invierno de 1999), sin embargo, en la tabla 59 se observa que no se encontró significancia entre el IVB y la bioactividad en *Artemia salina*. Esto se debió a que en primavera de 1998 cuando el IVB para esta especie fue de 33.93, valor similar al de invierno de 1997, no se detectó bioactividad para ninguno de los organismos de prueba.

Tabla 59. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* en la esponja *Tedania nigrescens* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.5022	N.S.
0.8	0.5022	N.S.
1.6	0.5022	N.S.
2.4	0.0922	N.S.
$r_{0.05, 1} = 0.997$		S. significativo N.S. no significativo

Ascidacea-3

El máximo nivel de bioactividad (figura 8: primavera-98) coincide con el valor más alto de importancia biológica (tabla 47: 122.90, los valores de importancia biológica para invierno-97 y otoño-98 fueron 74.56 y 68.56 respectivamente). En la tabla 60 se aprecia que se encontró una correlación significativa entre los IVB y la bioactividad en *Artemia salina* en dos de las cuatro concentraciones probadas (0.4 y 0.8 mg/ml). Lo anterior significa que la importancia biológica de esta especie está relacionada con una producción baja de compuestos bioactivos por parte de la misma.

Tabla 60. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* del tunicado Ascidiacea-3 en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coeficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.9989	S.
0.8	0.9989	S.
1.6	0.9769	N.S.
2.4	0.8108	N.S.
$r_{0.05, 1} = 0.997$		S. significativo N.S. no significativo

Ascidiacea-5

No se encontró una correlación significativa entre el IVB y la toxicidad para *Artemia salina* por parte de esta especie a un nivel de confianza del 95%. Sin embargo al 90% de confianza ($r_{0.10, 1} = 0.988$), se encontró una correlación significativa entre el IVB y la bioactividad en *Artemia salina* a 0.8 mg/ml de extracto probado; tabla 61. La presencia espacio-temporal de esta especie está directamente relacionada con una baja producción de metabolitos secundarios bioactivos.

Tabla 61. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* del tunicado Ascidiacea-5 en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coeficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	0.8928	N.S.
0.8	0.9775	N.S.
1.6	0.5	N.S.
2.4	0.5	N.S.
$r_{0.05, 1} = 0.997$		S. significativo N.S. no significativo

Anthopleura sp.

Al igual que en el caso anterior, no se encontró una correlación significativa entre el IVB y la toxicidad para *Artemia salina* por parte de esta especie a un nivel de confianza del 95%; la ocurrencia de esta especie, tanto espacial como temporal no está relacionada con la producción de metabolitos bioactivos por parte de la misma.

Tabla 62. Prueba de significancia en la correlación de Pearson entre los índices de valor biológico y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de la anémona *Anthopleura sp* en diferentes estaciones del año.

Concentración (mg/ml)	Coefficiente de correlación	Prueba de significancia
0.4	-0.9366	N.S.
0.8	-0.9821	N.S.
1.6	-0.7109	N.S.
2.4	-0.8442	N.S.
$r_{0.05, 1} = 0.997$		S. significativo N.S. no significativo

El 50% de las especies a las que se les realizó la correlación de Pearson, entre el IVB y la bioactividad para *Artemia salina*, mostraron una correlación significativa. Particularmente en el caso de las esponjas, cuatro de nueve mostraron una correlación significativa. De éstas, únicamente *Chondrilla nucula* mostró una correlación negativa. Aunque no se encontró correlación significativa en la esponja Demospongiae-1, *Cliona celata*, *Toxadocia proxima*, *Tedania nigrescens* ni en *Geodia mesotriaena*, de esta última se discute anteriormente que sus metabolitos bioactivos le sirven para permanecer tanto espacial como temporalmente en el medio. Por lo tanto, la producción de metabolitos secundarios bioactivos por esponjas está relacionada de manera importante con su ocurrencia espacio-temporal. De esto también se concluye que cada especie produce metabolitos bioactivos en base a sus necesidades y que éstas, varían de especie a especie.

Los dos tunicados (Ascidiacea-3 y Ascidiacea-5) a los que se les determinó correlación entre IVB y toxicidad en *Artemia salina* mostraron significancia en las concentraciones más bajas probadas, de manera general se puede decir que la ocurrencia espacio-temporal de los tunicados está relacionada con una baja producción de metabolitos bioactivos, probablemente específicos o de alta toxicidad.

Con la finalidad de establecer una relación entre el IVB de todas las especies que presentaron bioactividad a lo largo del ciclo anual y su toxicidad en *Artemia salina* se realizaron pruebas de significancia, en la correlación de Pearson, para cada estación del año en las cuatro concentraciones de extracto probadas (0.4, 0.8, 1.6 y 2.4 mg/ml). Esto nos da una idea general del papel de las especies con metabolitos bioactivos dentro de la comunidad en las diferentes épocas del año. A un nivel de confianza del 95% no hay correlación que sea estadísticamente significativa, sin embargo, a un 90% de confianza se puede observar en la tabla 63 que únicamente en verano de 1998 se encontró una correlación significativa entre el IVB y la toxicidad en *Artemia salina* en dos de las concentraciones probadas.

Tabla 63. Correlación entre el IVB y el porcentaje de mortalidad en *Artemia salina* de todas las especies bioactivas en santispac en diferentes épocas del año.

Estación	0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml
Otoño 1997	-0.1132	-0.1303	-0.4239	-0.4240
Invierno 1997	-0.1151	0.0030	0.0317	-0.1021
Primavera 1998	-0.1426	-0.0705	-0.0096	0.1001
Verano 1998	0.4973*	0.3698	0.4755*	0.4193
Otoño 1998	0.2965	0.3020	0.3191	0.2895

$$r_{0.10, 13} = 0.441$$

*Correlación significativa.

Verano de 1998 fue la estación del año en la que se encontró una mayor dominancia en cada uno de los transectos (figura 10) correspondiente a la menor biodiversidad (tabla 45). Este comportamiento se debe a que las especies que describen la comunidad en esta época, y que son dominantes, son las especies que producen compuestos bioactivos. Dicho de otra manera; la baja biodiversidad en verano de 1998 está relacionada con la alta dominancia de las especies productoras de compuestos bioactivos.

La luz y la temperatura varían de manera considerable en los océanos (Barnes, 1984) y son un factor físico con gran influencia en los ecosistemas marinos; las algas tienen diferentes respuestas fotosintéticas dependiendo de la intensidad de la luz e inclusive algunas algas, como *Dictyota ciliolata*, producen una concentración diferente de metabolitos secundarios cuando varía la intensidad de la luz (Cronin y Hay, 1996). Algunos peces, exhiben una tolerancia tan estrecha para la temperatura, que una variación de unos cuantos grados puede eliminar a una población entera. Los organismos no solo poseen un rango de tolerancia, sino que presentan también un rango óptimo de temperatura que puede variar de una estación del año a otra (Sutton y Harmon, 1994).

Como se mencionó en la sección 2.1.2 de factores oceanográficos, en Santispac, BCS, la temperatura es un factor físico con gran variación. Para analizar si la temperatura del agua es un factor relacionado con la producción de compuestos bioactivos, se obtuvieron datos de temperatura de Bahía Concepción, BCS de la NOAA COADS (Comprehensive Ocean and Atmospheric Data Set). Se realizaron pruebas de significancia de la correlación de Pearson entre toxicidad en *Artemia salina* y la temperatura de diferentes estaciones del año para cada especie posible. Aproximadamente el 90% de las especies a las que se les realizó esta prueba mostraron una correlación no significativa. La esponja *Axocelita originales* tuvo una correlación significativa negativa y el tunicado *Ascidacea-4* y la esponja *Lissodendoryx albemarlensis* mostraron una correlación negativa entre su bioactividad y la temperatura superficial del agua a lo largo de un ciclo anual. De estas especies, únicamente *Lissodendoryx albemarlensis* mostró una correlación positiva significativa entre su índice de valor biológico y su toxicidad en relación con la época del año (tabla 57). En la figura 17 se puede observar que la temperatura superficial del agua tiene un comportamiento inverso a la bioactividad y al IVB para esta especie. Con base a lo anterior se concluye que la bioactividad de *Lissodendoryx albemarlensis* está más asociada a factores bióticos (IVB) que abióticos (temperatura), aunque la correlación con ambos factores es significativa, también es factible que estas variables estén reguladas por otros factores como la disponibilidad de alimento, depredación, reproducción, liberación de larvas por organismos bentónicos, etc.

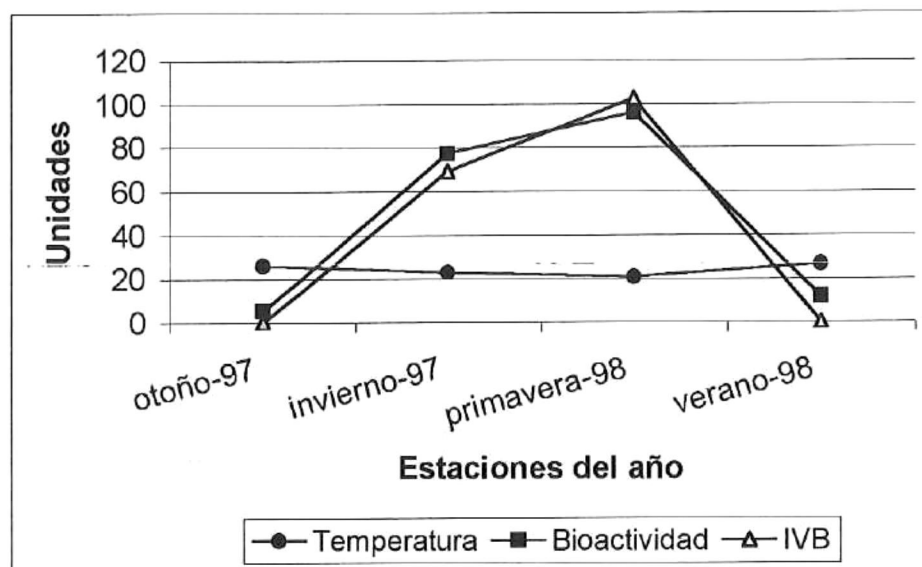


Figura 17. Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en *Artemia salina* a 2.4 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) de la esponja *Lissodendoryx Albemarlensis* en diferentes estaciones del año.

En algunas especies, que mostraron una correlación significativa entre su bioactividad para *Artemia salina* y su IVB y que no tuvieron correlación significativa a lo largo del ciclo anual entre bioactividad y la temperatura del agua, se puede observar el comportamiento anteriormente descrito de que los factores biológicos (a diferencia de los físicos, en este caso la temperatura) están directamente relacionados con la bioactividad de las especies. Nuevamente cabe mencionar que a su vez, los factores bióticos están influenciados por factores abióticos como la temperatura; esta muy probablemente está relacionada de forma indirecta con la bioactividad.

Los resultados de bioactividad (para *Artemia salina*) de la esponja *Delaubenfelsia raromicrosclera* mostraron una correlación significativa con el IVB pero no con la temperatura superficial del agua. En la figura 18 se pueden apreciar las tendencias de bioactividad, temperatura e IVB para esta especie. Nuevamente, las líneas correspondientes a bioactividad e IVB tienen el mismo comportamiento. Esta tendencia es similar para todas las especies que presentaron una correlación significativa entre su

bioactividad y su IVB: Cuando aumenta la bioactividad de *Hymeniacidon sinapium* (figura 19), Ascidiacea-3 (figura 20) y Ascidiacea-5 (figura 21), aumenta su índice de valor biológico.

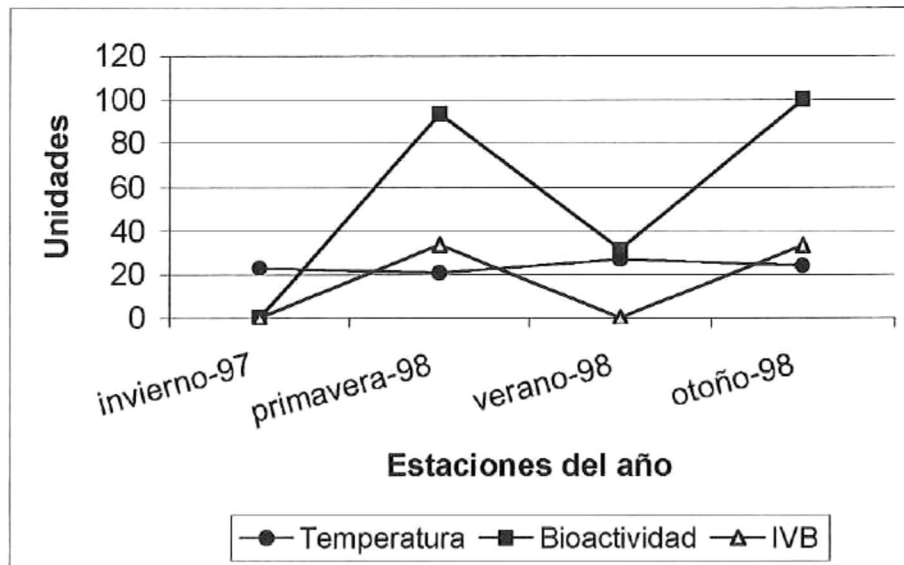


Figura 18. Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en *Artemia salina* a 0.4 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) de la esponja *Delaubenfelsia raromicrosclera* en diferentes estaciones del año.

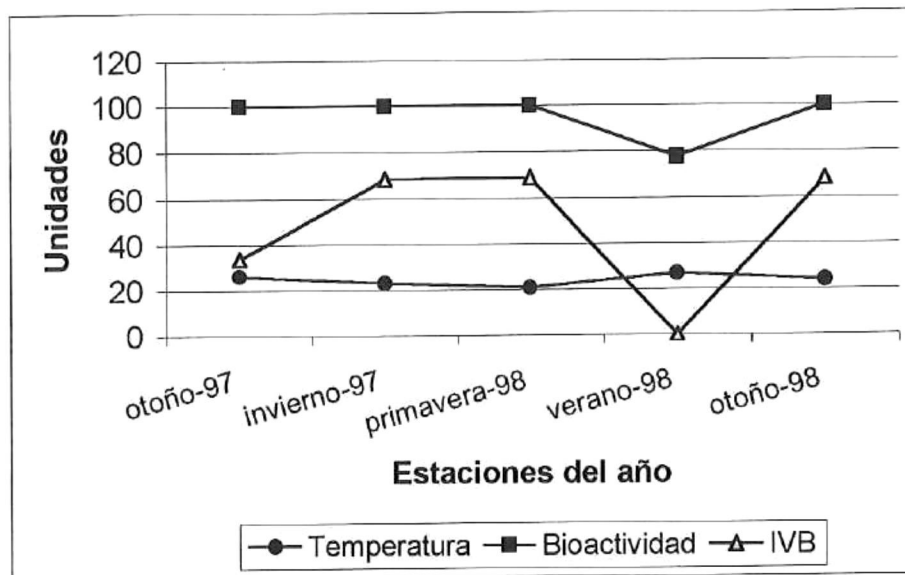


Figura 19. Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en *Artemia salina* a 2.4 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) de la esponja *Hymeniacidon sinapium* en diferentes estaciones del año.

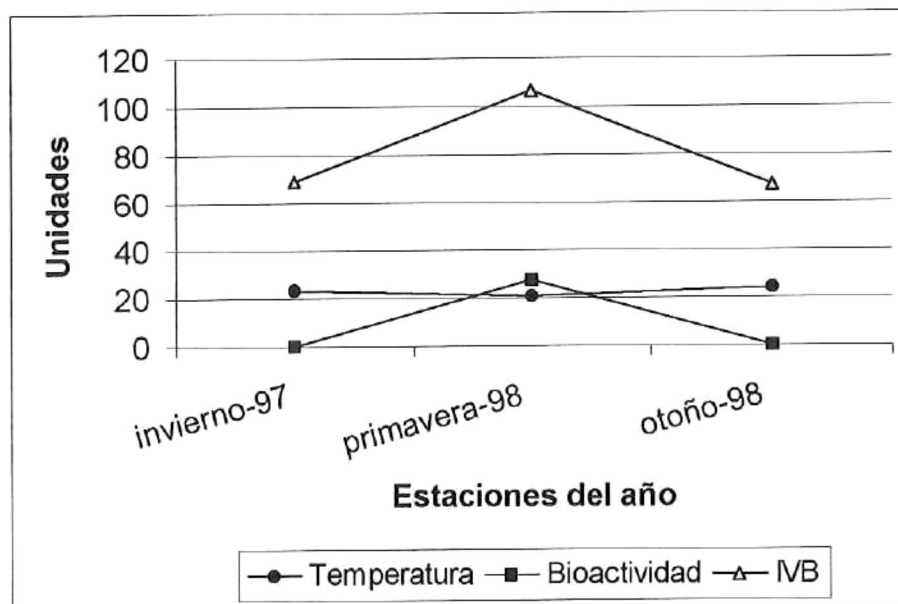


Figura 20. Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en *Artemia salina* a 0.4 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) del tunicado *Ascidiacea-3* en diferentes estaciones del año.

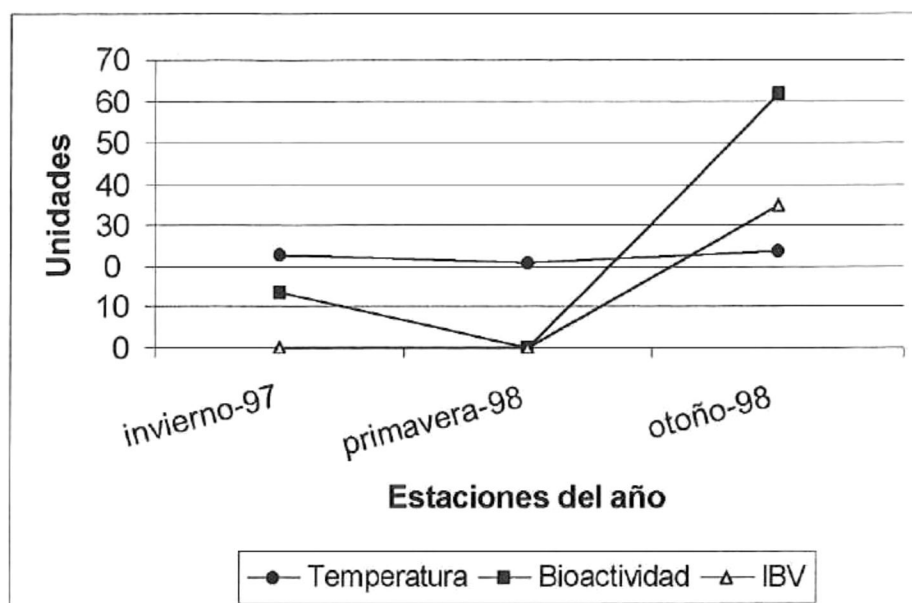


Figura 21. Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en *Artemia salina* a 0.8 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) del tunicado Ascidiacea-5 para diferentes estaciones del año.

La excepción fue *Chondrilla nucula* (figura 22) que mostró una correlación negativa significativa entre la bioactividad y el IVB a lo largo del ciclo anual, no se encontró correlación significativa entre la temperatura y la bioactividad de esta especie. Independientemente del signo de la correlación los factores bióticos están mayormente relacionados con la bioactividad de esta especie al igual que en los casos anteriores.

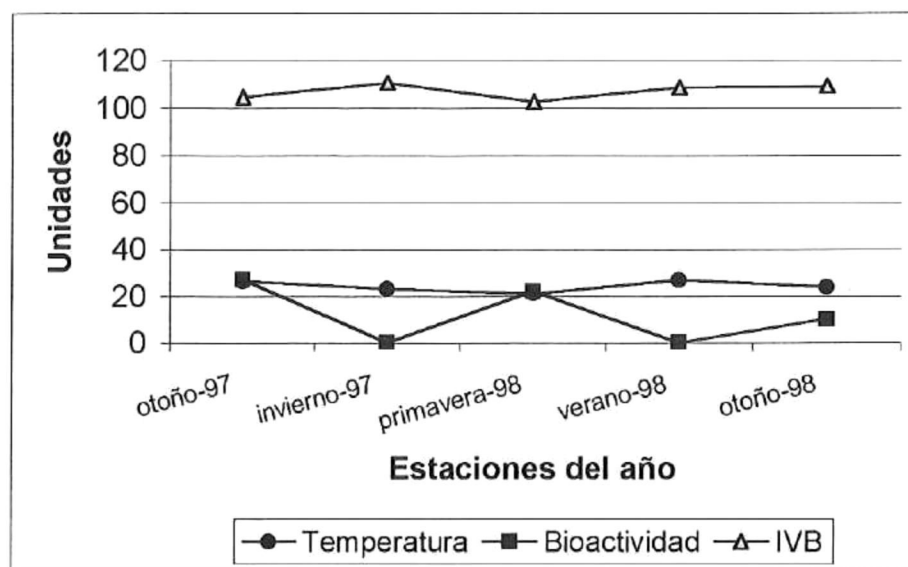


Figura 22. Temperatura superficial (°C) del agua, bioactividad (% de mortalidad en *Artemia salina* a 0.8 mg/ml de extracto) e Índice de Valor Biológico (IVB) de la esponja *Chondrilla nucula* en diferentes estaciones del año.

En algunas ocasiones se tomaron muestras de la misma especie en otoño de diferentes años (1997 y 1998), para establecer si hubo una diferencia significativa entre la bioactividad de ambos otoños se realizaron pruebas no paramétricas de Wilcoxon a un nivel de confianza del 95%. Algunas especies (3 de 8) como *Geodia mesotriaena*, *Toxadocia proxima* y el tunicado Ascidiacea-6 mostraron una diferencia estadísticamente significativa en la concentración de compuestos bioactivos que producen para *Artemia salina* entre otoños de diferentes años. Para *Toxadocia proxima* no se detectaron compuestos bioactivos para ninguno de los organismos de prueba en otoño de 1998 (tabla 8). La esponja *Geodia mesotriaena* y el tunicado Ascidiacea-6 disminuyeron significativamente la producción de compuestos tóxicos para *Artemia salina* en otoño de 1997 (tablas 3 y 29 respectivamente).

Aunque ninguna de las especies que presentó una variación significativa en la producción de compuestos bioactivos para *Artemia salina* tuvo una correlación significativa con la temperatura del agua, hay evidencias para creer que el fenómeno de

"El Niño" que estuvo presente en 1997 es un factor a considerar en este comportamiento de variación entre otoños.

La temperatura superficial para cada estación del año se calculó con base en datos mensuales promedio tomados de la NOAA.COADS, y es equivalente a un promedio de los tres meses correspondientes a cada estación $\pm$ el error estándar; otoño-97 ($26.3^{\circ}\text{C} \pm 0.97^{\circ}\text{C}$), invierno-97 ($23.08^{\circ}\text{C} \pm 0.58^{\circ}\text{C}$), primavera-98 ($20.91^{\circ}\text{C} \pm 0.75^{\circ}\text{C}$), verano-98 ($26.95^{\circ}\text{C} \pm 0.72^{\circ}\text{C}$) y otoño-98 ($23.95^{\circ}\text{C} \pm 0.99^{\circ}\text{C}$).

En la figura 23 se puede observar que entre otoño de 1997 y otoño de 1998 hay una diferencia de temperatura de más de dos grados centígrados, la temperatura está más elevada en otoño de 1997 debido al fenómeno de El Niño.

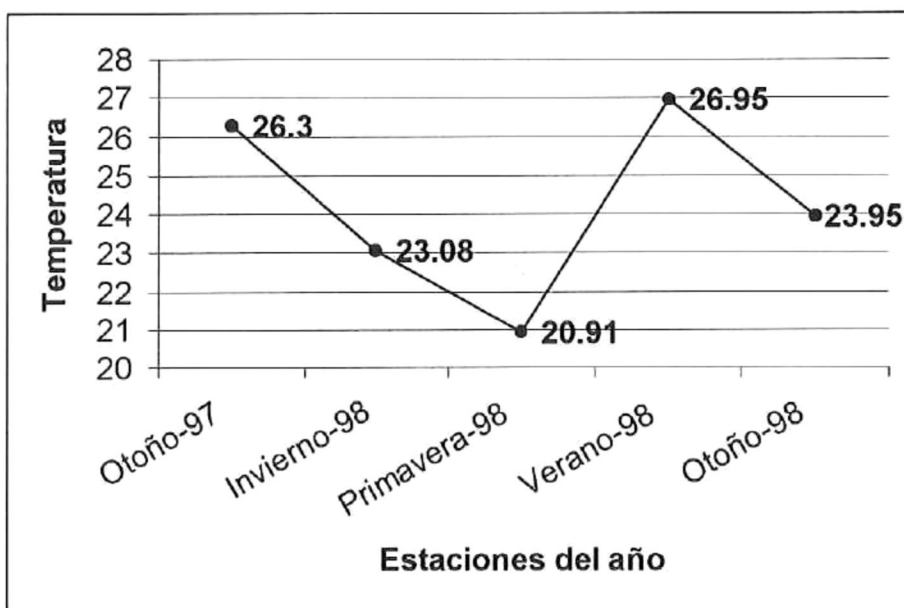


Figura 23. Temperatura superficial promedio por estaciones de otoño de 1997 a otoño de 1998 en Bahía Concepción BCS.

En el dendrograma del análisis general de la comunidad macrobentónica (figura 9), se puede observar que la estación de otoño de 1997 se separa del resto de las estaciones del año (incluida otoño de 1998), es factible que esta variación se deba a las condiciones que prevalecían en otoño de 1997. Esto indica que El Niño tuvo una

repercusión en la comunidad bentónica de Santispac, BCS. Un ejemplo de esto es que la especie *Phyllactis coccinata* no se encontró en otoño de 1998, probablemente es una especie de agua más caliente que apareció debido a que las altas temperaturas de 1997 se lo permitieron, ya que la temperatura del agua es uno de los factores que determinan la distribución geográfica de las especies (Margalef, 1980). Otoño de 1997 fue también la estación del año en la que se encontró un menor número de especies (tabla 51; 36.3% del total de especies que aparecieron a lo largo de todo el ciclo muestreado).

Aunque ninguno de los organismos que presentaron diferencias de bioactividad, entre otoño de 1997 y otoño de 1998 presenta una correlación significativa con la temperatura, como se mencionó anteriormente es factible que la temperatura afecte indirectamente la concentración de compuestos bioactivos que producen estas especies al tener una repercusión directa en la comunidad bentónica. En la figura 24 se puede observar que otoño de 1997 es el verano con la máxima temperatura en cinco años, esto, debido al fenómeno de El Niño.

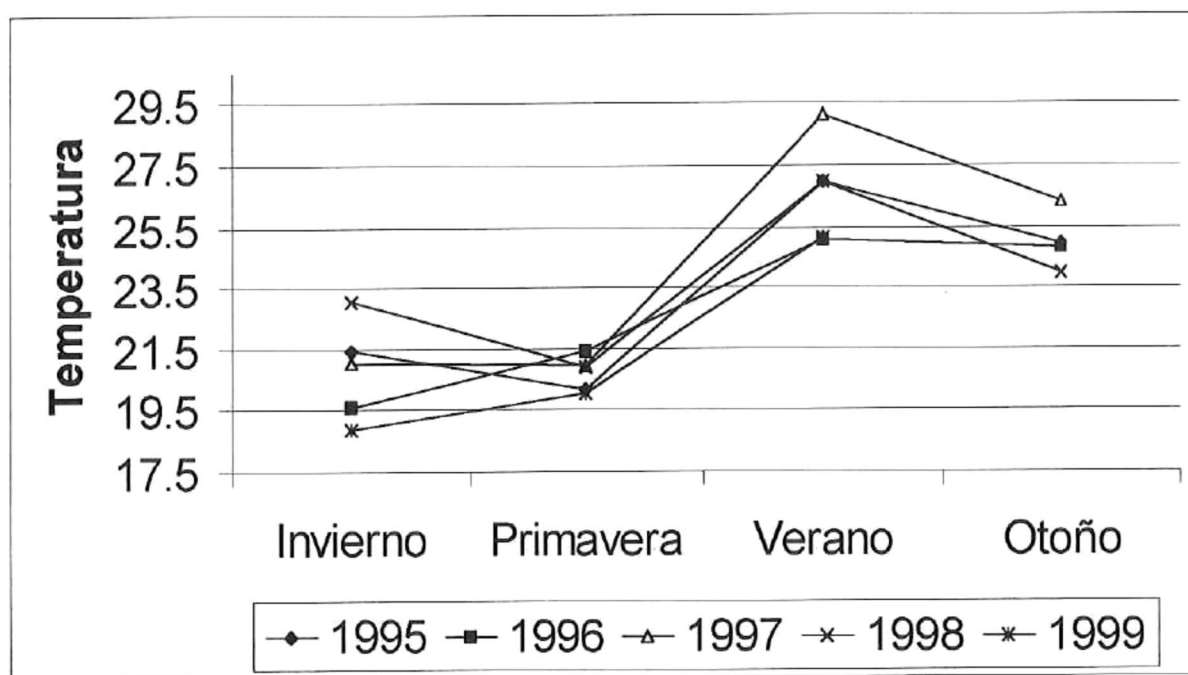


Figura 24. Temperatura superficial promedio por estaciones de 1995 a 1999 en Bahía Concepción BCS.

El trabajo más relacionado con éste, y con el cual se puede hacer alguna comparación, es el de Betancourt *et al.* (1998): Determinaron los niveles de actividad antibiótica de la esponja marina *Aplysina fistularis* y los correlacionaron con el nivel de inquilinismo. Encontraron que en marzo, abril y mayo de 1990, cuando la densidad de organismos asociados aumenta, la antibiosis contra *Vibrio sp.*, *Pseudomonas vesicularis* y *Pseudomonas cepacia* alcanza sus niveles más altos. En el trabajo de Betancourt y colaboradores (1998), al igual que en este trabajo, los factores bióticos están relacionados con la bioactividad de los organismos productores de metabolitos secundarios activos. Cabe mencionarse que Turon y colaboradores (1996) determinaron el patrón estacional en la producción de compuestos bioactivos por la esponja marina *Crambe crambe* del noroeste de la península ibérica (Mediterráneo), encontraron máximos de toxicidad en verano y otoño, y que ninguno de estos máximos está relacionado con la temperatura.

4. CONCLUSIONES

Estudio químico

1. La mayoría de los organismos pertenecientes a la clase Demospongiae presentaron máximos de toxicidad para *Artemia salina* (hasta 100% de mortalidad) en verano y otoño de 1998 y la mayoría de los organismos pertenecientes a la clase Ascidiacea tuvieron máximos de toxicidad para *Artemia salina* en primavera de 1998.
2. Los representantes de la clase Demospongiae producen una concentración mayor de antibióticos en otoño que en cualquier otra época del año y los de la clase Ascidiacea producen más antibióticos en verano y otoño.
3. *Delaubenfelsia raromicrosclera*, *Geodia mesotriaena*, *Hymeniacidon sinapium*, *Lissodendoryx albemarlensis*, *Cliona celata*, *Mycale caecilia*, *Tedania nigrescens*, *Leucetta losangelensis*, *Haliclona* sp., *Tethya aurantia*, Demospongiae-1, Demospongiae-2, Demospongiae-3, Demospongiae-4, Demospongiae-5, Ascidiacea-3, Ascidiacea-4, Ascidiacea-5, Ascidiacea-6, Ascidiacea-7 (cuando utiliza como sustrato a *Sargassum sinicola*), Holothuroidea-2 y *Anthopleura* sp. son organismos que presentaron una variación estacional en la cantidad de compuestos tóxicos que producen para *Artemia salina* a diferencia de *Axocelita orginales*, *Chondrilla nucula*, *Cucumaria miniata*, Holothuroidea-1, Rodophyta-1 y *Sargassum sinicola* que no presentaron variación en la concentración de compuestos tóxicos que producen para *Artemia salina* entre estaciones del año.
4. Los organismos que presentaron variación en la calidad de compuestos que producen en distintas estaciones del año fueron: *Hymeniacidon sinapium*, *Axocelita orginales*, *Chondrilla nucula*, *Toxadocia proxima*, Demospongiae-1, Demospongiae-3, Ascidiacea-

Sargassum sinicola), *Anthopleura sp.* y *Stelleroides*-1.

5. *Mycale caecilia* y Demospongiae-3 mostraron una variación de la misma magnitud en la concentración de compuestos bioactivos que producen, tanto espacial como temporalmente.

6. Ascidiacea-2 fué el único organismo que no presentó variación en calidad y cantidad de compuestos bioactivos que produce.

7. *Mycale caecilia*, Demospongiae-3 y Ascidiacea-4 presentaron una variación entre zonas de colecta en la concentración de compuestos tóxicos que producen para *Artemia salina*.

8. Algunos organismos como *Hymeniacidon sinapium*, *Lissodendoryx albemarlensis*, *Dysidea fragilis* Demospongiae-1 y Demospongiae-2 presentaron variación en la calidad de compuestos que producen entre diferentes zonas de colecta.

9. *Hymeniacidon sinapium*, *Axocelita originales*, *Lissodendoryx albemarlensis*, *Chondrilla nucula*, *Delaubenfelsia raromicrosclera*, *Tedania nigrescens*, *Leucetta losangelensis*, Demospongiae-5, Demospongiae-6, Ascidiacea-1, Ascidiacea-5, Ascidiacea-6 y Ascidiacea-7 (que utiliza como sustrato a *S. sinicola*) produjeron en ciertas épocas del año sustancias que favorecen la proliferación de bacterias para alimentarse ya que todos ellos son filtradores y primavera de 1998 fué la estación del año en que más se produjeron compuestos que atraen o promueven el crecimiento de bacterias.

10. *Proteus vulgaris* y *Bacillus subtilis* son los organismos de prueba más sensibles para la detección de alomonas que favorecen la proliferación de bacterias y el organismo de

prueba más sensible a los compuestos antibacterianos producidos por los organismos bentónicos de Santispac, BCS es *Bacillus subtilis*.

Estudio ecológico: Análisis de la comunidad macrobentónica

11. La variación de la dinámica de la comunidad es tal que no hay un patrón definido en los ensamblajes: De manera general se observa una mayor homogeneidad espacial que temporal.

12. Las especies con mayor Índice de Valor Biológico en la zona de estudio son: *Geodia mesotriaena*, *Pachyerianthus fimbriatus*, *Chondrilla nucula*, *Porites californica*, , Ascidiacea-3, *Toxadocia proxima* y *Pinna rugosa*.

13. El máximo de biodiversidad se encontró en primavera de 1998 y el mínimo en verano de 1998.

Ecología química

14. La baja biodiversidad en verano de 1998 está relacionada con la alta dominancia de las especies productoras de compuestos bioactivos.

15. Debido a que una de las funciones de los compuestos bioactivos es la de defensa, y a que son compuestos tóxicos o dañinos para otros organismos, las especies no bioactivas fueron excluidas por las especies productoras de metabolitos secundarios bioactivos.

16. La función ecológica más probable de los compuestos bioactivos que produce *Geodia mesotriaena* es para competir por espacio y permanecer en el medio.

17. Los organismos cuya importancia biológica está relacionada con la producción de metabolitos secundarios son: *Delaubenfelsia raromicrosclera*, *Hymeniacidon sinapium*, *Lissodendoryx albemarlensis*, Ascidiacea-3 y Ascidiacea-5.

* Cuando *Delaubenfelsia raromicrosclera*, Ascidiacea-3 y Ascidiacea-5 liberan compuestos tóxicos para *Artemia salina* en bajas concentraciones, su ocurrencia y permanencia en el medio es más efectiva.

* *Hymeniacidon sinapium* y *Lissodendoryx albemarlensis* necesitan producir altas concentraciones de compuestos tóxicos para *Artemia salina* para que su ocurrencia y permanencia en el medio sea efectiva.

18. *Chondrilla nucula* mostró una correlación negativa entre su IBV y la bioactividad en *Artemia salina*.

19. La bioactividad de *Lissodendoryx albemarlensis*, *Delaubenfelsia raromicrosclera*, *Hymeniacidon sinapium*, *Chondrilla nucula*, ascidiacea-3 y Ascidiacea-5 está más relacionada con factores bióticos que abióticos.

Recomendaciones:

Como una continuación del presente trabajo sería recomendable hacer las próximas investigaciones con los siguientes enfoques:

- Hacer muestreos bimensuales a lo largo de un ciclo anual para establecer la dinámica de la afinidad entre las especies bioactivas y determinar la variación en la concentración de compuestos bioactivos que producen, a una menor escala.
- Realizar otro tipo de bioensayos como el de citotoxicidad con células cancerosas humanas (con los extractos que fueron bioactivos para *Artemia salina*) y probar la actividad antincrustante.
- Continuar con la separación de los extractos hasta compuestos puros de aquellos que fueron bioactivos específicamente para un tipo de organismo de prueba; ya sea *Artemia salina* o bacterias, con la finalidad de determinar el compuesto responsable de tal actividad.
- Realizar un estudio más minucioso en alguna de las estaciones del año o en algunos de los transectos (reducir la escala espacial y temporal) para determinar la secuencia de la dinámica en la comunidad bentónica .

5. LITERATURA CITADA

- Asimov, I. 1979. El Libro de los Sucesos, Eventos, Hechos, Casos, Cosas. Lasser Press. 631 pp.
- Attaway, D.H. and O. R. Zaborsky, eds. 1993. Marine Biotechnology. Vol. I, Pharmaceutical and Bioactive Natural Products. Plenum Press, New York.
- Ballesteros, E., D. Martin and J. Uriz. 1992. Biological activity of extracts from some mediterranean macrophytes. *Botanica Marina*. Vol.35. 481-485.
- Baker, J.T. 1984. Natural Products and Drug Development P. Krogsgaard-Larsen, S. Brogger Christensen, H. Kofod, eds. Copenhagen.
- Bakus, G., Targett N. and Schulte B. 1986. Chemical ecology of marine organisms. An overview. *Journal of Chemical Ecology*. 12 (5): 951-981.
- Barnes, R.D. 1984. Zoología de los Invertebrados. Nueva Editorial Interamericana. México D.F. 1157 pp.
- Betancourt, L.M, F.F. González, A.B. González, A.G. Gracia y J.Z. Bastida. 1998. Variation of antimicrobial activity of the sponge *Aplysina fisatularis* (Pallas, 1976) and its relation to associated fauna. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 223 (1998) 1-18.
- Contreras Espinosa, F. 1988. Las Lagunas Costeras Mexicanas. CECODES/SEPESCA. 263 pp.
- Cronin, G. and M.E. Hay. 1996. Effects of light and nutrient availability on the growth, secondary chemistry, and resistance to herbivory of two brown seaweeds. *Oikos* 77:93-106.
- Cruz-Orozco, R., L. Godínez Orta, E. Nava Sánchez y S. Solis Nuñez. 1991. Algunos aspectos geológicos de Bahía Cocepción, BCS. En: *Oceanotas*, UABCS-Depto. De Geología Marina. 1 p.
- Fautin, D.G., eds. 1988. The Biomedical Importance of Marine Organisms. Memoirs of the California academy of Sciences # 13. California Academy of Sciences, San Francisco.
- Fenical, W. 1988. En D.G. Fautin (ed.) Biomedical Importance of Marine Organisms. Memories of the california Academy of Sciences. No. 13

- Fusetani, N. and S. Matsunaga. 1993. Bioactive sponge peptides. *Chem. Rev.*, 93, 1793-1806.
- Green, G. 1977. Antibiosis in marine sponges. Centro de ciencias del mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp 199-205.
- Green, G., Gomez, P., Bakus, G.J. 1985. Antimicrobial and ichthyotoxic properties of marine sponges from Mexican waters. In: Rützler, K. (Ed.), *New Perspectives in Sponge Biology*. 3rd Int. Sponge Conf. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., pp. 109-114.
- Harvell, C.D. and Fenical, W. 1989. Chemical and structural defenses of Caribbean gorgonians (*Pseudopterogorgia* spp.): Intracolony localization of defense. *Limnol. Oceanogr.* 34:382-389.
- Hay, M.E. 1996. Marine chemical ecology: What's known and what's next?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 200 (1996) 103-134.
- Heywood, V.H. and R.T. Watson. 1995. Global Biodiversity Assessment published for the United Nations Environment Program. Cambridge University Press. 1140 pp.
- Hickman, C.P., L.S. Roberto y F.M. Hickman. 1990. Zoología. Principios Integrales. Editorial Interamericano. 1119 pp.
- Ireland, C.M.; B.R. Copp,; M.P. Foster, L.A. McDonald, D.C. Radinsky and J. Ch. Swersey. 1993 en: D.H. Attaway y O.R. Zavorsky (eds) *Marine Biotechnology* vol. 1 Pharmaceutical and Bioactive Natural Products. Plenum Press. N.Y.
- Joandomenec, R. 1979. *Prácticas de Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona España. 181 pp.
- Jones, A. 1994. The Pharma-sea. *Financial World*, 163, 24-29.
- Kelly-Gutiérrez, L.D. 1997. Compuestos bioactivos de la esponja marina *Pseudosuberites pseudos*. Tesis para obtener el título de Oceanólogo. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas.
- Loya-Salinas, D.H. y Escofet, A. 1990. Aportaciones al cálculo del Índice de Valor Biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*, 16(2):97-115.
- Magallanes, O.V.R. 1992. Estudio del comportamiento de los procesos fisicoquímicos de estero Santispac en BCS., a través de una serie de 24 horas. *Res. IX Congr. Nal. Oceanogr.* 21. En: Castañeda López, O. y F. Contreras espinosa. (compiladores). 1993. Serie: Bibliografía comentada sobre Ecosistemas Costeros mexicanos. Vol.1:Baja California Norte y Sur. CONABIO/UAM-I/CDELM.489 pp.

- Magallanes, O.V.R., M.M. Grajeda M. y H. arce O. 1993. Variabilidad de parámetros físicoquímicos en la zona costera de Bahía Concepción BCS, México. *Res. V Congr. Latinoamer. de Cienc. del Mar*. 245. En: Castañeda López, O. y F. Contreras espinosa. (compiladores). 1993. Serie: Bibliografía comentada sobre Ecosistemas Costeros mexicanos. Vol.1:Baja California Norte y Sur. CONABIO/UAM-I/CDELM.489 pp.
- Margalef, R. 1980. Ecología. Ediciones Omega. S.A. Barcelona, España. 951 pp.
- Martin, D.F. and M.G. Padilla. 1973. Marine Pharmacognosy. Action of marine toxins at the cellular level. Academic Press. 307 pp.
- Meglitsch, P.A. and F. R. Schram. 1991. Invertebrate Zoology 3rd. edition. Oxford University Press.
- Obeso Nieblas, M., M.A. Alatorre Mendieta y A.R. Jiménez Illescas. 1996. Modelación de la marea en Bahía Concepción, BCS, México. *Océánides* 11(1):1-8
- Pawlik, J. 1993. Marine Invertebrate Chemical Defenses. *Chem. Rev.*, 93:1911-1922.
- Pellew, R. 1966. La evaluación mundial de la diversidad biológica. Nuestro Planeta. Revista del programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA). Tomo 7 No. 5. Contraportada.
- Rinehart, K., G. Holt, L. Fregeau, A. Keifer, R. Wilson, J. Perun, R. Sakai, G. Thompson, G. Stroh, S. Shields and S. Seigler. 1990. Bioactive compounds from aquatic and terrestrial sources. *Journal of Natural Products*. Vol.53. No.4. pp 791-792.
- Sanders, H.L. 1960. Benthic studies in Buzzard Bay. III. The Structure of the soft-bottom community. *Limnol. Oceanogr.*, 5: 138-153.
- Santa-María Gallegos, N.A. 1996. Ciclo de crecimiento y fenología de la fanerógama *Zostera marina* L. en Punta Arena, Bahía Concepción, BCS, México. Tesis de Maestría en ciencias con especialidad en manejo de recursos marinos. IPN. CICIMAR Centro Interdisciplinario de Ciencias marinas. 97 pp.
- Scheuer, P., 1986. Marine resources: The search for new chemicals from marine organisms. *Quarterly*. Vol 8. No.4. University of Hawaii Sea Grant College program. pp 1-8.
- Suárez-González, I. Y H. Reyes-Bonilla. 1999. Efectos de "El Niño" 1996-97 sobre el genero *Trapezia* (Brachyura) en el sur del Golfo de California, México. Libro de resúmenes del VII congreso de la asociación de investigadores del Mar de Cortes y I

simposium internacional sobre el Mar de Cortes. Academia de Ciencias del Mar del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 228 pp.

Sutton, B.D. y N.P. Harmon. 1994. Fundamentos de Ecología. Limusa Noriega editores. 239 pp.

Turon, X., Becerro, M. A. and Uriz, M. J. 1996. Seasonal patterns of toxicity in benthic invertebrates: the encrusting sponge *Crambe crambe* (Poecilosclerida). *Oikos* 75:33-40.

Uriz, M.J.; D. Martin, X. Turón, E. Ballesteros, R. Hughes and C. Acebal. 1991. An Approach to the ecological significance of chemical mediated bioactivity in Mediterranean benthic communities. *Mar. ecol. Progr. Ser.* 70: 175-188.

Whittaker, R.H. 1975. Communities and Ecosystems. 2nd ed. Mc Millan Pub. 385 pp.

Whittaker, R.H., and P.P. Feeney. 1971. Allochemics: Chemical Interactions between species. *Science* 171: 757-770.

Zar, H.J. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall Inc. USA. 718 pp.

ANEXO 1. Porcentajes de abundancia relativa del elenco de especies bentónicas de Santispac, BCS en diferentes estaciones del año.

ESPECIE	Otoño de 1997			Invierno de 1997			Primavera de 1998			Verano de 1998			Otoño de 1998		
	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3
<i>Geodia mesotriaena</i>	13.1	17.0	9.0	41.2	24.5	24.2	12.8	12.5	8.9	39.3	43.8	30.3	39.6	28.3	19.0
<i>Chondrilla nucula</i>	1.7	7.3	4.1	6.3	13.5	11.7	0.9	6.5	0.6	3.2	12.9	9.5	7.3	13.5	6.9
<i>Porites californica</i>	19.0	1.2	39.5	11.1	1.9	10.9	8.2	0	11.4	25.1	8.0	15.1	31.7	8.1	9.8
<i>Pachyerianthus fimbriatus</i>	0	0	0	12.7	14.1	7.0	11.9	34.2	21.0	7.7	26.5	33.7	8.5	17.5	30.6
Asciacea-3	29.7	24.3	10.4	0	2.5	5.4	1.8	15.7	1.9	1.9	1.2	3.0	0.6	1.3	0
<i>Pinna rugosa</i>	5.9	0	0	5.5	0.6	1.5	4.5	0	0	5.1	0.6	0.8	0.6	1.3	0.5
<i>Toxadocia proxima</i>	12.5	10.9	12.5	4.7	14.8	21.0	2.7	11.1	2.5	0	0	0	0	2.7	2.8
<i>Dysidea fragilis</i>	0	0	0	0	0	1.5	1.8	0	8.9	11.6	3.0	0.8	0	1.3	2.6
<i>Protothaca asperrima</i>	0	0	0	8.7	4.5	0	24.7	3.2	10.8	0	0	0	0.6	1.3	0
Demospongiae-3	0.6	7.9	0	5.5	3.8	9.3	0	0	0	0	0	0.4	0.6	0	0
<i>Hymeniacidon sinapium</i>	0	0	2.0	0	3.2	1.5	0	3.9	2.5	0	0	0	0	4.0	0.5
<i>Cliona celata</i>	0	1.8	2.7	0	3.2	0	0	0.6	3.1	0	0	0	0	0	2.3
<i>Anadara formosa</i>	5.3	3.6	1.3	0	0	0	0	1.3	0	0	0	0	0.6	1.3	0
Demospongiae-1	0	0.6	3.4	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0.8	0	2.7	0.8
<i>Phyllactis coccinata</i>	11.3	18.9	4.1	1.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycale caecilia</i>	0	0	0	0	0	0	5.5	0	0	1.2	0	2.1	0	4.0	2.0
<i>Lissodendoryx albemarlensis</i>	0	0	0	0	5.1	2.3	0.9	5.9	0.6	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-8	0	0	0	0	0	0.7	5.5	3.9	0.6	0	0	0	0	1.3	0
<i>Haliclona sp.</i>	0	0	0	0.7	1.2	0	5.5	0	0	0	0	0	0.6	1.3	0
Gusano tubicola	0	0	0	0	0	0	5.5	0	4.4	0	1.8	0.4	0	0	0
<i>Anadara sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	3.8	0	1.3	4.2	0	0
Rofophyta-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	2.7	16.4
<i>Arca pacifica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	3.6	5.4	0
<i>Strongylocentrotus sp.</i>	0	0	0.6	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0.4	0	0	0
<i>Tedania nigrescens</i>	0.6	0	0	0	0	0.7	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0.6	0	0	0	0.5
<i>Arca sp.</i>	0	5.4	9.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melobesia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0.9	0	7.0	0	0	0	0	0	0
Anthozoa-1	0	0	0	0	0	0	3.6	0	3.1	0	0	0	0	0	0

ESPECIE	Otoño de 1997			Invierno de 1997			Primavera de 1998			Verano de 1998			Otoño de 1998		
	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3
Holothuroidea-sp	0	0	0	0	0	0	0.9	0	2.5	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-10	0	0	0	0	1.9	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0
<i>Delaubenfelsia raromicrosclera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0	0	0.2
Asciacea-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3
<i>Ophiothrix spiculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8	0	0	0	0	0	0
<i>Anthopleura sp.</i>	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asciacea-1	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holothuroidea-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-11	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0
Lapas	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-12	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0
Asciacea-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0
Quitones	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0
<i>Modiolus demmisus</i>	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO 2. Resultados de los bioensayos con las especies que se localizaron únicamente en una estación del año. Porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* a cuatro concentraciones de extracto y halos de inhibición (en mm) en el crecimiento de las bacterias *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis* a tres concentraciones.

Organismo	Estación	<i>Artemia salina</i>				<i>Proteus vulgaris</i>			<i>S. epidermidis</i>			<i>Bacillus subtilis</i>		
		0.4 mg/ml	0.8 mg/ml	1.6 mg/ml	2.4 mg/ml	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg	2 mg	4 mg	6 mg
Demospongiae-13	Otoño-97	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ascidacea-8	Invierno-97	29.2 ± 0.7	58.2 ± 3.9	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-14	Invierno-97	0 ± 0	7.1 ± 0	17.9 ± 0.2	20.3 ± 4.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-15	Primavera-98	0 ± 0	23.6 ± 1.3	56.3 ± 0.7	92.8 ± 7.1	19.0	19.5	22.0	27.0	30.0	32.0	27.0	30.0	32.0
Demospongiae-16	Primavera-98	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	0	0	0	10.5	12.0	13.5	8.0	10.5	10.5
Demospongiae-17	Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	69.0 ± 2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-18	Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Toxopneustes roseus</i>	Verano-98	0 ± 0	0 ± 0	6.9 ± 0.7	9.1 ± 1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demospongiae-19	Otoño-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	14.7	17.5	19.7	15.0	16.0	17.0
Demospongiae-20	Otoño-98	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0