



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS**

**BIOLÓGICAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE CUATRO BAHÍAS DEL  
DESARROLLO TURÍSTICO HUATULCO, OAX.  
(SAN AGUSTÍN, TANGOLUNDA, CHAHUÉ Y SANTA CRUZ)  
EVALUANDO LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA”**

**T E S I S**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE**

**DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

**P R E S E N T A**

**PEDRO ALEJANDRO DE JESÚS MAGAÑA MELGOZA**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. SAMUEL GÓMEZ AGUIRRE †  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA**

**COMITÉ TUTOR: DRA. GUADALUPE DE LA LANZA ESPINO  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA**

**DRA. IRMA AURORA ROSAS PÉREZ  
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA**

**DR. SERGIO LICEA DURÁN  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**DRA. ADELA MONREAL GÓMEZ  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**DR. DAVID URIEL HERNÁNDEZ BECERRILL  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**MÉXICO, D.F.**

**MARZO 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta tesis doctoral está dedicada a la memoria de mi padre, Don Pedro Magaña por haberme mantenido con la idea de realizarla.

A mi familia, en especial a mi tía Lolita por su sabiduría y a mis hermanos Edmundo, Gladys y Leticia por su apoyo incondicional.

A mi esposa Conny por su ayuda y enseñanzas.

A las instituciones que me han formado académicamente, la Facultad de Ciencias y el Instituto de Ingeniería, donde se me enseñó la interdisciplina y por el apoyo económico brindado en su momento para la realización de la tesis.

Doy gracias sobre todo al Doctor Samuel Gómez Aguirre, que a pesar de su enfermedad me dio sabios consejos para la realización de la tesis, así como a los doctores miembros del jurado: Guadalupe de la Lanza Espino, Irma Rosas Pérez, Sergio Licea Durán, Adela Monreal Gómez y David Hernández Becerril por su paciencia y enormes aportes para finiquitar el documento.

A mis estudiantes, becarios y servicio sociales por el apoyo brindado.

## ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
<b>2.1 Estado Trófico</b>	4
2.1.1 Procesos de eutrofización	5
2.1.2 Causas y efectos de la eutrofización	6
2.1.3 Dinámica del ecosistema marino y la evaluación del estado trófico	7
2.1.4 Limitación de nutrimentos y competencia en comunidades fitoplanctónicas	8
<b>2.2 Parámetros importantes para evaluar el estado trófico por medio de la comunidad fitoplanctónica</b>	9
2.2.1 Diversidad – Equitatividad	9
2.2.2 Riqueza	11
2.2.3 <u>Clorofila a</u>	11
2.2.4 Número total de individuos	11
3. ANTECEDENTES	12
<b>3.1 Pacífico tropical</b>	13
<b>3.2 Golfo de Tehuantepec</b>	13
<b>3.3 Bahías de Huatulco</b>	13
4. ÁREA DE ESTUDIO	15
<b>4.1 Antecedentes</b>	15
<b>4.2 Localización</b>	16

	Pág.
4.2.1 Descripción de las diversas bahías pertenecientes al área de estudio	16
4.2.1.1 Bahía Santa Cruz	16
4.2.1.2 Bahía de Chahué	18
4.2.1.3 Bahía Tangolunda	19
4.2.1.4 Bahía San Agustín	20
<b>4.3 Clima</b>	20
4.3.1 Vientos	21
4.3.2 Radiación solar	21
<b>4.4 Geología</b>	21
<b>4.5 Hidrología</b>	22
<b>4.6 Oceanografía</b>	22
4.6.1 Tipos de costa	22
4.6.2 Morfología costera	23
4.6.3 Batimetría	23
4.6.4 Circulación marina	24
<b>4.7 Mareas</b>	25
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	26
<b>5.1 Muestreo de campo</b>	26
5.1.1 Colecta de fitoplancton	27
<b>5.2 Parámetros biológicos para evaluar la estructura de la comunidad</b>	30
5.2.1 Riqueza específica	30
5.2.2 Densidad	30
5.2.3 Índice de diversidad	30

	Pág.
5.2.4 Índice de equitatividad	31
5.2.5 <u>Clorofila a</u>	32
<b>5.3 <i>Análisis estadístico</i></b>	<b>33</b>
5.3.1 Prueba de H - Kruskal-Wallis	33
5.3.2 Correlaciones Múltiples y Análisis de Componentes Principales	34
5.3.2.1 Metodología Componentes Principales	34
<b>6. <i>Resultados</i></b>	<b>36</b>
<b>6.1 <i>Resultados fisicoquímicos</i></b>	<b>36</b>
6.1.1 Profundidad	36
6.1.2 Transparencia	36
6.1.3 Temperatura	39
6.1.4 Salinidad	39
6.1.5 pH	39
6.1.6 Oxígeno disuelto	39
6.1.7 Nutrientes	46
6.1.7.1 Nitrógeno total (orgánico y amoniacal)	46
6.1.7.2 Nitritos	46
6.1.7.3 Nitratos	46
6.1.7.4 Fósforo (total y ortofosfatos)	50
<b>6.2 <i>Resultados biológicos</i></b>	<b>50</b>
6.2.1 Fitoplancton	50
6.2.1.1 Riqueza general de especies	50
6.2.1.2 Variación estacional	50
6.2.1.3 Distribución espacio-temporal	51

	Pág.
6.2.1.4 Abundancia relativa por grupos	52
6.2.1.5 Densidad general por periodo de muestreo	56
6.2.1.5.1 Densidad por periodo de muestreo	56
6.2.1.5.2 Densidad a diferentes profundidades para los diversos periodos de muestreo	57
6.2.1.5.3 Abundancia relativa y densidad específica por periodos de muestreo	59
6.2.1.5.4 Riqueza específica, diversidad y equitatividad por periodo de muestreo	67
6.2.1.5.5 <u>Clorofila a</u>	82
6.2.1.5.6 Comparación de indicadores de la estructura de la comunidad fitoplanctónica para evaluar la eutrofización	85
<b>6.3 Análisis estadístico</b>	<b>89</b>
6.3.1 Resultados estadísticos	90
6.3.1.1. Análisis de componentes principales	90
6.3.1.2. Correlaciones factoriales	91
<b>7 Análisis de Resultados y Discusión</b>	<b>96</b>
<b>7.1 Profundidad</b>	<b>96</b>
<b>7.2 Transparencia del disco de Secchi</b>	<b>96</b>
<b>7.3 Temperatura</b>	<b>98</b>
<b>7.4 Salinidad</b>	<b>99</b>
<b>7.5 pH</b>	<b>100</b>
<b>7.6 Oxígeno disuelto</b>	<b>100</b>
<b>7.7 Nutrientes</b>	<b>102</b>
<b>7.8 Variación espacio-temporal fitoplanctónica</b>	<b>106</b>
<b>7.9 Abundancia relativa por grupos</b>	<b>108</b>

	Pág.
<b>7.10 Densidad por periodo de muestreo</b>	110
<b>7.11 Abundancia relativa y específica por periodos de muestreo</b>	112
<b>7.12 Diversidad y Equitatividad</b>	113
7.12.1. Equitatividad	117
<b>7.13 <u>Clorofila a</u></b>	118
<b>7.14 Respuesta de diversos indicadores para evaluar la eutrofización: Diversidad, Equitatividad, Densidad (fitoplancton de red) y clorofila a (todos los grupos de fitoplancton).</b>	121
<b>7.15 Análisis estadístico para probar hipótesis de estudio</b>	123
7.15.1. Análisis Multivariado, Correlaciones Factoriales entre variables independientes y dependientes y entre dependientes.	124
<b>8. CONCLUSIONES</b>	127
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	130

## INDICE DE TABLAS

No. Tabla		Pág.
I	Métodos de colecta y/o medición de los parámetros fisico-químicos evaluados en algunas localidades de bahías de Huatulco, Oax.	28
II	Metodología empleada en campo, laboratorio y gabinete para la caracterización de la comunidad fitoplanctónica.	29
III	Profundidad del disco de Secchi, transparencia, fecha y hora de muestreo. Bahías de Huatulco, Oax.	37
IV	Registro de temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad en bahía de San Agustín, Oax.	40
V	Registro de temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad en bahía Tangolunda, Oax.	40
VI	Registro de temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad en bahía Chahué, Oax.	41
VII	Registro de temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad en bahía Santa Cruz, Oax.	41
VIII	Resumen de los valores de densidad total (cél/l) y abundancia relativa de los principales taxa presentes en las tres épocas de muestreo.	55
IX	Resumen de los valores de densidad total, (cél/l) por bahía (fitoplancton de red). Bahías de Huatulco, Oax.	58
X	Densidad (cél/l) y abundancia relativa (%) en la época de lluvias (Septiembre, 1990), Bahías de Huatulco, Oax.	60
XI	Densidad (cél/l) y abundancia relativa (%) en la época de surgencias (Febrero, 1991), Bahías de Huatulco, Oax.	63
XII	Densidad (cél/l) y abundancia relativa (%) en la época de secas (Mayo, 1991), Bahías de Huatulco, Oax.	68
XIII	Riqueza específica, diversidad y equitatividad en época de lluvias (Septiembre 1990), en Bahías de Huatulco, Oax.	71
XIV	Riqueza específica, diversidad y equitatividad en época de surgencias (Febrero, 1991). Bahías de Huatulco, Oax.	78
XV	Riqueza específica, diversidad y equitatividad en época de secas (Mayo, 1991). Bahías de Huatulco, Oax.	81

No. Tabla		Pág.
XVI	Concentración de clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en bahías de Huatulco, Oax.	83
XVII	Comparación de indicadores de estructura de la comunidad para evaluar eutrofización Febrero (91).	87
XVIII	Comparación de indicadores de estructura de la comunidad para evaluar eutrofización Mayo (91).	88
XIX	Resultados de h-test de Kruskal-Wallis aplicados a la bahía control Chahué contra Tangolunda y Santa Cruz aplicada a diferentes parámetros biológicos (diversidad, equitatividad, densidad celular, riqueza específica y clorofila a) para los meses de Febrero y Mayo (91).	89
XX	Contribución de las variables basadas en correlaciones Febrero (91).	92
XXI	Contribución de las variables a las correlaciones Mayo (91).	92
XXII	Matriz de correlaciones de los eigenvectors Febrero (91) -Huatulco.	93
XXIII	Correlaciones mayo matriz de los eigenvectors (91) - Huatulco.	93
XXIV	Correlaciones factoriales entre variables dependientes e independientes febrero 1991	94
XXV	Correlaciones factoriales entre variables dependientes e independientes mayo 1991.	95

## INDICE DE FIGURAS

No. Figura		Pág.
1	Localización del área de estudio	17
2	Variación de la profundidad por estación y muestreo	38
3	Variación en la transparencia por estación y muestreo	38
4	Registro de temperatura en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo	42
5	Registro de salinidad en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo	43
6	Registro de pH en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo	44
7	Registro de oxígeno disuelto en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo	45
8	Registro de nitrógeno en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo	47
9	Registro de nitritos en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo	48
10	Registro de nitratos en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo	49
11	Abundancia relativa (%) del fitoplancton en el período de lluvias (Sep. 90) en bahías de Huatulco, Oax.	53
12	Abundancia relativa (%) de fitoplancton en el período de surgencias (Feb. 91) en bahías de Huatulco, Oax.	53
13	Abundancia relativa (%) del fitoplancton en el período de secas (May.91) en Bahías de Huatulco, Oax.	54
14	Densidad del fitoplancton en época de lluvias (Sep. 90), en bahías de Huatulco, Oax.	65
15	Densidad del fitoplancton en épocas de surgencias (Feb. 91), en bahías de Huatulco, Oax.	66
16	Densidad del fitoplancton en la época de secas (May.91) en Bahías de Huatulco, Oax.	72

No. Figura		Pág.
17	Riqueza específica del fitoplancton en la época de lluvias (Sep.90) en Bahías de Huatulco, Oax.	73
18	Diversidad del fitoplancton en la época de lluvias (Sep. 90) en Bahías de Huatulco, Oax.	74
19	Riqueza específica en época de surgencias (Feb. 91), en bahías de Huatulco, Oax.	76
20	Diversidad del fitoplancton en la época de surgencias (Feb. 91), en bahías de Huatulco, Oax.	77
21	Riqueza específica del fitoplancton en épocas de secas (May. 91), en Bahías de Huatulco, Oax.	79
22	Diversidad en época de secas (May.91), en Bahías de Huatulco, Oax.	80
23	Registro de Clorofila a en los diferentes períodos de muestreo para Bahías de Huatulco, Oax.	84

## INDICE DE TABLAS ANEXO

No. Tabla		Pág.
I	Registro de nitrógeno (total y amoniacal), nitritos, nitratos, fósforo total y ortofosfatos en bahía San Agustín, Oax.	1
II	Registro de nitrógeno (total y amoniacal), nitritos, nitratos, fósforo total y ortofosfatos en bahía Tangolunda, Oax.	1
III	Registro de nitrógeno (total y amoniacal), nitritos, nitratos, fósforo total y ortofosfatos en bahía Chahué, Oax.	2
IV	Registro de nitrógeno (total y amoniacal), nitritos, nitratos, fósforo total y ortofosfatos en bahía Santa Cruz, Oax.	2
V	Presencia de especies en época de lluvias (septiembre, 1990), en bahías de Huatulco, Oax.	3
VI	Presencia de especies en época de surgencias (febrero, 1991), en bahías de Huatulco, Oax.	7
VII	Presencia de especies en época de secas (mayo, 1991), en bahías de Huatulco, Oax.	10

## **RESUMEN**

Se evaluó el estado trófico en cuatro de las nueve bahías del desarrollo turístico Bahías de Huatulco, Oaxaca mediante tres muestreos en las épocas más representativas del sistema: periodo de lluvias (septiembre 1990), periodo de surgencias (febrero 1991) y secas (mayo 1991) en donde se obtuvieron muestras de agua de mar para la cuantificación de parámetros fisicoquímicos, así como colectas biológicas (pH, OD, temperatura, nutrimentos; fitoplancton de red 62µm y clorofila a.) Se analizó la estructura de la comunidad fitoplanctónica mediante la identificación y cuantificación de la densidad, abundancia relativa, además de la diversidad, riqueza de especies y equitatividad "j", entre las diferentes bahías. Los nutrimentos en general se mostraron por debajo del nivel de detección de los métodos empleados. El grupo dominante fué el de las diatomeas y su densidad específica fue baja, se presentaron especies características de surgencias con valores elevados de densidad celular. Las especies consideradas importantes para la zona de estudio en cuanto a su distribución espacio temporal fueron las siguientes: *Climacodium* sp., *Rhizosolenia styliiformis*, *Thalassiothrix mediterránea* var. *pacifica*, *Ceratium masiliense*, *Ceratium extensum*, *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Ceratium trichoceros*, *Ceratium tripos*, *Dinophysis caudata* y *Oscillatoria* sp.

Los valores bajos de diversidad indicaron posibles efectos de perturbaciones naturales sobre la comunidad fitoplanctónica y se presentaron tanto en las bahías consideradas como desarrolladas y en las bahías testigo. Pero en general los valores de diversidad fueron altos y de acuerdo a estándares internacionales y nacionales se evaluaron como aguas limpias. Los valores de densidad celular y clorofila a fueron bajos e indicaron condiciones en lo general de oligotrofia para las bahías, en el momento del muestreo, ya que en estudios realizados en otros ecosistemas marinos, señalan esas características como buenas condiciones ecológicas para los ecosistemas. Los datos anteriores fueron corroborados mediante un análisis estadístico de Kruskal-Whallis (no paramétrico) que nos indicó que las diferencias entre las bahías no son significativas ( $X^2_{.95}$  y  $X^2_{.99}$ ), lo que nos pudo validar la hipótesis de que durante la época de los muestreos analizados podría no haber algún factor que incidiera en la: densidad, diversidad, clorofila a, equitatividad y riqueza de especies para los meses de febrero y mayo del 91. Lo que pudo corroborar las conclusiones de los datos empíricos en el sentido de que los procesos naturales pudieron imperar en la zona de estudio para el momento del muestreo, y que la estructura de la comunidad fitoplanctónica podría ser un buen indicador para la evaluación del estado trófico. El análisis multivariado de Componentes Principales y Análisis Factorial nos pondero variables de la estructura de la comunidad fitoplánctica con altas correlaciones y con un nivel de significancia de  $<.05000$  para los periodos muestreados y nos señalaron que: la equitatividad, la riqueza y la clorofila a, como importantes en el muestreo, lo que se corroboró con datos bibliográficos de otros latitudes en donde se han realizado monitores de largo plazo.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Es de suma importancia realizar o diseñar estudios que contemplen parámetros fisicoquímicos, así como el análisis de las diversas comunidades biológicas que se encuentran en los diferentes sistemas, que nos puedan dar respuestas para un manejo adecuado y bien orientado para salvaguardar los ecosistemas mexicanos tanto marinos como terrestres con una amplia diversidad biológica, como es el caso de la comunidad fitoplanctónica que nos puede dar una respuesta temprana a problemas ambientales, como por ejemplo la introducción al sistema marino de nutrientes, que permitan tener información veraz para un manejo adecuado de las políticas de manejo ambiental.

El fitoplancton es una comunidad que responde a los cambios en la cantidad de nutrientes en el agua y por lo tanto nos puede dar información sobre la misma. El primer compartimento afectado es el de los productores incrementando su biomasa. En ésta tesis se estudia la comunidad fitoplanctónica como posible indicadora del estado trófico.

Para evaluar el estado trófico se tomaron en cuenta la densidad celular y abundancia relativa de los diferentes taxa. Así como la diversidad, equitatividad y la clorofila **a**.

La hipótesis será que el fitoplancton evaluado mediante la estructura de la comunidad como: la densidad celular, abundancia relativa, diversidad, equitatividad y clorofila a, nos indicarán el diferente estado trófico debido al diverso grado de desarrollo en que se encontraban las diferentes bahías: Tangolunda, Chahué, Santa Cruz y San Agustín en 1990 y 1991, para el momento del muestreo (monitoreo estacional) y en comparación relacionándolas con algunas experiencias internacionales que son las únicas que aportan valores con parámetros biológicos a nivel marino, ya que en México, solo se han dado valores de eutrofización para especies de un arroyo y laguna costera del estado de Oaxaca . A nivel costero en México no se ha realizado ningún estudio evaluando la estructura de la comunidad del fitoplancton ya que en el mundo se toma en cuenta básicamente la clorofila a.

Debido a la hipótesis anterior surgió la idea de realizar un proyecto en un desarrollo turístico que tuviese características únicas: de reciente formación pero que a la vez tuviese diferente grado de desarrollo. Estas características se dieron en Bahías de Huatulco, ya que las diferentes bahías que componen el desarrollo turístico se encontraban en diferentes etapas de construcción, lo que podría dar ocasión a evaluar posibles perturbaciones en esos diferentes niveles.

De esta manera surgió el proyecto denominado “Evaluación rápida del impacto producido por la primera etapa del desarrollo turístico Bahías de Huatulco, Oax., sobre algunas comunidades marinas litorales” patrocinado por el Instituto de Ingeniería, teniendo como base:

- a) Desarrollar lineamientos de una metodología de carácter ambiental de evaluación biológica y fisicoquímica, que ayudara a determinar impactos debido a las actividades del desarrollo turístico y;
- b) Monitorear y evaluar el impacto producido en la comunidad fitoplanctónica por el diverso grado de desarrollo de las bahías de la primera etapa del desarrollo turístico, fundamentalmente para evaluar el estado trófico.

Para la presente tesis se tuvieron como objetivos generales los siguientes:

1. Caracterización de la comunidad fitoplanctónica. Asimismo analizar la estructura de la misma, como posible indicadora del estado trófico en cuatro de las nueve bahías de que se compone el desarrollo turístico.
2. Obtener datos que sirvan de línea base en los periodos monitoreados para ubicar el estado trófico de las bahías estudiadas de Huatulco, para febrero, mayo y septiembre en 1990 y 1991.

### **Particulares**

- a) Determinar las especies más abundantes en espacio y tiempo y con amplia distribución dentro de la zona de estudio.
- b) Establecer las variaciones relativas a la distribución, abundancia relativa y densidad para las tres épocas más importantes de la zona de estudio tanto a nivel superficial como a media agua.
- c) Determinar la variación estacional de la riqueza específica, diversidad, equitatividad, densidad celular y clorofila a para determinar la estructura de la comunidad fitoplanctónica de cada periodo monitoreado. Así como su ponderación mediante análisis de componentes principales para establecer su importancia al evaluar el estado trófico.
- d) Establecer que estado trófico presenta la comunidad fitoplántica en las diferentes estaciones de las cuatro bahías para los períodos muestreados en 1990-1991 y que sirva de base para posteriores estudios, comparando los resultados encontrados con valores reportados de la literatura internacional.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Estado Trófico**

Uno de los complejos temas ambientales que a menudo se dan en los ecosistemas costeros, es el establecimiento del nivel trófico, un problema que se complica por las tendencias estacionales y la dificultad de distinguir entre estrés inducido de forma natural y antropogénico en el ambiente. (**Arhonditsis et al., 2003**).

El término comunidad es general y puede incluir varios tipos de comunidades acuáticas tales como fitoplancton, zooplancton, bénticas y de peces, aunque los efectos de la eutrofización marina se expande a todos los tipos de comunidades mencionadas anteriormente, dependiendo de la fase en que se encuentren las condiciones eutróficas, los primeros estadios se dan en el fitoplancton. Por lo tanto, si nuevas metodologías van a ser utilizadas en sistemas tempranos para alerta y para detectar tendencias eutróficas en el ambiente marino, se deberían enfocar en los cambios en la comunidad fitoplánctica durante la fase de los efectos iniciales (**Karydis y Tsirtsis, 1996**).

La evaluación y sistematización de los análisis estructurales de la comunidad fitoplánctica ha sido soportado por índices ecológicos, numerosos índices de diversidad, equitatividad y dominancia con especial relevancia a los ecosistemas acuáticos y a la de eutrofización marina costera.

### 2.1.1 Proceso de Eutrofización

La investigación en eutrofización marina empezó en los 50's y 60's, principalmente en USA y el Norte de Europa. Los temas principales fueron entradas y fuentes, factores limitantes, cocientes N/P, la influencia de la eutrofización en florecimientos fitoplanctónicos, efectos ecosistémicos, deficiencia de oxígeno, absorción de nutrientes entre otros. Sin embargo hubo controversia acerca de las causas de la eutrofización. (**Karydis y Tsirtsis, 2012**).

Los factores limitantes fueron la cuestión principal en la eutrofización marina durante los 60's, el argumento era que nutrientes deberían ser reducidos o removidos en orden de controlar las tendencias de la eutrofización, trabajando en la costa este de Estados Unidos concluyeron que el nitrógeno era el factor limitante para el fitoplancton marino.

Actualmente el nitrógeno sigue manteniendo un papel central en la limitación del nutriente en el ecosistema marino. (**ibid., 2012**). La eutrofización ha sido identificada como uno de los problemas emergentes en la zona costera en el siglo XX.

La definición más genérica que se aplica tanto a aguas dulces y marinas, para la eutrofización; es el proceso de enriquecimiento de las aguas con nutrientes, en primera instancia nitrógeno y fósforo que estimula la producción primaria y en sus más conspicuas manifestaciones (más serias), permite florecimientos algales visibles, nata algal, mejora el crecimiento algal bentónico y algunas veces un crecimiento masivo de macrofitas sumergidas y flotantes (**Wollenweider, 1992**).

Durante el proceso de decaimiento de materia orgánica consume y en casos severos agota la reserva de oxígeno del agua causando problemas secundarios como mortalidad de peces, formación de sustancias corrosivas como CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> y sustancias que producen olores y sabores, ácidos orgánicos, toxinas, etc.

**Bell (1992)**, define las siguientes categorías de daño:

- 1) Deterioro perceptible de la calidad del agua incluyendo cambios tróficos;
- 2) Daños a la salud crónicos o intermitentes incluyendo toxicidad y
- 3) Pérdida estética y de ahí valor recreacional.

### 2.1.2 Causas y efectos de la eutrofización

El agua de mar tiene abundantes elementos de importancia biológica excepto nitrógeno y fósforo, el primero se ha reconocido desde hace mucho tiempo que limita la producción en la mayoría de las circunstancias, en la zona costera.

Dentro de la zona costera llegan altas cargas de nutrientes y de ahí que se presenten altas concentraciones de los mismos, mientras que en mar abierto las condiciones son determinadas por la advección y difusión que resultan en gradientes de concentración.

De 40 a 60% de la carga de fósforo provienen de las descargas urbanas, pero puede alcanzar hasta 80%. Para el nitrógeno la fuente principal es la agricultura.

La eutrofización marina es un problema ubicuo de muchas áreas costeras que son ampliamente afectadas. El riesgo futuro por los efectos relacionados con la eutrofización es mayor en las regiones costeras, en donde se incrementan los asentamientos humanos y en donde los nutrientes entran de los bosques, tierra agrícola y la atmósfera (**Rosenberg et al, 1990**).

Los florecimientos algales en aguas costeras tropicales son ahora mucho más comunes que hace algunas décadas, por ejemplo: en el mar del Sur de China y a través del Océano Pacífico. Debido a los desechos urbanos, los florecimientos de microorganismos tóxicos como dinoflagelados y cianobacterias se han incrementado sustancialmente en los últimos 20 años.

Se han reportado algunos efectos de la eutrofización en ecosistemas costeros templados: El primero es un aumento en la carga de nutrientes que da como resultado una producción primaria alta, con los florecimientos mantenidos durante todo el periodo de crecimiento de la vegetación (**Larson et al, 1985**).

Se dan florecimientos intensos de algas verde azules en verano y pueden producir toxinas que causan enfermedad y muerte ocasional, entre mamíferos, pájaros; además los restos de las algas llegan a la línea de costa. Las aguas ricas en nutrimentos favorecen el crecimiento de algas filamentosas de rápido crecimiento en el Mar Báltico (**Larson et al, 1985**).

### 2.1.3 Dinámica del ecosistema marino y la evaluación del estado trófico

La dinámica natural del ecosistema marino, es de una circulación rápida de elementos entre los diversos compartimientos bióticos y abióticos. Para explicar los efectos del enriquecimiento por nutrimentos en las zonas costeras se requiere más información cualitativa tanto de los propios nutrimentos descargados por los ríos como de la composición del fitoplancton. Se deberá hacer una distinción importante dentro del fitoplancton tanto entre las diatomeas, que son caracterizadas por la presencia de la frústula de sílice y las otras algas representadas principalmente por las flageladas. Las primeras requieren de sílice como nutrimento esencial, para su crecimiento cuantitativo.

La entrada de sílice terrestre, el cual en su mayoría se origina en el agua de río por la disolución de rocas y minerales del suelo permanece esencialmente constante durante el tiempo, las entradas de nitrógeno y fósforo se incrementan como una consecuencia de desechos antropogénicos provenientes, además de los bosques, de la ganadería y la agricultura, por lo tanto, el crecimiento de las flageladas es favorecida mientras que el de las diatomeas se limita por la deficiencia de sílice (**Lancelot, et al, 1987**).

Estos mismos autores en Helgoland, Nor., observaron un incremento, en el largo plazo, en la biomasa de flagelados mientras que no sucede lo mismo para las diatomeas.

Desde un punto de vista práctico la composición de las especies de la comunidad algal es importante, ya que por ejemplo; las algas verde azules, los dinoflagelados y las algas verdes son nocivas debido a la toxicidad, formación de espumas, acumulación en playas, etc., mientras que otras especies por ejemplo; las diatomeas son en general registradas con un alto valor nutritivo para el zooplancton (**Granéli et al, 1990**).

#### 2.1.4 Limitación de nutrientes y competencia en comunidades fitoplanctónicas.

Los nutrientes limitan la producción en mares tropicales y subtropicales (**Krebs, 1985**). Es frecuente que dos elementos el nitrógeno y el fósforo limiten la producción primaria en los océanos, una de las sorprendentes características generales de estos últimos es la de sus concentraciones muy bajas en las capas superficiales en donde se desarrolla el fitoplancton, al tiempo que las aguas profundas contienen concentraciones mucho más elevadas de nutrientes. El nitrógeno suele ser un factor limitante del fitoplancton en muchas partes del océano (**Krebs, 1985**).

Dentro de la zona costera altas cargas de nutrientes se presentan mientras que en el mar abierto las condiciones son determinadas por la advección y la difusión que resultan en gradientes en la concentración.

La tasa de abastecimiento de nutrientes y la proporción de estas tasas de abastecimiento tienen una influencia decisiva en la composición de las especies de la comunidad fitoplanctónica. Porque las algas tienen diferentes requerimientos de nutrientes, algunas especies pueden ser limitadas por el fósforo, mientras que otras son simultáneamente limitadas por el nitrógeno (**Granéli et al, 1990**). Hay numerosas evidencias que ligan cambios en los nutrientes como recurso con cambios en la composición de las especies y la diversidad de las comunidades de plantas. (**Tilman, 1982**)

En hábitats acuáticos y terrestres el enriquecimiento por nutrientes tiene como consecuencia un decremento en la diversidad específica, dependiendo del tipo de enriquecimiento influencia cual especie puede llegar a ser dominante, el mismo autor, menciona que la competencia por los nutrientes inorgánicos influencia la estructura de la comunidad de plantas. En los sistemas acuáticos hay numerosos procesos físicos y biológicos que pueden causar distribuciones espaciales heterogéneas de nutrientes en lagos y océanos, procesos físicos de mezclado como las células de Langmuir combinadas con una estratificación vertical de nutrientes pueden causar heterogeneidad espacial en la escala apropiada de los ambientes acuáticos.

La teoría de la competencia por los recursos en un ambiente heterogéneo, tiene el potencial de predecir no sólo la dependencia de la estructura de la comunidad en la riqueza de los recursos sino también que especies serán dominantes en un hábitat y cuales serán dominantes con cualquier patrón de enriquecimiento.

**Dederen (1992)**, menciona que los principales factores que controlan los florecimientos algales son; la radiación, disponibilidad de nutrimentos, estratificación, salinidad y temperatura.

## **2.2 Parámetros importantes de la estructura de la comunidad para evaluar el estado trófico**

La aproximación a nivel estructura de la comunidad se consideró más robusto, porque la construcción del ambiente no recae solo en especies clave.

### 2.2.1 Diversidad- Equitatividad

**Tilman (1982)** utilizó datos de la densidad de población de cada especie y utilizó el índice de Shannon-Wiener y el Índice de Equitatividad de Pielou. El procesamiento numérico determina la estructura de la comunidad para unas condiciones particulares.

Si una comunidad tiene varios recursos limitantes, el enriquecimiento con todos, excepto uno, la comunidad podría irse rápidamente hacia la dominancia de una especie, la cual sería un competidor superior para el recurso limitante.

**Tilman, (Ibid.,1982)** mencionó que la eutrofización cultural de lagos, ríos, estuarios y las regiones costeras marinas tienen dos efectos consistentes: un incremento en la tasa de productividad primaria y un decremento en la diversidad de las especies de fitoplancton.

Un cambio ambiental a menudo lleva a una extinción local de muchas especies sensibles y a la dominancia de unas pocas tolerantes a la perturbación o a los organismos capaces de utilizar las nuevas condiciones para incrementar su crecimiento, así que los índices de diversidad se han utilizado como medidas de la perturbación en la comunidad.

En el caso de la eutrofización, se deberá analizar que el enriquecimiento de nutrientes inicial puede causar un incremento en la diversidad, **Tilman (1982)**, **Pagou (1986)** en **Karydys (1996)**. Hay dos áreas principales en las cuales las mediciones de la diversidad tienen una aplicación potencial, estas son la conservación, la cual es apuntalada por la idea de que las comunidades ricas en especies son mejor que las pobres y en el monitoreo ambiental donde se asume que los efectos adversos de la contaminación se reflejan en una reducción de la diversidad por un cambio en la forma de distribución específica.

En ambos casos la diversidad es utilizada como un índice de bienestar ecosistémico. El monitoreo ambiental hace un uso extensivo de los índices de diversidad y la distribución de la abundancia específica, mientras que la conservación se concentra casi exclusivamente en las medidas de la riqueza específica.

Hay un consenso general de que los sistemas enriquecidos o contaminados muestran una reducción en la diversidad, **(Magurrán, 1988)**.

Los índices más ampliamente usados son el de Shannon y Simpson. Si un estudio va a ser comparado con otro, es importante la consistencia al escoger el índice de diversidad.

Los índices de diversidad como el de Shannon y Brillouin fueron adaptados de la teoría de la información y son utilizados por los biólogos para medir los efectos del estrés en la estructura de la comunidad.

Estos índices toman en cuenta el número (pero no las clases), de taxa presentes y la equitatividad con la cual los individuos son distribuidos entre los taxa. **(Odum, 1984)**.

Teóricamente cuando las comunidades acuáticas son presionadas, el número de taxa, se reduce dando como resultado valores bajos de diversidad de Shannon y Brillouin.

Así como valores mayores de 3 se consideran como condiciones limpias, sin contaminación; valores de 3 contaminación moderada y valores menores de 1 gran contaminación **(Pontasch et al, 1988)**.

El índice de Shannon se aplica cuando la diversidad se va a estimar de muestras tomadas de grandes comunidades.

### 2.2.2 Riqueza

En suma el conocimiento de la composición de una comunidad puede mejorar sustancialmente la utilización de la aproximación indicadora, de alguna perturbación. El número de especies en una comunidad (riqueza) a menudo cambia con alguna perturbación y éste parámetro ha sido utilizado como indicador de la misma.

### 2.2.3 Clorofila a - Biomasa

**Aboul-Kassim et al (1992)**, mencionó que la clorofila a es considerada el pigmento principal que puede ser utilizado para establecer el estado trófico del agua. Los niveles de clorofila a tienen una correlación cercana con los nutrimentos y las variables de calidad del agua como la salinidad, temperatura y profundidad del disco de Secchi. La clorofila a es utilizada como una aproximación para la biomasa fitoplanctónica, es común en todos los métodos para evaluar la eutrofización y se utiliza como indicadora en aguas costeras.

### 2.2.4 Número total de individuos - Abundancia

Este parámetro es particularmente significativo en los estudios para evaluar el estado trófico, por que el principal síntoma de la eutrofización o enriquecimiento es el incremento en la biomasa fitopláctica (**Boesch, et al, 1977, en Mardetii, 1984**).

El número total de células fitoplanctónicas puede ser propuesto para discriminación de los niveles tróficos.

No hay muchos trabajos que midan la eutrofización basado en números celulares del fitoplancton. En trabajos de análisis espacial encontraron que el número de células fue una variable eficiente en el estudio de tendencias espaciales. (**Karydis, 2009**).

### **3. ANTECEDENTES**

En México generalmente se carece de información sistemática de la estructura y función de las comunidades biológicas, de donde se puedan tomar decisiones acerca de su manejo; Bahías de Huatulco no es la excepción, se carece de estudios que den información sobre el estado actual de las comunidades marinas, (antes de que se empezara a construir el desarrollo turístico y después).

Lo que se tuvo realmente fueron escasos trabajos sobre diversos aspectos de la Biología de las comunidades y algunos estudios oceanográficos de la zona marina.

En México las primeras muestras de plancton costero y lagunas costeras fueron tomadas por Osorio Tafall, Rioja Loabianco, Villalobos Figueroa, Bonet y otros (**Gómez-Aguirre, 1987**). A continuación se mencionan algunos trabajos encontrados en la literatura internacional y nacional sobre el Pacífico Tropical Oriental en lo relativo a aspectos oceanográficos y algunos biológicos. Se describirán también trabajos tanto de Oceanografía Física como Biológica sobre el Golfo de Tehuantepec y finalmente Bahías de Huatulco y sus zonas aledañas.

### **3.1 Pacífico Tropical**

A nivel del Pacífico Tropical: **Wyrtky (1963, 1966)**, en **De la Lanza (1991)**, midieron la variación de las temperaturas anuales y semianuales y estudiaron las masas de agua; **Cline y Richards (1972)**, evaluaron la capa de mínimo oxígeno y su relación con la reducción de nitratos; **Cane y Sarachik (1983)**, describieron el comportamiento oceanográfico; **Enfield y Alden (1983)**, midieron la variabilidad del nivel del mar a todo lo largo de la costa del Pacífico de México; **Alongi (1990)**, presentó una amplia descripción de las características físicas de los trópicos e hizo una descripción del bentos de fondos blandos.

### **3.2 Golfo de Tehuantepec**

**Secretaría de Marina (1978, 78a. 78b)**, **Vázquez-Gutiérrez et al, (1989, 1998)**, **Turner (1992)** estudiaron la **Oceanografía**; **Hurd (1929)**; **Alvarez et al, (1983)**; **Lavin et al, (1992)** describieron algunos fenómenos físicos inducidos por los vientos Tehuantepecanos sobre las aguas del Golfo; la **US Navy Hydrographic Office (1951)**, **Salas y Wogaurapp (1982)**, estudiaron el comportamiento de la circulación de las corrientes oceánicas; **Roden (1961)**, **Mc Creary et al, (1989)**, **Clarke (1988)**, investigaron la respuesta de circulación del Golfo de Tehuantepec a los vientos y su influencia sobre la temperatura superficial promedio; **Stumpf (1974)**, estudió el fenómeno de surgencias; **Cortés y Campos (1988)**, estudiaron los sedimentos superficiales del fondo marino colectados en la plataforma continental interna de la parte norte del Golfo.

### **3.3 Bahías de Huatulco**

**FONATUR (1987, 1988)**, realiza una serie de estudios de planeación económica y de urbanización para la zona; en 1984 realiza también un estudio de Ordenamiento Ecológico y Ambiental, **FONATUR (1984)**; **Magaña et al, (1990, 1991)** realizaron una descripción del escenario y la problemática ambiental del desarrollo turístico para esa época y dieron algunas posibles soluciones para su mitigación.

En cuanto aspectos hidrológicos y oceanográficos: **Alvarez et al, (1983)**, estudiaron la circulación superficial en Bahía Santa Cruz; **Rivero y Benítez (1988)**, realizaron observaciones hidrológicas para la misma bahía y bahías adyacentes.

Por lo que respecta al tema de la evaluación trófica marina para las bahías no se pudo encontrar ninguna información inclusive para México, pero existen dos trabajos de **Moreno-Ruiz et al., (2011)** en donde dieron valores tróficos para especies de algas del Arroyo el Zanjón y la Laguna Superior en el estado de Oaxaca.

En el ámbito internacional hay regiones en el mundo en donde está muy bien documentado el fenómeno, por ejemplo: tanto en el Mar Mediterráneo, como en el Báltico. Es en este último en donde se han documentado tanto el efecto en la calidad del agua como en las diversas comunidades biológicas: fitoplancton, zooplancton, necton y el efecto sobre las pesquerías (**Enoksson et al, 1990; Granéli, et al, 1990; Larsson, et al, 1985; Hansson, et al, 1990; Leppäkoski, E., 1980; Baden, et al, 1990**).

Para la zona de estudio se trabajaron algunos aspectos relacionados tanto a la flora marina como al fitoplancton y productividad primaria, siendo los anteriores estudios aislados que no contemplan la relación entre la estructura de las comunidades y el estado trófico, entre estos tenemos: el de **Huerta y Tirado (1970)**, en el cual se estudiaron las algas marinas en la zona del Golfo de Tehuantepec; **Moulin (1979)**, estudió la productividad primaria, y existen pocos estudios de la comunidad fitoplanctónica en el Golfo de Tehuantepec: **Avendaño 1978, Valero 1982, Benítez et al., (1988), Delgado et al., (1989), Pérez-Acuña (1986), Hernández Becerril y Meave, (1992), Cortés-Altamirano, et al, (1993), y Aké-Castillo (1997); Valero (1982)** estudió el fitoplancton y **Benítez et al., (1988)** el plancton presente en la dársena y el antepuerto, tocando aspectos de posible eutrofización.

**La Secretaria de Marina (1978c)**, describió el fitoplancton y al zooplancton en una estación oceánica cercana a las bahías.

## 4. ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1 *Antecedentes*

En 1969 y como parte de una estrategia para el desarrollo de nuevos centros turísticos, se descubrieron las bahías de Huatulco en el estado de Oaxaca.

Entre 1981 y 1982 se decidió desarrollar 7,500 Has, localizadas entre el Río Copalita y Cacaluta, para lo cual FONATUR realizó diversos estudios. **(FONATUR 1984; 1987; 1988a, 1988b)**. En 1982 se creó el Plan Maestro y en 1983 se tomó la decisión de crear el quinto desarrollo turístico integral.

El desarrollo turístico Bahías de Huatulco, se determinó a proceder por etapas.

Dentro de la primera etapa quedaron incluidas las Bahías de Santa Cruz, Chahué y Tangolunda, por considerarse las más atractivas, posteriormente se decide ampliar el área de desarrollo para incluir los bajos de Coyula y del Arenal.

En 1984 se expropiaron a favor de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) las 21,000 has, objeto del desarrollo en el municipio de Santa María Huatulco que fueron transferidas en propiedad al Fondo Nacional de Fomento al Turismo (**FONATUR, 1984**).

La superficie existente para el proyecto turístico corresponde a una franja costera con 35 kilómetros de longitud en el litoral y de 7 kilómetros de ancho.

De las 21 mil hectáreas mencionadas anteriormente se ha asignado un 95% al desarrollo turístico-urbano y 5% para la zona del aeropuerto. En su Plan Maestro se contempla la siguiente distribución: 9.9% para la zona turística; 3.3 % para zona urbana; 40.6 % destinadas a conservación ecológica y 46.1 % para otros usos ( [www.fonatur.gob.mx](http://www.fonatur.gob.mx)).

## **4.2 Localización**

El área de estudio, se encuentra situada en la costa del estado de Oaxaca, localizada aproximadamente entre los 15° 41' y 15° 48' de latitud norte y los 96° 02' y 96° 11' de longitud oeste (**FONATUR, 1984**), (**Fig. 1**). Se encuentra a 954 kilómetros de la Ciudad de México (vía Acapulco).

El complejo turístico Bahías de Huatulco consta de nueve bahías: San Agustín, Cacaluta, Chachacual, El Maguey y Organo, Santa Cruz, Chahué, Tangolunda y Conejos.

En el presente estudio solo se estudiaron cuatro: San Agustín (segunda etapa de construcción) Santa Cruz, Chahué y Tangolunda pertenecientes a la primera etapa de construcción. (**Fig. 1**).

### 4.2.1 Descripción de las diversas bahías pertenecientes al área de estudio

#### 4.2.1.1 Bahía Santa Cruz (1a fase del desarrollo turístico)

Es el poblado con intenso uso peatonal, uso del suelo mixto, hoteles de 3 y 4 estrellas.

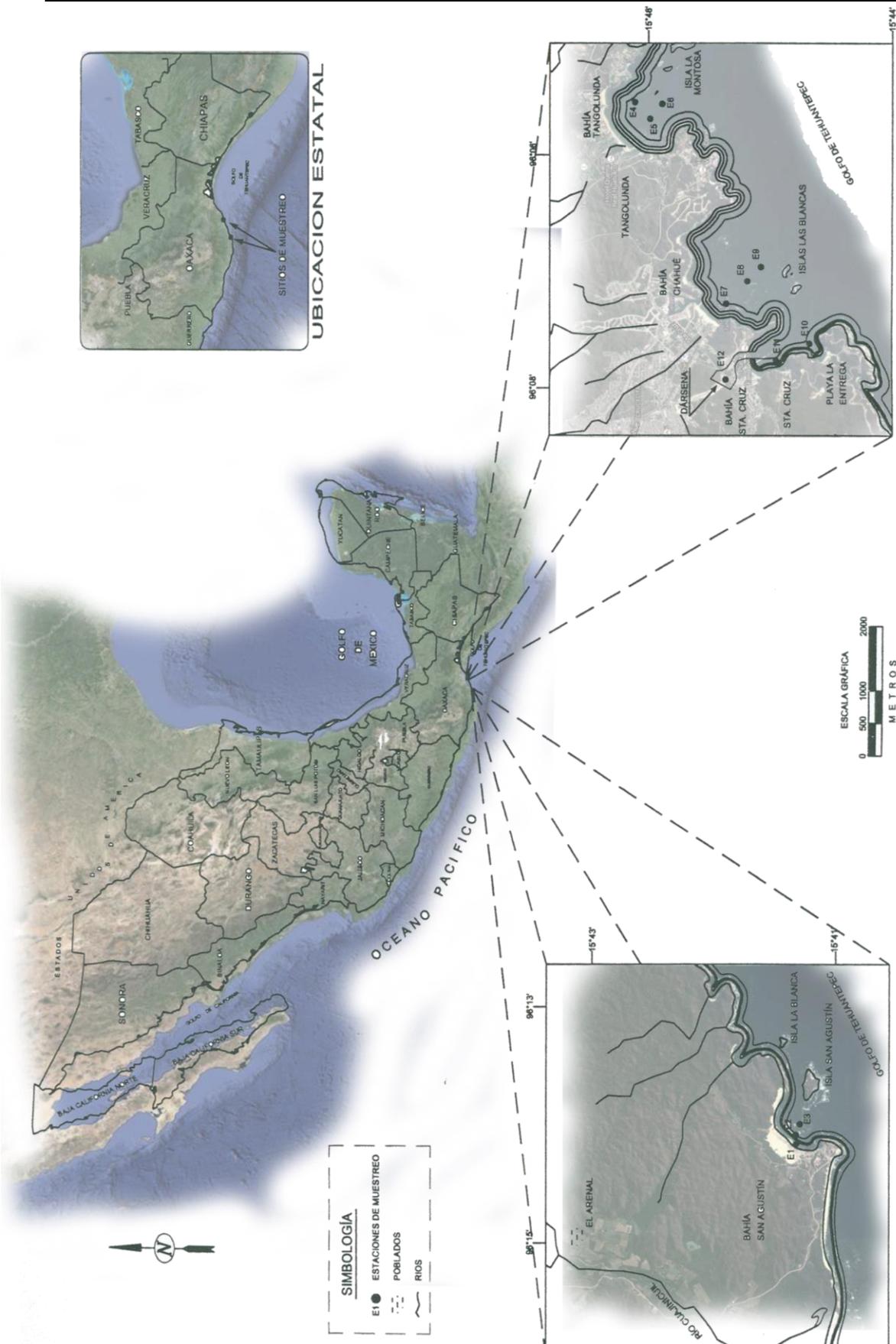


Fig 1 Zona de estudio

La Bahía de Santa Cruz, Huatulco, era el principal asentamiento humano en la región, cuando se inicio el desarrollo turístico, contaba entonces con 1,500 habitantes dedicados en su mayoría a la pesca por autoconsumo, **FONATUR (1984, 1988a, 1988b)**. Se localiza al sur del poblado La Crucecita.

En 1990 - 1991 se reconocían problemas de descargas residuales a la dársena provenientes de restaurantes en la playa y viviendas y tenía un uso intenso de lanchas por toda la bahía que hacían recorridos turísticos.

Esta bahía se consideró como desarrollada en aspectos urbano-turístico en el momento del muestreo. **(Fig. 1)**.

#### 4.2.1.2 Bahía de Chahué (1a fase del desarrollo turístico)

Bahía de Chahué se localiza al noroeste de la Bahía de Santa Cruz, Huatulco.

En la bahía de Chahué se alojarán la mayoría de las zonas habitacionales de las bahías centrales, donde habrá viviendas desde nivel medio, hasta de escasos ingresos. La zona aledaña al litoral será destinada a uso hotelero, lotes residenciales y condominios con frente a la dársena. Chahué será destinada para alojamiento turístico de baja densidad con condominios y tiempos compartidos en su frente de playa, su valle de acceso dará albergue a la zona urbana de los habitantes permanentes.

En el momento del estudio (1990 - 91) el frente de playa no tenía ningún tipo de construcción antes de llegar a la misma se cortaba el canal de descarga pluvial que daría salida a las aguas de lluvia a la bahía. En la actualidad, frente a la playa principal hay condominios y conjuntos de tiempos compartidos. En el Valle de acceso se han asentado el Centro Habitacional La Crucecita, cuenta con servicios turísticos de primera.

Se tomó como bahía testigo por su escasa infraestructura en el frente de playa en 1990-91. **(Fig. 1)**.

#### 4.2.1.3 Bahía Tangolunda (1a fase del desarrollo turístico)

Bahía Tangolunda se localiza a 7 Km al Noroeste de Santa Cruz Huatulco, por la carretera No. 200.

El área de la bahía Tangolunda contendrá: el desarrollo hotelero, servicios de apoyo turístico, la zona residencial con vista al mar y actividades recreativas de litoral. En el área de la cuenca habrá residencias unifamiliares y villas, además se localizará el campo de golf.

En Tangolunda se establecerá el puerto deportivo, la base de la flota pesquera, un parque de playa y zonas de conservación.

La bahía de Tangolunda será la que albergue los grandes hoteles y los fraccionamientos residenciales del centro turístico, tendrá también una casa club, además de una marina y un balneario.

Para 1989, estaban, contruidos los hoteles Sheraton, Royal Maeva y Club Med y se encontraban ubicados en el frente de playa.

El área de la bahía tenía para 1990 - 91 actividades recreativas de litoral (ski, yatismo, motoski, natación, etc.).

En la actualidad Tangolunda alberga los mejores hoteles de la zona, además de modernas plazas comerciales y el campo de golf profesional. Cuentan con zonas destinadas a residencias y villas.

Estaban en proceso de urbanización 100 mil metros cuadrados lo cual incluye: alumbrado público, sistemas de vialidad, red de agua potable, drenaje, alcantarillado y electrificación.

Tangolunda contaba con un sistema vial totalmente terminado, así como un sistema de captación de agua potable y la primera etapa de la instalación telefónica aérea. **(FONATUR 1984, 1988a, 1988b)**. Se consideró para el estudio, la bahía más desarrollada en ese momento desde el punto de vista turístico. **(Fig. 1)**.

#### 4.2.1.4 Bahía de San Agustín (2a fase del desarrollo turístico)

La última de las nueve bahías es San Agustín que tiene superficie de 1.04 km<sup>2</sup>. Está protegida por islas rocosas y tiene pendientes de tipo plano y convexo. Se localiza a 36 Km al suroeste de Santa Cruz Huatulco.

San Agustín es la bahía que tiene mayor extensión de playas. Frente a la bahía se encuentra la isla de San Agustín, la más extensa de las islas de Huatulco. En esta zona se ha considerado fundamental incluir tanto hoteles de lujo y hoteles complementarios (**FONATUR 1984, 1988a, 1988b**).

En la fecha que se realizó el estudio (1990 -91) tenía escasa infraestructura, restaurantes en la playa tipo palapa sin infraestructura de alcantarillado, esta bahía fue tomada también como testigo por la lejanía a las bahías que estaban siendo desarrolladas y como ya se menciono su escasa infraestructura en el frente de la playa. (**Fig. 1**).

### 4.3 *Clima*

De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por **García (1988)**, el clima de esta región es Aw” o w (ig), esto es cálido subhúmedo con lluvias en verano e invierno seco, con una precipitación anual de 935.7 mm. La temperatura mínima extrema se registra de 14°C en invierno y la máxima de 38°C a finales de primavera y durante el verano con ligeras oscilaciones térmicas (menores de 5°C).

El área se encuentra bajo la influencia de la zona intertropical de convergencia (ZIC), lo cual justifica que la época de lluvias sea de junio a septiembre, que es cuando se recibe el 97% de la lluvia anual, alcanzando su máximo en septiembre, mes en el que la influencia ciclónica provoca dicho aumento (**FONATUR, 1984**). La época de sequía es muy marcada y en consecuencia hay un ligero aumento de temperatura hacia finales de otoño y principios de invierno.

#### 4.3.1 Vientos

Los vientos dominantes en la zona son del oeste, sureste y sur durante la primavera y en el verano son únicamente del sur con una fuerte influencia del suroeste debido al desplazamiento de la zona intertropical de convergencias (ZIC) hacia el norte.

Los vientos que con fuerza soplan en esta zona son los denominados nortes, los cuales se registran entre noviembre y febrero, sus vientos alcanzan una velocidad promedio de 26 km/h. Dichos vientos se modifican en la costa hacia el noroeste teniendo una influencia decisiva en el fenómeno de surgencias. Estos vientos se conocen con el nombre de Tehuantepecanos, su incidencia es mayor hacia el invierno y pueden sentirse a varios kilómetros hacia el sur, **Díaz (1985)**.

#### 4.3.2 Radiación Solar

Los valores máximos se presentan en los meses de abril a junio con 525 ly/día.

A partir de julio empieza a decrecer paulatinamente hasta llegar a sus valores mínimos en los meses de diciembre y enero, con 400 ly/día y desde febrero aumenta gradualmente hasta alcanzar su máximo en abril (**FONATUR. 1984**).

### **4.4 Geología**

El área se encuentra localizada dentro de la provincia Geomórfica X (**según Robles en Tamayo, 1970**) en la Planicie Costera Itsmica Panameña.

El cordón litoral esta formado por las playas, terrazas y áreas lacustres. Las playas están formadas por: Regosol calcáreo, Regosol eútrico con textura arenosa (>65%) y suelos profundos (> 100 cm).Las áreas lacustres están formados por Solonchack gleyico con una clase textural de arena fina y suelos profundos (> 100 cm) (**FONATUR, 1984**).

#### **4.5 Hidrología**

El área de las bahías pertenece a la región hidrológica No 21 - Costa de Oaxaca - Puerto Angel (**SARH, 1981**). A esta corresponden las subcuencas: Río Copalita y Río Cozoltepec, así como en forma parcial los ríos de San Pedro Pochutla, Valdeflores y Tonameca. La red hidrológica del área se compone de escurrimientos que se originan en las partes altas y su desarrollo es sensiblemente perpendicular hacia la costa con excepción del Río Copalita de características diferentes.

El Río Copalita es el caudal más importante de la zona, es perenne y se origina en la Sierra Madre del Sur, para el río Copalita se reporta un volumen medio anual de 1,095 millones de m<sup>3</sup>, este río se considera de suma importancia porque es una fuente de suministro de agua del Desarrollo Turístico Bahías de Huatulco.

Existen cuatro lagunas litorales perennes las cuales se alimentan de escurrimientos, que se desarrollan en lomeríos y pequeñas sierras al norte del área, éstas son salobres por su comunicación con el mar. Tres de ellas se localizan en su totalidad en el área: Chacahija, San José Manialtepec y Lagartero, además de la laguna de Pastoria, la cual es el cuerpo de agua más grande de la zona.

#### **4.6 Oceanografía**

##### 4.6.1 Tipos de costa

Las costas en el área de estudio de acuerdo con la clasificación de provincias fisiográficas de la República Mexicana quedan comprendida en la Planicie de Chiapas que a su vez comprende la Planicie Costera Amplia, entre Cabo Corrientes y el Río Suchiate.

**Davies (en Secretaria de Marina, 1978b)**, en su clasificación morfogénica de las líneas de costa considera la región del Golfo de Tehuantepec con ambientes de olas de mar profundo y por su rango de mareas comprendido entre los 0 y 2 metros la considera en el ambiente micromareal (microtidal).

De acuerdo con la clasificación tectónica de **Inman y Nordstram (1971)** las costas de la región son costas de colisión continental, las cuales se encuentran afectadas tectónicamente por el contacto entre la Placa de Cocos y la Placa de América.

Según la clasificación geomorfológica de **Shepard (1973)** en o cerca del área de estudio predominan las costas primarias formadas por movimientos diastróficos, con fallas, costas de escarpes de fallas y en menor escala costas secundarias, producto de la erosión del oleaje.

En **1975, Carranza - Edwards et al.**, clasificaron a las costas del área de estudio dentro de la unidad morfotectónica número VIII, la cual comprende el litoral del Pacífico Sur desde Puerto Vallarta, Jalisco hasta Tehuantepec, Oaxaca. Esta unidad se encuentra en la Planicie Costera Sudoccidental, la cual limita al norte con la Sierra Madre del Sur, al oeste con la Cordillera Neovolcánica y al este por el Portillo Itsmico.

En lo general, se presentan costas rocosas abruptas, a excepción de algunas áreas donde por influencia de las corrientes fluviales, se desarrolla una incipiente planicie costera.

#### 4.6.2 Morfología Costera

La zona de las bahías es una zona agreste en su costa con extensas playas arenosas abiertas, las cuales se suceden entre morros y acantilados en su parte rocosa, que son porciones de la Sierra Madre del Sur que penetran al mar, las bahías son protegidas por islotes rocosos.

En esta zona la plataforma es más estrecha y más profunda que la de otras regiones en el Golfo de Tehuantepec. (**FONATUR, 1984**).

#### 4.6.3 Batimetría

Por lo que respecta a la batimetría a nivel de Golfo de Tehuantepec las profundidades son menores de 100 brazas (160.0 m.), situándose la línea batimétrica que corresponde a la máxima profundidad frente a Puerto Angel a una distancia de 12 millas de la costa.

La curva de 100 brazas se presenta irregular, la de 20(32.0 m) sigue la línea de costa paralelamente a distancias que varían de dos millas (parte occidental) hasta 10 millas en la parte norte y sureste del litoral mismo (**Secretaria de Marina, 1978a**).

#### 4.6.4 Circulación marina

Las masas de agua estacionadas frente a los litorales de Oaxaca, están sujetas al intercambio de las corrientes del Golfo de Tehuantepec, provenientes del Océano Pacífico y la Corriente Norecuatorial, **Secretaria de Marina, (1978a)**.

Las corrientes superficiales en el Golfo de Tehuantepec a gran escala (**Wyrski, 1965 en De la Lanza 1991**), indican una corriente hacia el oeste frente a la costa de Salina Cruz durante casi todo el año.

La **US Navy Hydrographic Office (1951)** describe corrientes costeras hacia el centro del Golfo de Tehuantepec (costa norte) como una respuesta al desplazamiento de agua hacia mar abierto originado por el arrastre de los fuertes vientos del norte, Tehuantepecanos. La rapidez de la corriente puede alcanzar 100 cm/seg. Frente a Salina Cruz esta corriente se dirige hacia el este, invirtiendo su sentido cuando la fuerza del viento cesa y se tiende a restablecer el equilibrio de la superficie del mar (**Roden 1961, en De la Lanza 1991**).

**Blackburn (1962, en De la Lanza, 1991)**, establece que el viento produce una corriente desde la parte norte y central del Golfo de Tehuantepec, dirigida al sur y suroeste con meandros que resultan de la interacción con la circulación general hacia el noroeste, presente frente a las costas de México en esa región.

A menor escala, la circulación superficial frente a Salina Cruz es hacia el este y a más de un kilómetro de la costa. Las bahías protegidas pueden presentar circulación en sentido opuesto (hacia el oeste), con menor rapidez y sobre sus márgenes norte como parte de giros ciclónicos.

Estos giros pueden ser inducidos por la corriente que fluye al este del mar abierto y por el efecto de protección de las puntas. Además, se asume que las corrientes tienden a ser paralelas a la costa o hacia aguas profundas, **Alvarez. Et al. (1983)**, en **De la Lanza (1991)**.

El viento produce una región altamente divergente en la parte central del Golfo de Tehuantepec relacionada profundamente con la rotacional del viento, **Roden (1961)**, **Blackburn (1962)**, en **De la Lanza (1991)**, lo cual lleva a una predicción de surgencias de hasta 10 m por día durante los Tehuantepecanos.

El límite oeste de la surgencia esta bien definido, coincide con la posición de la Cordillera Submarina de Tehuantepec, la que sugiere que la topografía controla los límites de la surgencia, **Stump, (1975) en De la Lanza, (1991)**.

#### **4.7 Mareas**

En la zona del Golfo de Tehuantepec en donde se sitúan las Bahías de Huatulco, el régimen de mareas es del tipo mixto semidiurno con dos pleamares y dos bajamares para cada día de marea (**FONATUR e Instituto de Geofísica UNAM, 1990**).

Sin embargo, la fase de marea varía muy lentamente, o sea que las horas de las pleamares y bajamares en toda esta zona ocurren casi simultáneamente.

## **5. MATERIAL Y METODOS**

### **5.1 *Muestreo en campo***

Se realizó un muestreo estacional en los tres periodos más importantes, desde un punto de vista climático, para la zona de estudio (septiembre 1990 - época de lluvias, febrero 1991 - época de surgencias y mayo 1991 - época de secas).

Los muestreos se realizaron en cuatro de las nueve bahías de que se compone el desarrollo turístico, buscando que hubiese una diferencia en el grado de desarrollo de cada una de ellas (Tangolunda y Santa Cruz; hasta ese momento con el mayor grado de desarrollo, la primera turística y la segunda urbana; se tomaron como bahías testigo Chahué y San Agustín, ya que en ellas solo había actividades rudimentarias de los pobladores. Las tres primeras contempladas en la primera fase de construcción y la última dentro de la segunda fase). La importancia de haber tenido bahías testigo se dio para tener valores de referencia y poder determinar un posible impacto por la eutrofización al haber realizado análisis estadísticos.

En las cuatro bahías mencionadas se ubicaron tres estaciones longitudinales formando un transecto costa-mar, buscando los gradientes longitudinales de los diferentes parámetros tanto fisicoquímicos como biológicos (costa-boca de las bahías), (**Fig. 1**).

#### 5.1.1 Colecta de fitoplancton

Las muestras de fitoplancton se tomaron desde una lancha con motor fuera de borda (45 Hp) de 7 m de eslora y 2 m de manga, a la velocidad mínima de la lancha.

Para la captura de fitoplancton se utilizó una red Clark-Bumpus con una malla de 62 $\mu$ , los arrastres se hicieron de manera horizontal tanto en superficie como a media agua con duración de 2 minutos, considerando la homogeneidad y poca profundidad de la columna de agua. Las muestras se fijaron con formol al 4% neutralizado con borax.

Por la lejanía entre las bahías; Bahía San Agustín se muestreo un día antes que Tangolunda, Chahué y Santa Cruz, el muestreo se fue realizando a lo largo del día. Durante el muestreo se tomaron diversos parámetros fisicoquímicos **in situ**: pH, temperatura, oxígeno disuelto y transparencia.

Se colectaron muestras de agua para ser procesadas en los laboratorios del Instituto de Ingeniería de la UNAM, analizados por personal del mismo con la finalidad de determinar los siguientes parámetros: nitrógeno total (orgánico; amoniacal), nitratos, nitritos, fósforo total, ortofosfatos, los métodos de análisis se aprecian en forma resumida en la **Tabla I**.

En gabinete se identificaron las especies, con claves especializadas. Se evaluó la riqueza específica, se calculó la densidad, diversidad, equitatividad, y la clorofila a; en la **Tabla II** se pueden apreciar en forma resumida los métodos empleados.

A continuación se da una breve descripción de algunos de los parámetros biológicos utilizados:

TABLA I. MÉTODOS DE COLECTA Y/O MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EVALUADOS EN ALGUNAS LOCALIDADES DE LAS BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

Parámetro	Método de colecta y/o Medición de la muestra	Método de Análisis in situ y/o Laboratorio	Unidades	Observaciones y Comentarios
Profundidad	Medición con sondaleza de plomo y cable graduado. <b>In situ</b>	Se corroboró ubicación y profundidad del punto de muestreo	(m)	Se determinó la profundidad en el fondo de cada estación
Temperatura	Medición por método directo con el sensor del salinómetro Marca Beckman mod. 540 y con el termómetro Taylor de -10 a 50°C. <b>In situ</b>	Se corroboró con información local	(°C)	Registro en superficie, media y fondo
Salinidad	Colecta de submuestras con Botella Van Dorn. Método de evaporación	La salinidad se estimó a partir de la concentración de sólidos totales fijos, los cuales son una medida de la concentración de sales disueltas. Transformando mg/l a o/oo, siendo la relación de 1:1000. Sevilla (1977), SARH (1981)	(o/oo)	Registro en superficie, media y fondo.
Profundidad del Disco Secchi	Medición por método directo utilizando el Disco de Secchi. <b>In situ</b>	Se calculó la transparencia (%), tomando la relación profundidad de punto de muestreo/profundidad Disco Secchi.	(m)	Hasta la profundidad de desaparición del disco
Potencial de Hidrógeno	Colecta de muestra con botella Van Dorn y por método directo. <b>In situ</b>	Se utilizó un potenciómetro Marca EXTECH, calibrado con solución Buffer 4 y 7. También se utilizó papel pH.	Unidades	Medición en superficie, media y fondo
Oxígeno Disuelto	Medición por método directo, con oxímetro YSI mod. 54 arc; colecta de muestra con botella Van Dorn. <b>In situ</b>	Método de Winkler (APHA, AWWA y WEF., 1992).	(mg/l)	Colecta en superficie, media y fondo. (Solo en febrero y mayo)
Nitrógeno Total (Orgánico y Amoniacal)	Colecta de submuestra con botella Van Dorn	Técnica de Macro-Kjeldahl, APHA, AWWA y WEF (1992)	(mg/l)	Colecta en superficie, media columna.
Nitratos	Colecta de submuestra con botella Van Dorn	Método de la Brucina APHA, AWWA y WEF. (1992)	(mg/l)	Colecta en superficie y media columna
Nitritos	Colecta de submuestra con botella Van Dorn	Método Colorimétrico (Sulfanilamida). APHA, AWWA y WEF (1992)	(mg/l)	Colecta en superficie y media columna
Fósforo Total	Colecta de submuestra con botella Van Dorn	Método de digestión derivado del método de Cloruro Estanoso. Sevilla (1979)	(mg/l)	Colecta en superficie y media columna
Ortofosfatos	Colecta de submuestra con botella Van Dorn	Método de Cloruro Estanoso. Sevilla (1977)	(mg/l)	Colecta en superficie y media columna

LAS LECTURAS DE LOS NUTRIMENTOS SE REALIZARON CON UN ESPECTROFOTÓMETRO MARCA PERKIN-ELMER LAMBDA 3B.VV/VIS.

TABLA II. METODOLOGÍA EMPLEADA EN CAMPO, LABORATORIO Y GABINETE PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

PARÁMETRO	TRABAJO EN CAMPO Y LABORATORIO	GABINETE
Colecta	Lancha con motor fuera de borda 45 Hp., Red-Clarke Bumpus, arrastre horizontal 2 minutos de duración. Malla 62 micras	
Lista de especies Identificación Taxonómica	Microscopio Leitz, modelo Laborlux S; 10, 20 y 40 X	Claves especializadas: <b>Marschall H. G. (1986); Cupp (1943); Kremer L. y Rosa M. (1983)</b> , entre otras.
Riqueza específica	Número de especies identificadas por estación	
Densidad	Conteo por transectos mediante celdilla Sedgwich-Rafter y Microscopio Leitz, Laborlux S. 10x. Utilización de un micrómetro Whipple para medición del transecto. Comparación espacio temporal entre cuatro bahías.	<b>Owen (1974)</b>
Diversidad	El índice de Shannon-Wiener se calculó mediante el programa en Basic SPDIVERS.BAS* <b>Ludwig J.A. y Reynolds, J. (1988)</b> . En una Computadora Acer 386.	
Equitatividad	Índice de Pielou. Se calculó mediante el programa SPDIVERS.BAS* ( <b>ibid.</b> )	
Clorofila a	Método SCOR-UNESCO ( <b>Strickland y Parsons 1979</b> )	
Estadística		
Kruskall-Wallis	<b>Spiegel (1991)</b>	
Análisis Multivariado	Se utilizó el paquete Statistics No. 7	
Componentes Principales	Se utilizó el Paquete Statistics No.7	
Análisis Factorial	Se utilizó el Paquete Statistics No.7	

## **5.2 Parámetros biológicos para evaluar la estructura de la comunidad fitoplanctónica.**

### 5.2.1 Riqueza específica

Es el número de especies por estación, el cual depende del tamaño de muestra y el tiempo empleado en muestrear.

### 5.2.2 Densidad

La densidad de la población es la magnitud de esta en relación con alguna unidad de espacio. Se suele verificar y expresar como el número de individuos, o la biomasa de la población, por unidad de superficie o de volumen (**Odum, 1984**).

La densidad se calculó según la siguiente fórmula (**Owen, 1974**).

$$\text{Organismos por litro} = \frac{\text{organismos (células) por ml de concentrado} \times 1000}{\text{Factor de concentración}}$$

$$\text{Factor de concentración} = \frac{\text{Volumen de agua filtrada (ml) (red)}}{\text{Volumen de concentrado (ml) (muestra)}}$$

### 5.2.3 Índice de diversidad

La diversidad es una expresión de la estructura que resulta de las formas de interacción entre elementos de un sistema (**Margalef, 1974**). Los índices de diversidad incorporan ambas; la riqueza específica así como la equitatividad en un valor.

El índice de Shannon, H' ha sido probablemente el índice más ampliamente utilizado en ecología de comunidades. Está basado en la teoría de la información (**Shannon y Wiener, 1963**) y es una medida del grado promedio de incertidumbre.

El promedio de incertidumbre se incrementa como el número de especies se incrementa y como la distribución de las especies es equitativo, así,  $H'$  es máxima solo cuando todas las especies son representadas por el mismo número de individuos, que es una perfecta distribución equitativa de las abundancias.

La ecuación para la función de Shannon, la cual utiliza logaritmos naturales ( $\ln$ ) es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i)$$

Donde:

$H'$  = Es el promedio de incertidumbre por especie en una comunidad infinita hasta  $S$  especies con abundancias proporcionales conocidas:  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_s^*$ .

$S^*$  y  $p_i$ . Son parámetros poblacionales:  $n$  y  $n_i$

$n_i$  = Es el número de individuos pertenecientes a la  $i$ th especie en la muestra y;

$n$  = Es el número total de individuos en la muestra.

#### 5.2.4 Índice de equitatividad

Cuando todas las especies en una muestra tienen igual abundancia, el índice de equitatividad deberá ser máximo y decrece hacia cero en la medida que las abundancias relativas de las especies divergen lejos de la igualdad. En un intento de cuantificar la equitatividad componente de la diversidad se han propuesto un número de índices.

**Hulbert (1971; en Ludwig, 1988)** notó que el índice de equitatividad tiene esa propiedad y puede ser representado como:

$$V' = \frac{D}{D_{\text{máx}}} \quad \text{o} \quad V = \frac{D - D_{\text{mín}}}{D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}}}$$

Donde:

$D$  = Es algún índice de diversidad y;

$D_{\text{mín}}$  = Valor mínimo que  $D$  puede obtener

$D_{\text{máx}}$  = Valor máximo que  $D$  puede obtener

Probablemente el índice más común de equitatividad utilizado por los ecólogos, es:

$$E1 = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Es la familiar  $J'$  de **Pielou (1975)** la cual expresa  $H'$  relativo al máximo valor que  $H'$  puede obtener cuando todas las especies en la muestra sean perfectamente equitativas con un individuo por especie ( $\ln S$ ).

#### 5.2.5 Clorofila a

Las algas no son un grupo distinto taxonómicamente, pero son un conjunto, como los invertebrados, de divisiones no necesariamente muy relacionados, y una característica común entre las divisiones es la clorofila **a** (**Moss, 1980**).

Un método rápido para determinar la densidad del fitoplancton en una muestra comprende la extracción y medida de la concentración de clorofilas. (**Dawes, 1986**).

El método seguido en este estudio fue el de **Strickland y Parsons (1979)** que sigue al del grupo de SCOR-UNESCO (**1966, en Strickland y Parsons, 1979**).

La muestra se centrifuga y se determina el pigmento midiendo su absorbancia a 630, 645 y 665 nm en un espectro fotómetro; la formula apropiada para determinar la clorofila es:

$$C_a = 11.6D_{665} - 1.31D_{645} - 0.14D_{630}$$

Donde:

D = absorbancia

C = cantidad de clorofila en  $\mu\text{g/l}$

### 5.3 Análisis estadístico

#### 5.3.1 Prueba de H de Kruskal-Wallis

Los programas de monitoreo a menudo intentan comparar las condiciones de la calidad del agua en un sitio contra otro (quizá como un sitio testigo) en el caso de estudio se refiere a comparar nuestras bahías desarrolladas contra nuestras bahías testigo. Hay varios métodos estadísticos para comparar dos o más datos, en el caso de estudio se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para hacer múltiples comparaciones.

Una generalización para K muestras la da la prueba H de Kruskal-Wallis o simplemente H-test. El H-test puede describirse como sigue:

Sean K muestras de tamaños  $N_1, N_2, \dots, N_K$   
Con tamaño suma total  $N = N_1 + N_2 + \dots + N_K$

Supongamos que los datos de todas las muestras se ordenan y que las sumas de rangos para las K muestras son  $R_1, R_2, \dots, R_K$ , respectivamente.

Se define el estadístico

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^K \frac{R_j^2}{N_j} - 3(N+1)$$

El H-test nos da una prueba no paramétrica en el análisis de varianza para experimentos de un factor y admite generalización, (**Spiegel, M.R. 1991**).

Se puede demostrar que su distribución es muy próxima a una distribución ji-cuadrada con K-1 grados de libertad, supuesto que  $N_1, N_2, \dots, N_K$  son al menos 5 todos ellos.

Se contrastaron los valores de las bahías Chahué (testigo), Tangolunda y Sta. Cruz, en los dos periodos más importantes febrero (surgencias) y mayo (época de secas y estabilidad).

Los parámetros analizados fueron: la diversidad, equitatividad, densidad celular, riqueza específica y clorofila a, ya que la hipótesis de estudio era que las bahías más desarrolladas podrían tener valores de los parámetros mencionados diferentes; ya sea por perturbaciones en la construcción o por un diferente estado trófico, y que se mostraría significatividad entre los valores encontrados de las bahías desarrolladas y las testigo. Los valores se midieron tal cual, de las diferentes estaciones de cada bahía a nivel superficie y media para contrastarlos.

En nuestro caso:  $N = 6$

$K = 2$  grados de libertad

### 5.3.2 Correlaciones múltiples y Análisis de Componentes Principales.

Las correlaciones múltiples se realizaron mediante el paquete Statistics (7.0) relacionado los parámetros fisicoquímicos y biológicos (variables independientes y dependientes). Así como los valores de estas en las bahías Chahúe (testigo), Tangolunda y Santa Cruz en los dos períodos más importantes (Febrero época de surgencias y Mayo, época de secas y de estabilidad).

#### 5.3.2.1 Metodología Componentes Principales

Aunque las relaciones entre todas las variables que las ligan no son siempre lineales, el total de los coeficientes establecidos de la regresión lineal es probablemente un criterio mejor del estado trófico del agua que las variables mismas.

Dado la complejidad del proceso se debe utilizar un tratamiento estadístico multidimensional de las variables.

El método bien conocido de análisis de componentes principales (PCA), utilizando coeficientes de correlación lineal, se ha utilizado para evaluar la eutrofización del agua. El método tiene más valor cuando hay altas correlaciones entre las variables. Este método no impone requerimientos de normalidad y homeosticidad, rara vez encontrados en datos ambientales. **(Primpas et al, 2010)**

Los componentes principales proyectan el espacio multidimensional en un espacio de pocas dimensiones, mientras se retiene la información de los datos originales, se completa por reemplazar las variables originales por sus combinaciones lineales, llamadas Componentes Principales. Las componentes principales son perpendiculares mutuamente y secuencialmente decrecen las cantidades de la varianza.

A menudo solo unos pocos componentes principales reproducen la mayoría de la varianza de los datos originales y así retienen la mayoría de la información.

Es importante tener la información del peso de cada una de las variables, las cuales indican las relaciones entre variable. Dado que el peso es una medida de la inclusión de una variable en un componente dado, un alto índice de una variable afecta más al componente principal, en la cual, la variable tiene un alto peso. **(Zitko., et al., 1994)**

En nuestro caso por ser un estudio pionero se le dio importancia al peso de la correlación entre las variables fisicoquímicas y biológicas de estructura y entre las variables biológicas de la estructura, para determinar qué variables son las más importantes, tomando del análisis de componentes principales ,las correlaciones y el peso de los factores.

Desde 0.30 se reconoce una correlación significativa pero débil, hasta un valor mayor de 0.70 que se considera una correlación factorial fuerte. **(Fu-Liu-Xu. 2001).**

## **6. RESULTADOS**

### **6.1 Resultados ambientales**

A continuación se describirán los resultados de los parámetros de las variables independientes, que tienen relación con las variables dependientes.

#### 6.1.1 Profundidad

La profundidad de las bahías sufre un incremento gradual de la costa hacia las bocas; registrándose la mayor profundidad en bahía Chahué y Tangolunda con 20 metros y la mínima en Santa Cruz con 3.5 m (**Tabla III**), (**Fig. 2**).

#### 6.1.2 Transparencia

La mayor transparencia (100 %) se registró en las estaciones costeras; por ejemplo en la bahía de San Agustín en la estación uno en los tres periodos de muestreo; le siguieron Santa Cruz en las estaciones 10 y 11 en mayo y Tangolunda en la estación cuatro en febrero.

La menor transparencia se registró en la entrada de la bahía Tangolunda en septiembre en la E6 con un valor de 23.3% (**Tabla III**, **Fig. 3**).

En general (excepto Santa Cruz) se mostró una tendencia de aumento de la transparencia de la entrada de las bahías hacia la costa.

TABLA III. PROFUNDIDAD, DISCO SECCHI, TRANSPARENCIA, FECHA Y HORA DE MUESTREO. BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

LOCALIDAD	NUMERO DE ESTACION	PROFUNDIDAD (m)	PROFUNDIDAD DISCO DE SECCHI (m)	% TRANSPARENCIA	PROFUNDIDAD DE MUESTREO	FECHA	HORA
San Agustín	1	7.0	7.0	100.0	Fondo	19/09/90	13:15 SEP 91
San Agustín	3	12.0	7.5	62.5	Fondo	19/09/90	12:52 SEP 91
Tangolunda	4	5.5	5.0	90.9	Fondo	20/09/90	10:24 SEP 90
Tangolunda	5	10.0	5.0	50.0	Fondo	20/09/90	11:45 SEP 90
Tangolunda	6	15.0	3.5	23.3	Fondo	20/09/90	12:48 SEP 90
Chahué	7	6.3	5.5	87.3	Fondo	20/09/90	14:10 SEP 90
Chahué	8	11.0	6.5	59.0	Fondo	20/09/90	16:08 SEP 90
Chahué	9	20.0	5.5	27.5	Fondo	20/09/90	16:40 SEP 90
Santa Cruz	10	16.0	5.5	34.4	Fondo	20/09/90	17:07 SEP 90
Santa Cruz	11	7.0	4.5	64.3	Fondo	20/09/90	17:58 SEP 90
Santa Cruz	12	3.5	1.0	28.6	Fondo	20/09/90	18:50 SEP 90
San Agustín	1	4.0	4.0	100.0	Fondo	20/02/91	10:07 FEB 91
San Agustín	2	10.0	6.3	63.0	Fondo	20/02/91	14:22 FEB 91
San Agustín	3	11.5	7.0	60.9	Fondo	21/02/91	14:00 FEB 91
Tangolunda	4	4.5	4.5	100.0	Fondo	21/02/91	09:00 FEB 91
Tangolunda	5	10.5	5.0	47.6	Fondo	21/02/91	10:30 FEB 91
Tangolunda	6	16.5	4.5	27.3	Fondo	21/02/91	11:40 FEB 91
Chahué	7	6.0	4.0	66.7	Fondo	21/02/91	13:18 FEB 91
Chahué	8	10.0	5.0	50.0	Fondo	21/02/91	14:26 FEB 91
Chahué	9	16.0	5.0	31.2	Fondo	21/02/91	15:10 FEB 91
Santa Cruz	10	15.0	5.0	33.3	Fondo	21/02/91	16:20 FEB 91
Santa Cruz	11	11.0	4.0	36.4	Fondo	21/02/91	17:20 FEB 91
Santa Cruz	12	3.5	0.9	25.7	Fondo	21/02/91	18:30 May 91
San Agustín	1	5.5	5.5	100.0	Fondo	23/05/91	10:04 May 91
San Agustín	2	10.0	7.5	75.0	Fondo	23/05/91	11:20 May 91
San Agustín	3	11.5	7.0	60.9	Fondo	23/05/91	13:45 May 91
Tangolunda	4	5.5	4.0	72.7	Fondo	24/05/91	10:00 May 91
Tangolunda	5	14.5	8.0	55.2	Fondo	24/05/91	11:45 May 91
Tangolunda	6	20.0	7.0	35.0	Fondo	24/05/91	12:23 May 91
Chahué	7	7.0	7.0	100.0	Fondo	24/05/91	14:13 May 91
Chahué	8	12.5	10.0	80.0	Fondo	24/05/91	15:04 May 91
Chahué	9	16.5	12.0	72.7	Fondo	24/05/91	16:19 May 91
Santa Cruz	10	8.0	8.0	100.0	Fondo	24/05/91	17:13 May 91
Santa Cruz	11	9.5	9.5	100.0	Fondo	24/05/91	18:10 May 91
Santa Cruz	12	4.0	1.0	25.0	Fondo	24/05/91	19:00 May 91

Profundidad (m)

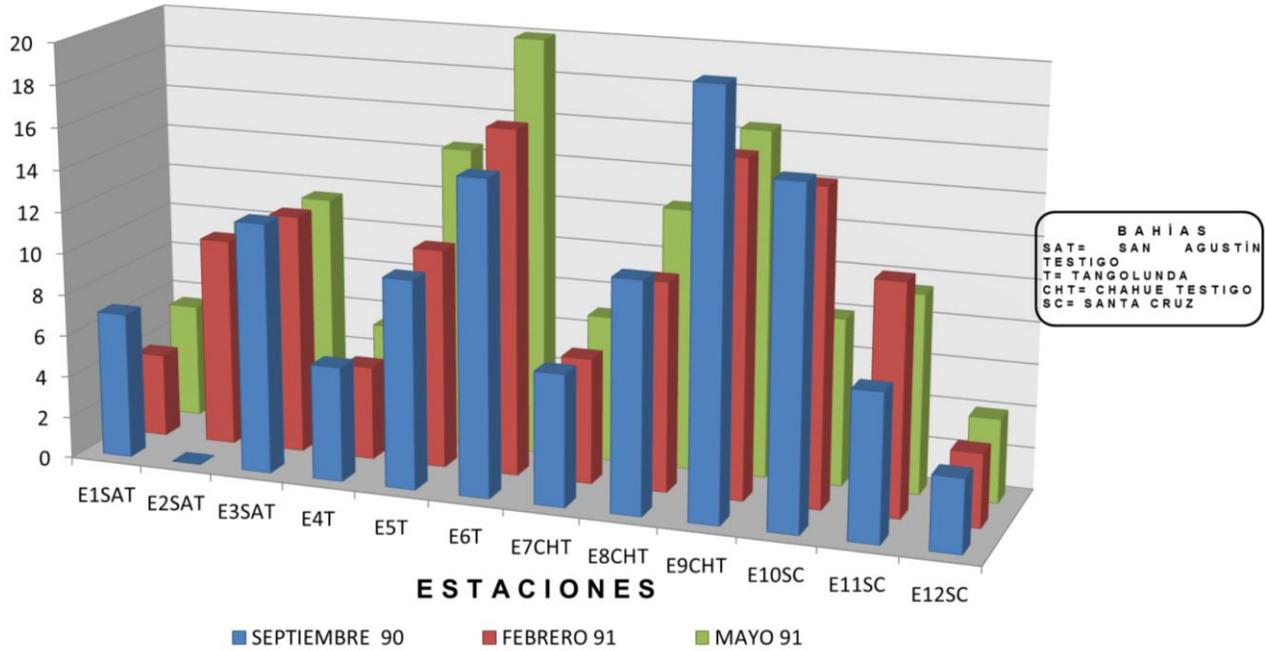


Fig. 2 Variación de la profundidad por estación y muestreo.

Transparencia (%)

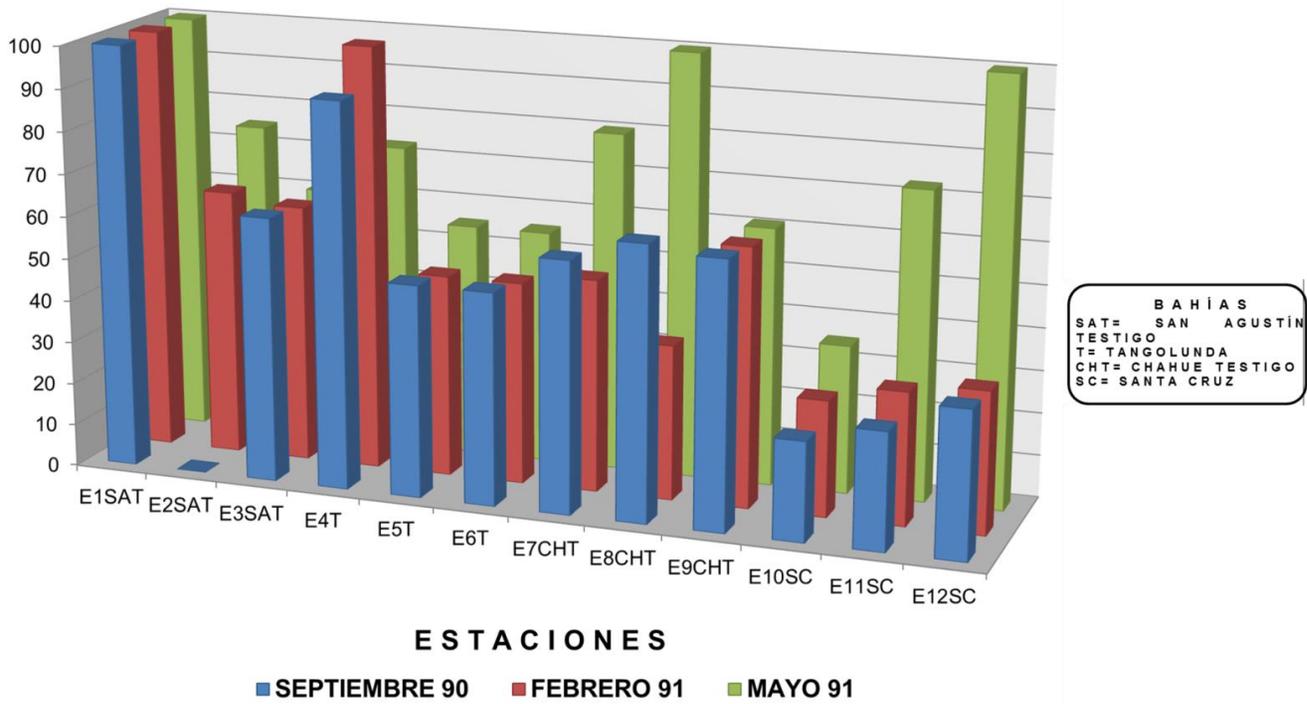


Fig. 3 Variación de la transparencia por estación y muestreo.

Mayo fue el mes en donde se registró una transparencia mayor; **(Tabla III), (Fig. 3)**.

### 6.1.3 Temperatura

Se registró la mayor temperatura en el mes de septiembre (30.6 °C) en la bahía San Agustín a nivel superficial, la menor se presentó en el mes de febrero (25.6 °C) en dos estaciones a nivel de fondo: E3 y E6 en bahía San Agustín y Tangolunda respectivamente, así como la E1M a media agua perteneciente a la primera bahía. **(Tablas IV - VII) (Fig. 4)**.

### 6.1.4 Salinidad

Los valores de salinidad encontrados oscilaron de 30.0 ‰ como mínimo en la E5 a nivel superficial de la Bahía Tangolunda en mayo y un máximo de 33.40 ‰ en la E9 fondo de bahía Chahué, en el mismo mes **(Tablas IV, V, VI, VII), (Fig. 5)**.

### 6.1.5 pH

Para las bahías de Huatulco el valor de pH se mostró homogéneo, con un intervalo de 7.4 a 8.2; presentándose sin embargo, un caso extremo máximo de 8.7 a media columna en la E11 en Santa Cruz en el mes de febrero, **(Tablas IV, V, VI, VII), (Fig. 6)**.

### 6.1.6 Oxígeno Disuelto

Este parámetro se registró solo para dos épocas; febrero y mayo. La campaña de febrero mostró en general valores más altos de oxígeno disuelto que la de mayo.

El valor más alto se dio en la Bahía de Chahué en la E8 en el fondo con un valor de 9.1 mg/l en febrero, mientras que el valor más bajo fue de 5.3 mg/l en diversas estaciones para el mes de mayo **(Tablas IV, V, VI, VII), (Fig. 7)**.

TABLA IV. REGISTRO DE TEMPERATURA, pH, OXÍGENO DISUELTO Y SALINIDAD EN BAHÍA SAN AGUSTÍN, OAX.

LOCALIDAD SAN AGUSTÍN	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91
ESTACIÓN No.	TEMPERATURA (°C)			SALINIDAD (‰)			pH (UNIDADES)			OXÍGENO DISUELTO (mg/l)		
1 S	30.6	26.6	28.3	31.9	32.6	33.0	8.1+	7.9*	7.98*	--	7.0	5.3
1 M	30.3	25.6	28.5	32.2	32.4	32.9	8.0+	7.8*	8.2*	--	6.9	5.7
1 F	30.2	25.7	28.3	32.3	32.8	31.5	8.0+	7.9*	8.0*	--	6.9	5.9
2 S	--	26.2	28.8	--	32.0	33.0	--	8.1*	7.4*	--	6.9	5.8
2 M	--	26.2	28.4	--	32.7	32.7	--	8.1*	7.87*	--	6.8	5.3
2 F	--	25.9	28.5	--	32.9	33.0	--	8.1*	7.80*	--	6.6	5.7
3 S	30.2	26.7	28.8	32.3	32.8	33.0	8.0+	8.2*	7.99*	--	6.9	5.8
3 M	30.0	26.3	28.6	32.2	32.9	32.8	8.0+	8.2*	7.98*	--	7.0	5.8
3 F	29.8	25.6	28.6	--	32.3	32.8	8.0+	8.1*	8.0*	--	6.8	5.7
8	30.2	26.0	28.5	32.2	32.2	32.7	8.0+	8.0	7.95*	--	6.87	5.7

NOTA: S = SUPERFICIE  
M = MEDIA COLUMNA  
F = FONDO  
(-) = NO SE TOMÓ  
\* = MEDICIÓN CON POTENCIÓMETRO  
+ = PAPEL pH

TABLA V. REGISTRO DE TEMPERATURA, pH, OXÍGENO DISUELTO Y SALINIDAD EN BAHÍA TANGOLUNDA.

LOCALIDAD TANGOLUNDA	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91
ESTACIÓN No.	TEMPERATURA (°C)			SALINIDAD (‰)			pH (UNIDADES)			OXÍGENO DISUELTO (mg/l)		
4 S	29.2	26.3	29.0	31.9	32.9	33.0	8.0+	8.0*	8.0*	--	6.9	5.7
4 M	29.6	25.9	28.9	32.2	32.5	32.7	8.0+	8.0*	8.1*	--	6.8	5.3
4 F	29.2	26.1	28.9	32.1	31.4	32.9	8.0+	8.3*	8.1*	--	7.1	5.3
5 S	29.4	26.6	29.2	31.9	32.9	30.0	8.0+	8.0*	8.0*	--	7.0	5.8
5 M	29.5	26.1	29.0	32.3	32.5	33.0	8.0+	8.0*	8.0*	--	6.9	5.8
5 F	29.5	25.7	28.8	32.5	32.8	33.3	8.0+	8.0*	8.0*	--	7.1	5.7
6 S	29.7	26.7	29.0	31.8	32.5	32.9	8.0+	8.1*	8.0*	--	7.0	5.9
6 M	29.7	26.0	28.9	31.9	32.4	32.9	8.0+	8.0*	8.1*	--	7.0	5.8
6 F	29.5	25.6	28.9	32.7	32.9	33.0	8.0+	8.2*	8.1*	--	6.9	5.3
8	29.5	26.1	28.9	32.1	32.5	32.6	8.0+	8.2*	8.0*	--	7.0	5.6

NOTA: S = SUPERFICIE  
M = MEDIA COLUMNA  
F = FONDO  
(-) = NO SE TOMÓ  
\* = MEDICIÓN CON POTENCIÓMETRO  
+ = PAPEL pH

TABLA VI REGISTRO DE TEMPERATURA, pH, OXÍGENO DISUELTO Y SALINIDAD EN BAHÍA CHAHUÉ, OAX.

LOCALIDAD CHAHUÉ	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91
ESTACIÓN No.	TEMPERATURA (°C)			SALINIDAD (‰)			pH (UNIDADES)			OXÍGENO DISUELTO (mg/l)		
7 S	30.0	27.0	29.4	31.8	32.8	32.6	8.0+	8.1*	8.0*	--	8.6	5.7
7 M	30.0	26.7	29.4	31.9	32.5	33.2	8.0+	8.2*	8.0*	--	7.9	5.7
7 F	29.9	26.6	29.3	32.4	32.5	33.0	8.0+	8.2*	7.9*	--	7.3	5.7
8 S	29.8	27.7	29.6	31.8	32.6	32.8	8.0+	8.2*	7.9*	--	8.4	5.8
8 M	29.5	26.4	29.4	32.0	32.7	33.2	8.0+	8.1*	8.0*	--	8.1	5.7
8 F	29.7	26.6	29.2	32.2	32.6	33.1	8.0+	8.2*	7.9*	--	9.1	5.7
9 S	30.0	27.7	30.0	32.0	32.6	32.6	8.0+	8.2*	8.1*	--	8.1	5.7
9 M	29.5	26.5	29.5	32.0	32.5	31.3	8.0+	8.2*	8.1*	--	7.8	5.8
9 F	29.5	26.2	29.1	32.3	32.6	33.4	8.0+	8.2*	8.0*	--	7.8	5.6
8	29.8	26.8	29.4	32.0	32.6	32.8	8.0+	8.2*	7.9*	--	8.1	5.7

NOTA: S = SUPERFICIE  
M = MEDIA COLUMNA  
F = FONDO  
(-) = NO SE TOMÓ  
\* = MEDICIÓN CON POTENCIÓMETRO  
+ = PAPEL pH

TABLA VII. REGISTRO DE TEMPERATURA, pH, OXÍGENO DISUELTO Y SALINIDAD EN BAHÍA DE SANTA CRUZ, OAX.

LOCALIDAD SANTA CRUZ	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91
ESTACIÓN No.	TEMPERATURA (°C)			SALINIDAD (‰)			pH (UNIDADES)			OXÍGENO DISUELTO (mg/l)		
10 S	29.7	27.0	29.6	31.9	32.8	33.0	8.0+	8.1*	8.2*	--	7.6	5.7
10 M	29.7	26.9	29.5	31.1	32.7	33.0	8.0+	8.0*	8.1*	--	7.6	5.7
10 F	29.7	26.8	29.3	32.3	31.8	32.7	8.0+	8.1*	8.1*	--	7.6	5.7
11 S	29.3	27.5	29.8	32.0	32.7	32.6	8.0+	8.3*	8.0*	--	8.4	5.6
11 M	29.4	27.2	29.7	32.2	31.3	32.8	8.0+	8.7*	8.0*	--	8.5	5.6
11 F	29.4	25.8	29.5	32.5	32.5	32.6	8.0+	8.0*	7.9*	--	7.0	5.6
12 S	30.0	28.2	29.7	30.8	32.6	32.6	8.0+	8.0*	7.9*	--	6.8	6.0
12 M	29.7	27.8	29.6	31.7	32.3	32.3	8.0+	8.0*	7.9*	--	6.6	6.0
12 F	29.7	27.7	29.4	32.2	32.9	33.0	8.0+	8.0*	7.9*	--	6.4	5.3
8	29.6	27.3	29.6	31.8	32.5	32.7	8.0+	8.1*	8.0*	--	7.4	5.7

NOTA: S = SUPERFICIE  
M = MEDIA COLUMNA  
F = FONDO  
(-) = NO SE TOMÓ  
\* = MEDICIÓN CON POTENCIÓMETRO  
+ = PAPEL pH

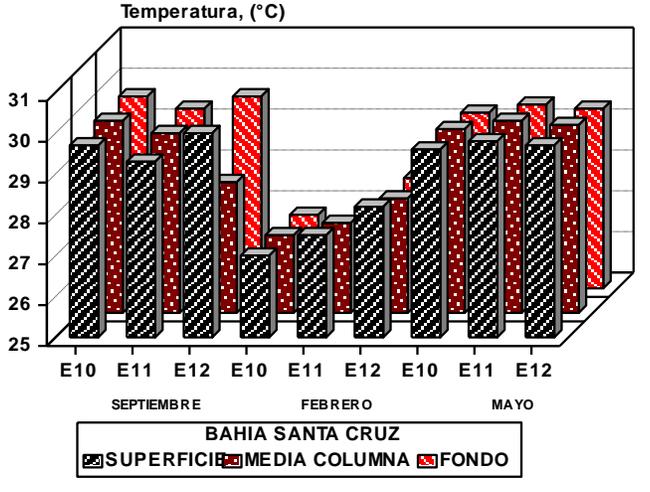
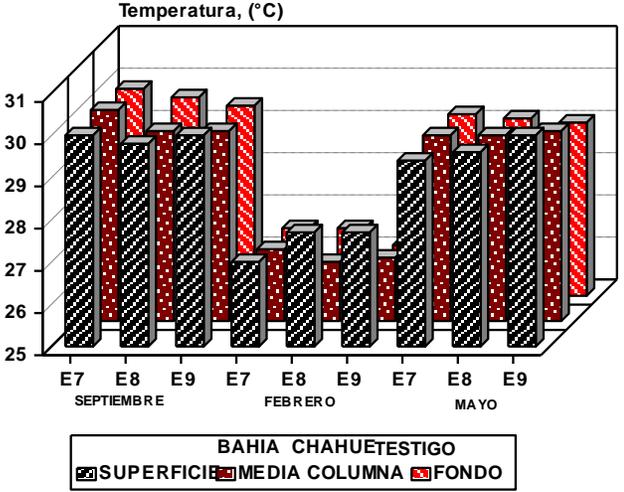
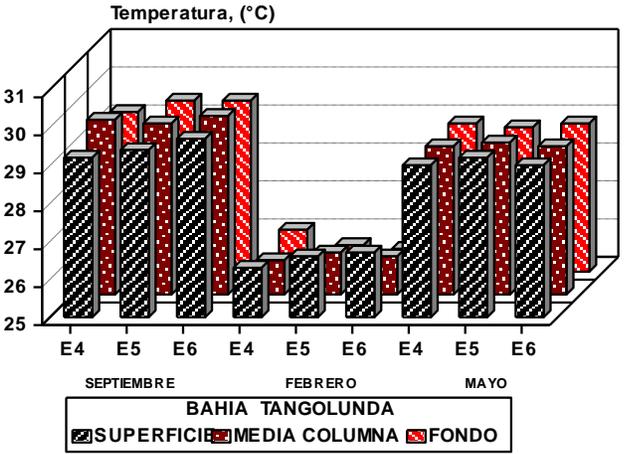
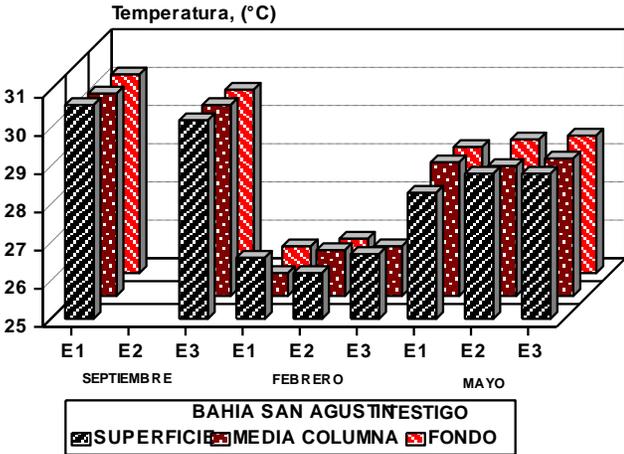


Fig. 4 Registro de temperatura en las cuatro bahías. Para las tres épocas de muestreo.

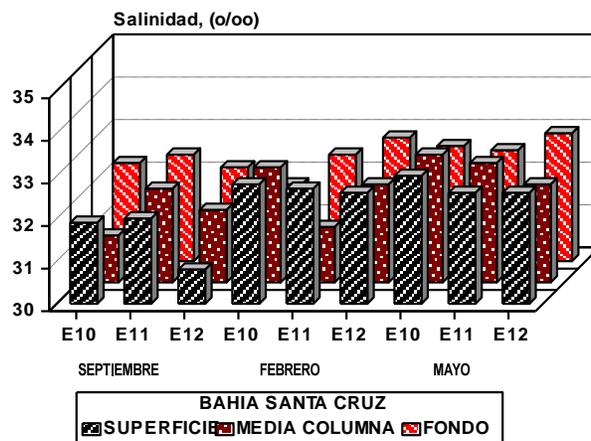
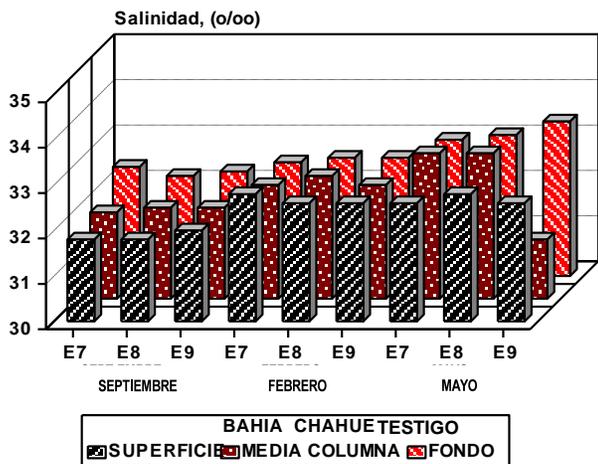
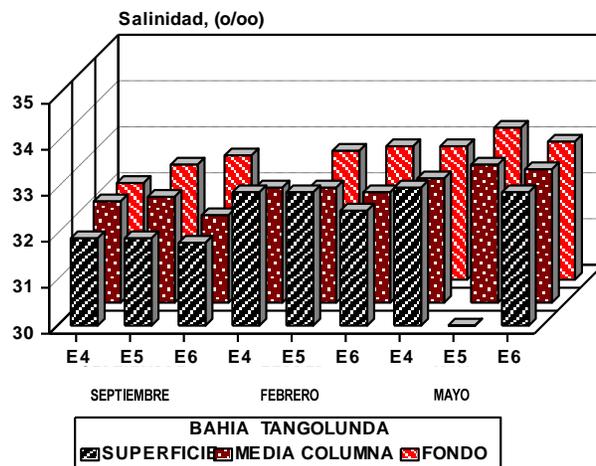
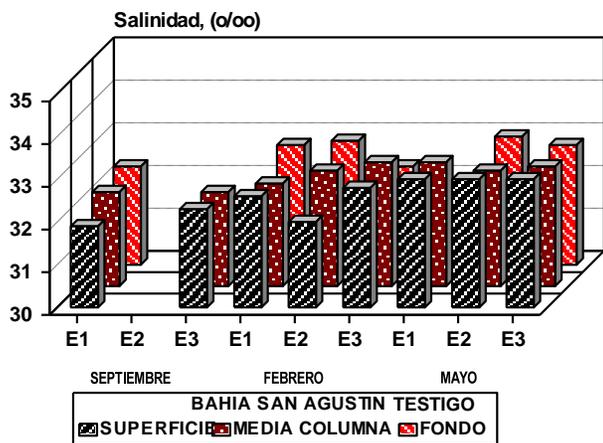


Fig. 5 Registro de salinidad en las bahías para las tres épocas de muestreo.

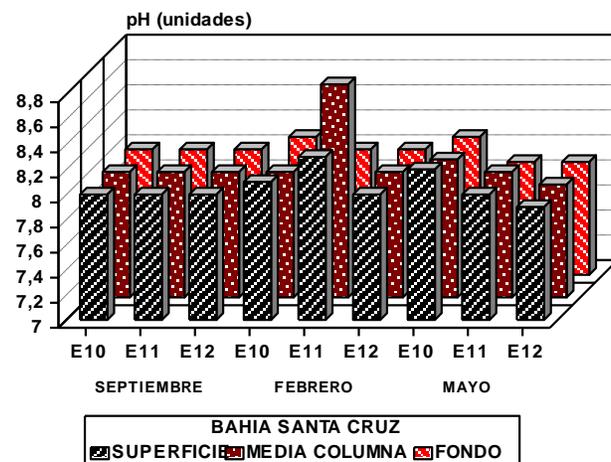
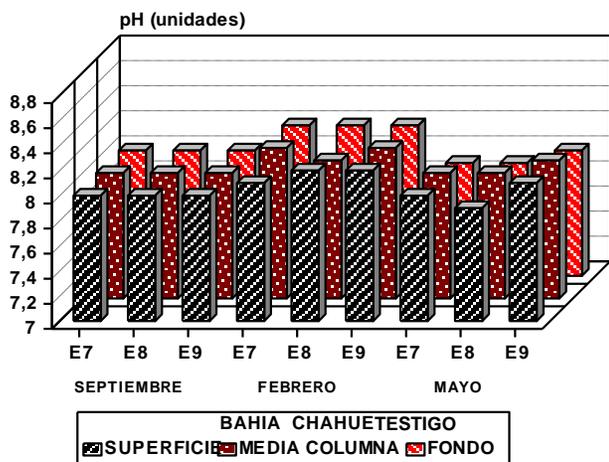
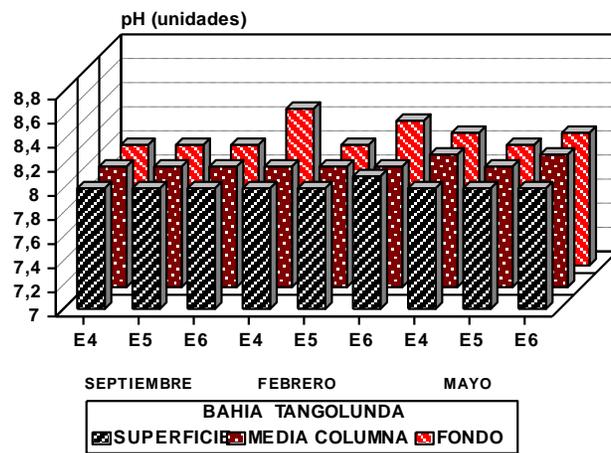
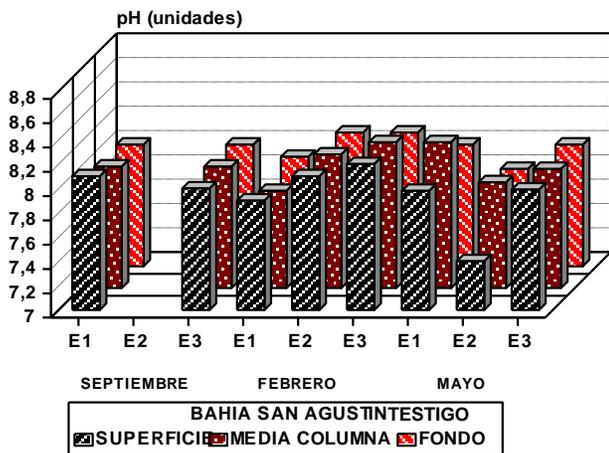


Fig. 6 Registro de pH en las bahías para las tres épocas de muestreo.

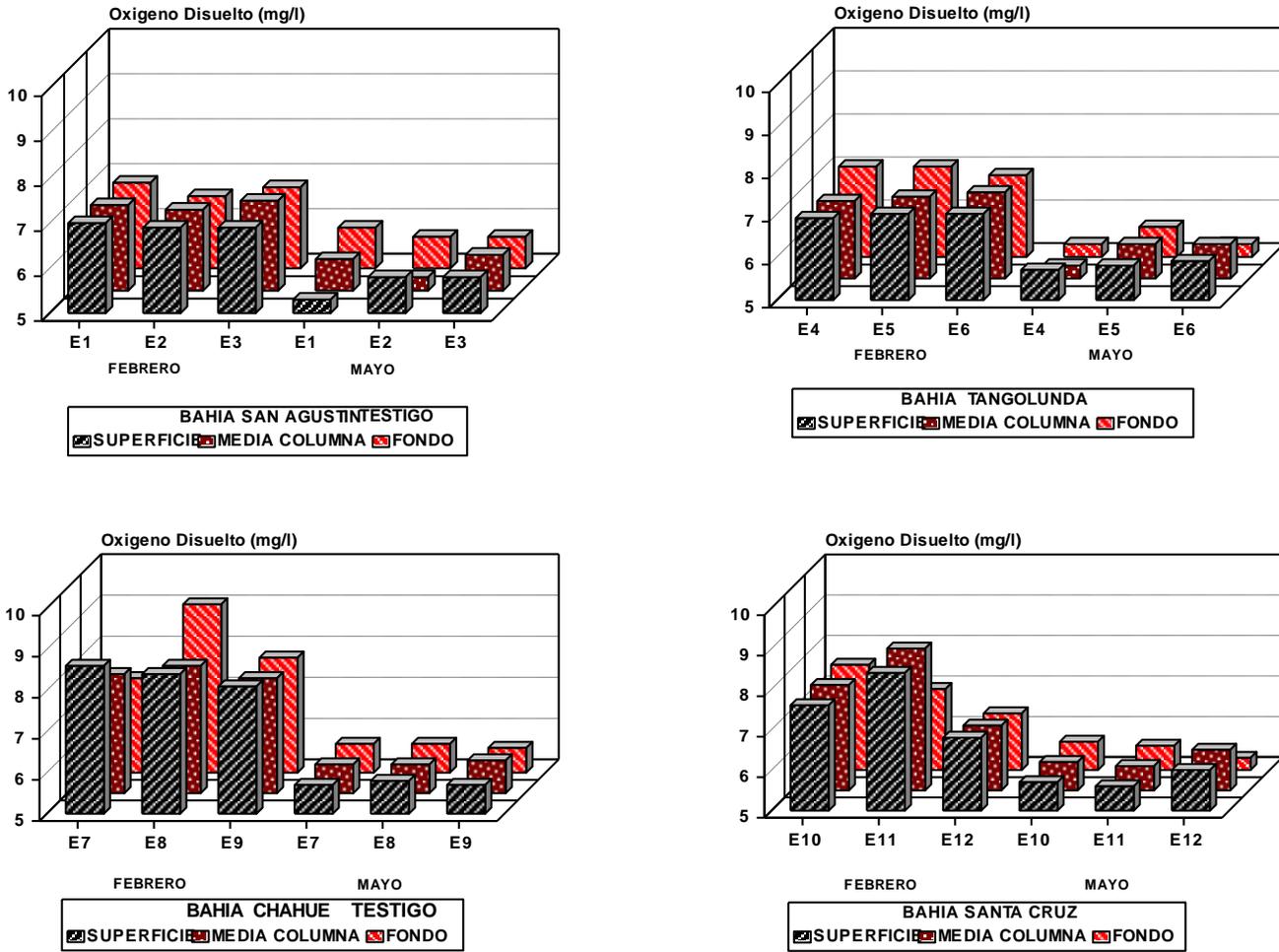


Fig. 7 Registro de oxígeno disuelto en las bahías para las tres épocas de muestreo.

### 6.1.7 Nutrientes

#### 6.1.7.1 Nitrógeno total (orgánico e inorgánico)

En el caso del nitrógeno total, la mayor parte correspondió al nitrógeno orgánico y en menor proporción a la inorgánica.

El nitrógeno orgánico presentó las concentraciones más altas en febrero, apreciándose las máximas concentraciones a media agua. La más alta concentración se dio en la E11 en Santa Cruz a media agua (2.8 mg/l) de nitrógeno orgánico para el mes de febrero. El valor más bajo se dio en la E10 a media agua de la bahía Santa Cruz (0.05 mg/l) en el mes de septiembre **(Tablas I, II, III, IV Anexo), (Fig. 8)**. Por lo que respecta al nitrógeno inorgánico, los valores reportados se encontraron por debajo de los 0.05 mg/l, que es el límite de detección del método empleado **(Tablas I, II, III, IV Anexo)**.

#### 6.1.7.2 Nitritos

El valor más alto de nitritos se dio en el mes de septiembre, y fue de 0.013 mg/l en la E12 en superficie para Santa Cruz, el valor más bajo fue el nivel de detección del método empleado 0.001 mg/l en la mayoría de las estaciones muestreadas para febrero y mayo **(Tablas I, II, III, IV Anexo), (Fig. 9)**

#### 6.1.7.3 Nitratos

Septiembre fue el mes en el que se registraron las concentraciones más elevadas, siendo el valor más alto de 0.007 mg/l, en San Agustín a nivel superficial.

Prácticamente en San Agustín se registraron las concentraciones más elevadas, estando el valor de las otras bahías por debajo del límite de detección del método empleado 0.001 mg/l **(Tablas I, II, III, IV Anexo), (Fig. 10)**

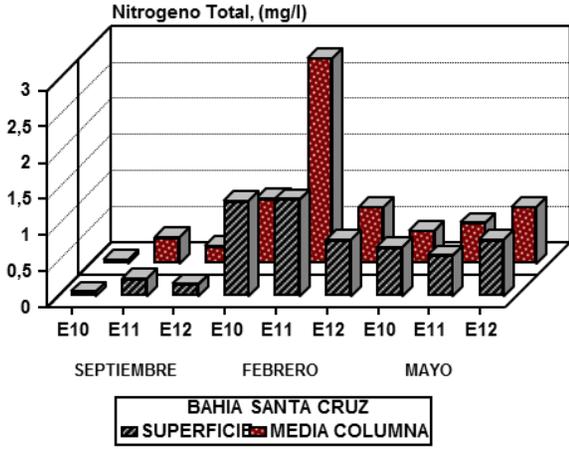
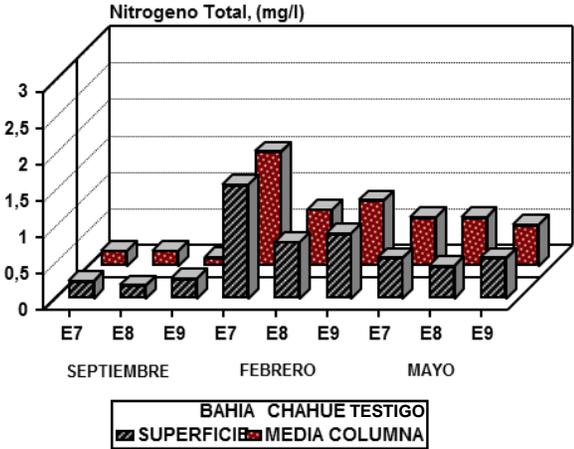
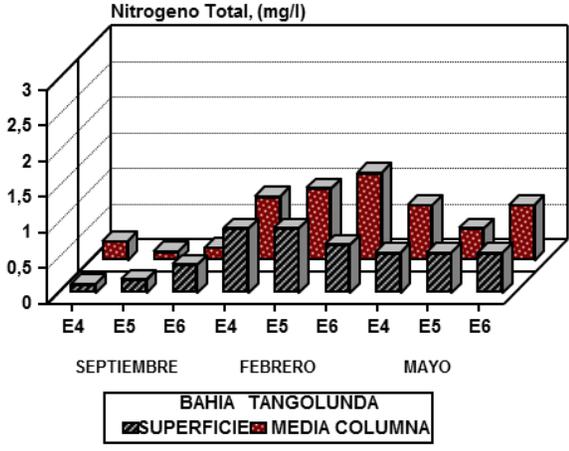
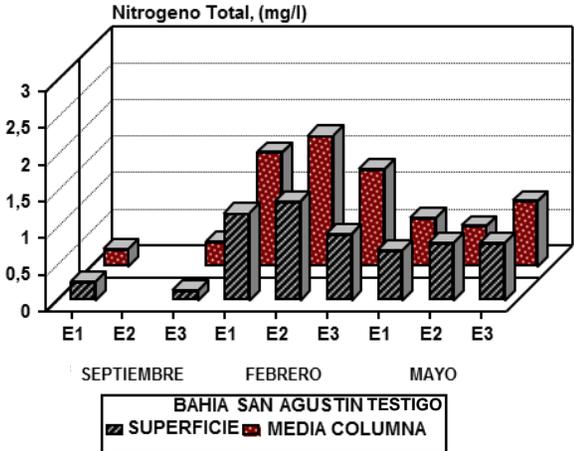


Fig. 8 Registro de nitrógeno total en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo.

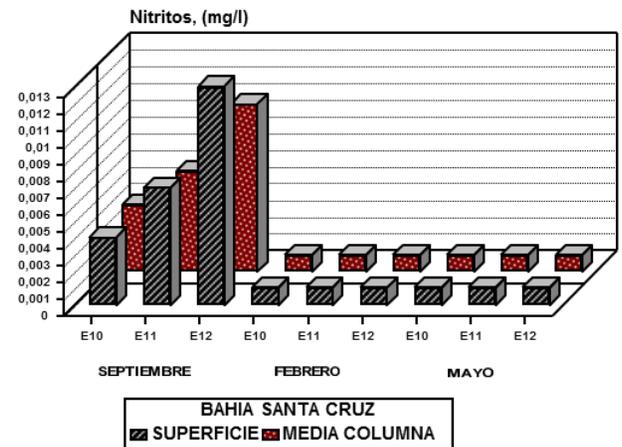
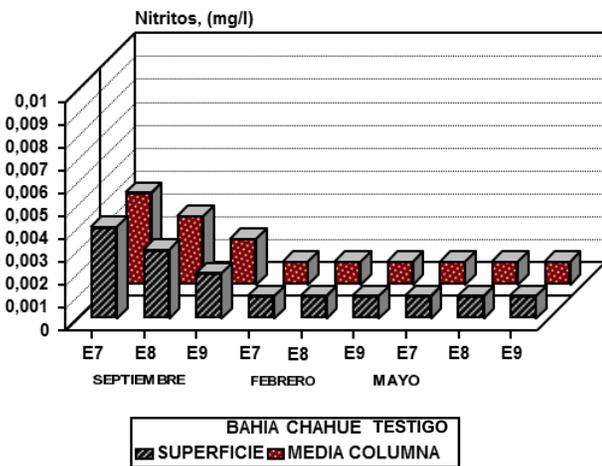
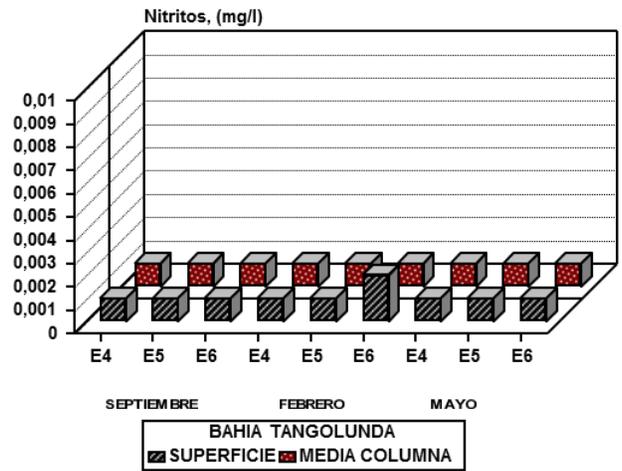
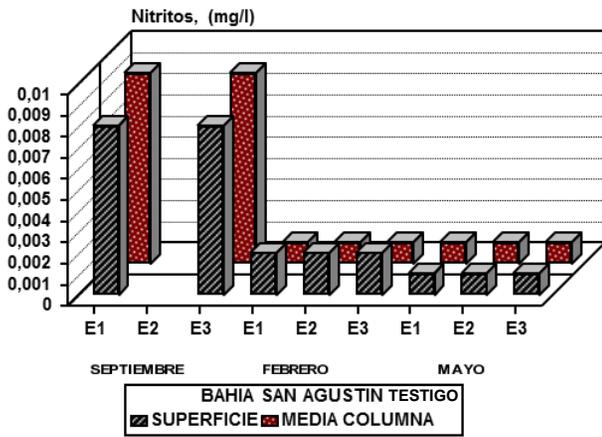


Fig. 9 Registro de nitritos total en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo.

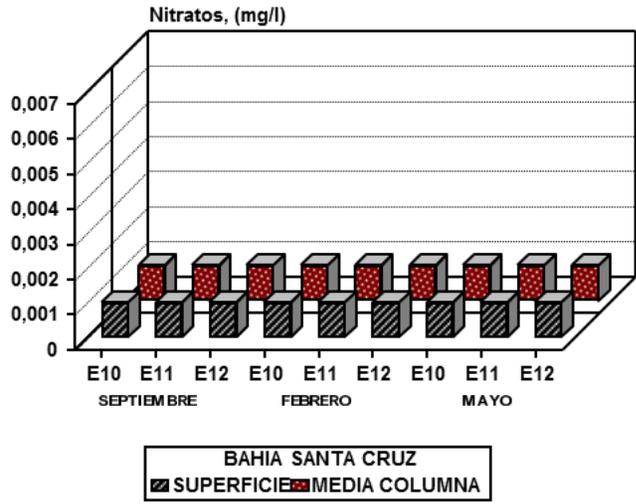
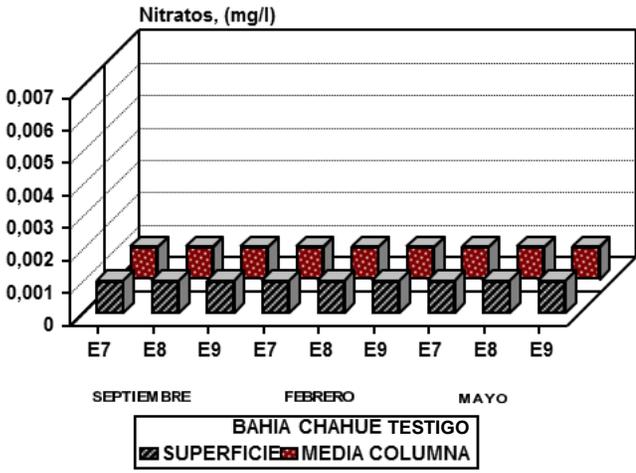
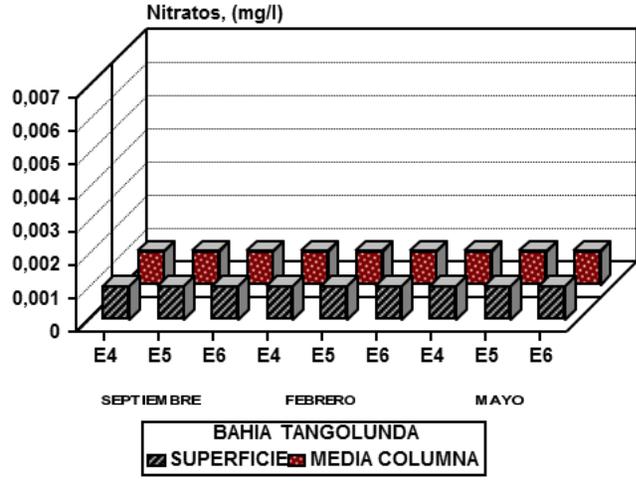
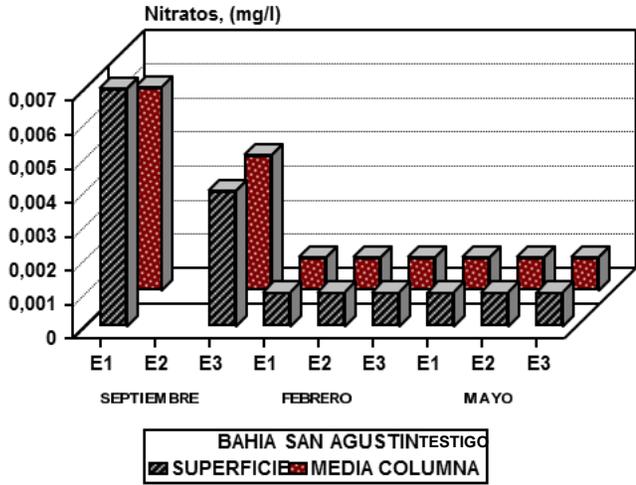


Fig. 10 Registro de nitratos en las cuatro bahías para las tres épocas de muestreo

#### 6.1.7.4 Fósforo (total y ortofosfatos)

En el caso del fósforo total y ortofosfatos, los valores se mantuvieron por debajo de 0.01 mg/l que es el límite de detección del método empleado. (Tablas I, II, III, IV Anexo).

## 6.2 Resultados Biológicos

### 6.2.1 Fitoplancton

#### 6.2.1.1 Riqueza general de especies

Se lograron identificar 193 especies de 5 divisiones (diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias, euglenofitas y silicoflageladas).

El mes con un mayor número de especies fue mayo, con un total de 129, siguiéndole septiembre con 114 spp. y finalmente febrero con 101 especies.

Por lo que se refiere a los géneros presentes:

En septiembre y mayo *Ceratium* spp fue el género con mayor número de especies (25); para febrero *Ceratium* spp y *Protoperidinium* spp fueron los géneros con un número mayor de especies (11).

#### 6.2.1.2 Variación estacional

A continuación se mencionan las especies presentes en los tres periodos muestreados:

Por las diatomeas se encontró a *Biddulphia mobiliensis*, *Cerataulina* sp, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros decipiens*, *Climacodium* sp, *Coscinodiscus* sp3, *Guinardia flaccida*, *Hemiaulus* sp1,

*Leptocylindrus danicus*, *Cylindrotheca closterium*,  
*Pseuonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima*, *Nitzschia paradoxa*,  
*Planktoniella sol*, *Rhizosolenia alata*, *Rhizosolenia alata forma indica*,  
*Rhizosolenia imbricata*, *Rhizosolenia setigera*, *Rhizosolenia stolterfothii*,  
*Rhizosolenia styliiformis*, *Streptotheca sp*, *Striatella sp*, *Thalassiothrix frauenfeldii*, *Thalassiothrix mediterránea var. pacifica* (Tablas V, VI, VII, Anexo).

Por lo que respecta a las dinoflageladas se presentaron: *Ceratium candelabrum*,  
*Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Ceratium longirostrum*,  
*Ceratium massiliense*, *Ceratium trichoceros*, *Ceratium tripos*,  
*Ceratium sp*, *Dinophysis caudata*, *Exuviaella, sp*, *Goniodoma sp1*,  
*Gonyaulax minuta*, *Ornithocercus steini*, *Protooperidinium sp2*,  
*Protooperidinium sp4*, *Prorocentrum sp1* (Tablas V, VI, VII Anexo).

Finalmente por lo que respecta a las cianobacterias se encontró a: *Nostoc commune*,  
*Oscillatoria sp1* y *Oscillatoria sp2* (Tablas V, VI, VII Anexo)

#### 6.2.1.3 Distribución espacio-temporal

La especie con mayor distribución (sólo se presentó en dos muestreos en todas las estaciones) fue la dinoflagelada *Ceratium massiliense*, por lo que se considera importante para el área de estudio. (Tablas V, VI, VII Anexo)

En los diferentes periodos se obtuvo lo siguiente:

##### a) Septiembre 1990

Las especies que se presentaron en todas las estaciones muestreadas fueron las siguientes: *Ceratium massiliense* y *Oscillatoria sp1*. (Tabla V Anexo).

**b) Febrero 1991**

Para febrero, ninguna especie se presentó en todas las estaciones. La especie con mayor distribución fue *Oscillatoria sp1*, faltando solamente en una estación. **(Tabla VI Anexo).**

**c) Mayo 1991**

Las especies que se distribuyeron en todas las estaciones de este mes fueron las siguientes: *Ceratium massiliense*, *Ceratium sp1* y *Dinophysis caudata*. **(Tabla VII Anexo)**

6.2.1.4 Abundancia relativa por grupos

El grupo dominante durante los tres periodos muestreados fue el de las diatomeas, con una abundancia máxima relativa en febrero de 97.4% y una abundancia mínima en septiembre del 89.8%. **(Tabla VIII), (Figs. 11, 12 y 13)**

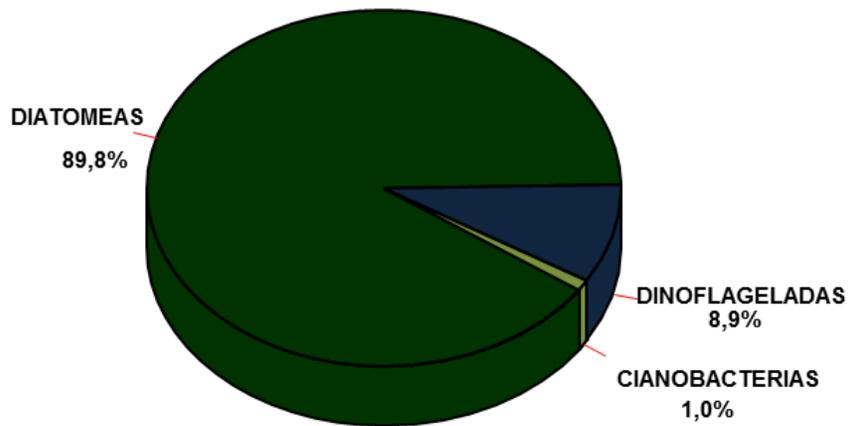


Fig. 11 Abundancia relativa (%) del fitoplancton en el período de lluvias (Sep. 90) en bahías de Huatulco, Oax.

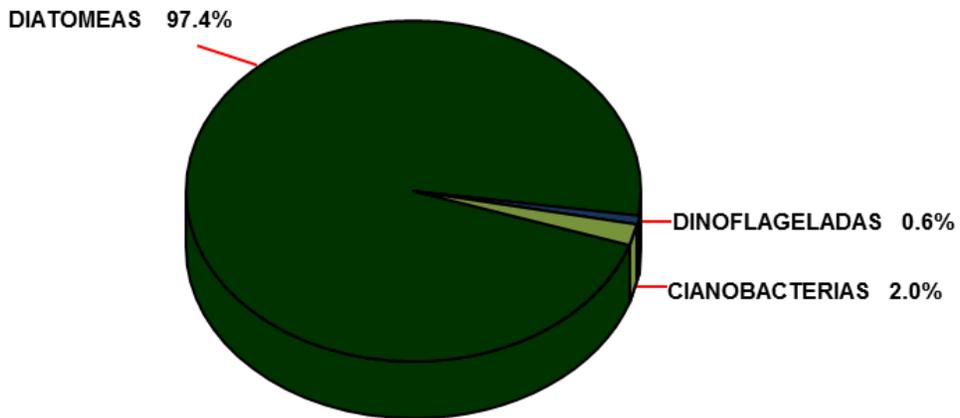


Fig. 12 Abundancia relativa (%) de fitoplancton en el período de surgencias (Feb. 91) en bahías de Huatulco, Oax.

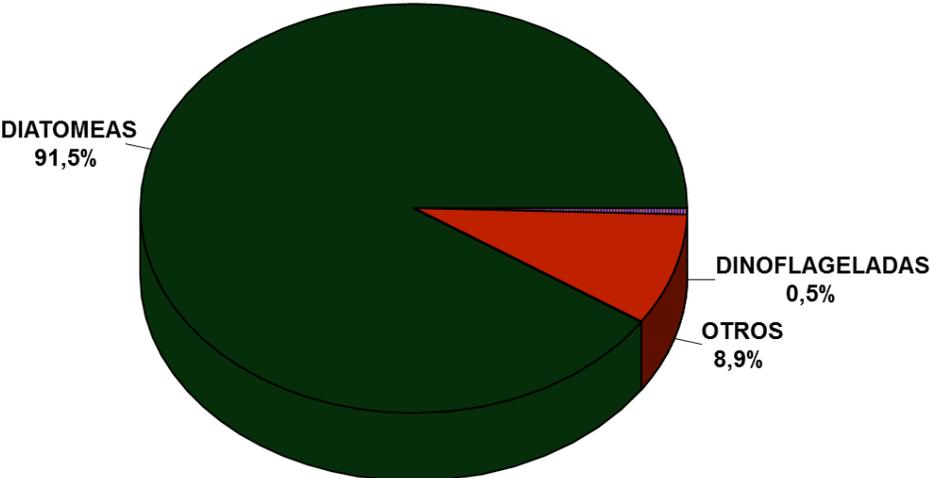


Fig. 13 Abundancia relativa (%) del fitoplancton en el período de secas (May.91) en Bahías de Huatulco, Oax.

TABLA VIII. RESUMEN DE LOS VALORES DE DENSIDAD TOTAL (cél/l) Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS PRINCIPALES TAXA PRESENTES EN LAS TRES ÉPOCAS DE MUESTREO.

<b>(SEPTIEMBRE, 1990)</b>		
<b>T A X A</b>	<b>DENSIDAD ESPECÍFICA TOTAL (Cél/l)</b>	<b>ABUNDANCIA RELATIVA (%)</b>
DIATOMEAS	6,047.6	89.8
DINOFLAGELADAS	581.8	8.9
CIANOBACTERIAS	62.4	1.0

<b>(FEBRERO, 1991)</b>		
<b>T A X A</b>	<b>DENSIDAD ESPECÍFICA TOTAL (Cél/l)</b>	<b>ABUNDANCIA RELATIVA (%)</b>
DIATOMEAS	84,310.4	97.4
DINOFLAGELADAS	552.5	0.6
CIANOBACTERIAS	1,734.5	2.0

<b>(MAYO, 1991)</b>		
<b>T A X A</b>	<b>DENSIDAD ESPECÍFICA TOTAL (Cél/l)</b>	<b>ABUNDANCIA RELATIVA (%)</b>
DIATOMEAS	1,934.8	91.5
DINOFLAGELADAS	185.4	8.9
OTROS	9.8	0.5

#### 6.2.1.5 Densidad general por periodo de muestreo

El periodo de muestreo con mayor densidad fue el de surgencias (febrero 91) con un valor de 86,402.9 cél/l; el periodo que presentó la menor densidad fue en mayo (1991) con un valor de 2,630.0 cél/l. **(Tabla IX).**

La bahía que presentó mayor densidad fue Chahué en febrero con un valor de 73,047.0 cél/l; la bahía que presentó menor densidad fue San Agustín en el mes de mayo con solo 39.2 cél/l. **(Tabla IX).** En el mes de septiembre no se tomó en cuenta dicha bahía por solo haberse muestreado en dos estaciones.

##### 6.2.1.5.1 Densidad por periodo de muestreo

#### a) Septiembre (1990)

En la época de lluvias (septiembre 90) la bahía de Santa Cruz, presentó la mayor densidad con un total de 3,271.0 cél/l. **(Tabla IX).**

#### b) Febrero (1991)

En la época de surgencias (febrero 91), la bahía de Chahué, presentó la mayor densidad con un valor de 73,047.0 cél/l. **(Tabla IX).**

#### c) Mayo (1991)

En mayo (1991), Chahué volvió a presentar la mayor densidad con 1,323.6 cél/l. **(Tabla X).**

La bahía que presentó menor densidad fue San Agustín, para todas las épocas de muestreo.

6.2.1.5.2. Densidad a diferentes profundidades para los diversos periodos de muestreo

No se pudo establecer una tendencia generalizada entre las densidades totales de superficie y media agua durante los distintos periodos.

Por lo que respecta a los diferentes muestreos se tiene lo siguiente:

**a) Septiembre 1990**

Para septiembre (1990) se presentó una densidad mayor a media agua con 4,144.0 cél/l. **(Tabla IX).**

La bahía con densidad mayor a media agua fue Santa Cruz con 2,558.0 cél/l (con solo dos estaciones muestreadas).

La mayor densidad a nivel superficial se dio en Tangolunda con un valor de 1,194.6 cél/l. La bahía con menor densidad tanto en superficie como a media agua fue San Agustín con 7.8 y 10.7 cél/l respectivamente. **(Tabla IX).**

**b) Febrero 1991**

En febrero (1991) se presentó la densidad mayor a nivel superficial con 57,912.0 cél/l, este mes es el periodo con densidad total mayor tanto a nivel superficial como a media agua.

En Chahué se dio el valor más alto de densidad a media agua, con 15,135.0 cél/l.

La bahía de San Agustín presentó otra vez la menor densidad tanto en superficie como a media agua. **(Tabla IX).**

**c) Mayo 1991**

En mayo (1991) la mayor densidad se dio a media agua con un valor de 1,250.8 cél/l.

TABLA IX. RESUMEN DE LOS VALORES DE DENSIDAD TOTAL (cél/l) POR BAHÍA (FITOPLANCTON DE RED). BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

<i>Densidad (cél / l) septiembre, 1990 (lluvias)</i>				
<i>Bahía San Agustín*</i>	<i>Bahía Tangolunda</i>	<i>Bahía Chahué</i>	<i>Bahía Santa Cruz*</i>	<i>Abundancia total por periodo</i>
SUPERFICIE: 7.8	1,194.6	637.4	713.0	2,552.8
MEDIA: 10.7	972.0	603.3	2,558.0	4,144.0
<b>TOTAL: 18.5</b>	<b>2,166.6</b>	<b>1,240.7</b>	<b>3,271.0</b>	<b>6,696.8</b>

\* Solo dos estaciones

<i>Densidad (cél / l) febrero, 1991 (surgencias)</i>				
<i>Bahía San Agustín</i>	<i>Bahía Tangolunda</i>	<i>Bahía Chahué</i>	<i>Bahía Santa Cruz</i>	<i>Abundancia total por periodo</i>
SUPERFICIE: 11.3	241.6	57,912.0	1,677.0	59,624.9
MEDIA: 27.9	1,550.6	15,135.0	10,064.5	26,778.0
<b>TOTAL: 39.2</b>	<b>1,792.2</b>	<b>73,047.0</b>	<b>11,741.5</b>	<b>86,402.9</b>

<i>Densidad (cél / l) mayo, 1991 (secas)</i>				
<i>Bahía San Agustín</i>	<i>Bahía Tangolunda</i>	<i>Bahía Chahué</i>	<i>Bahía Santa Cruz</i>	<i>Abundancia total por periodo</i>
SUPERFICIE: 12.8	100.2	561.0	205.2	879.2
MEDIA: 28.1	90.3	762.6	369.8	1,250.8
<b>TOTAL: 40.9</b>	<b>190.5</b>	<b>1,323.6</b>	<b>575.0</b>	<b>2,130.0</b>

La bahía de Chahué volvió a mostrar la mayor densidad total tanto a nivel superficial como a media agua.

San Agustín como en los dos periodos anteriores tuvo la menor densidad tanto a nivel superficial como a media agua. (Tabla IX).

---

### 6.2.1.5.3 Abundancia relativa y densidad específica por periodos de muestreo

#### a) Septiembre 1990

El grupo de las diatomeas para este periodo presentó la mayor abundancia relativa con un valor de 89.8%. (**Tabla X**).

Dentro de este taxa las especies con mayor densidad fueron *Leptocylindrus danicus* con un valor de 1,814.4 cél/l (26.9% de abundancia relativa), *Thalassiothrix mediterránea* 1,051.0 cél/l (15.6% de abundancia relativa) y finalmente *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *pacifica* con una cantidad de 1,023.4 cél/l (15.2% de abundancia relativa), tomando en cuenta todas las estaciones. (**Tabla X**). El valor de densidad máxima para una estación se presentó para la especie *Leptocylindrus danicus* en la E11 a media agua en la Bahía de Santa Cruz (896.0 cél/l). (**Tabla X**).

Las dinoflageladas fueron el segundo grupo en importancia, siendo la especie *Ceratium belone* la más abundante con un valor de 2.2% de abundancia relativa.

En la **Fig. 14** se aprecian los valores de densidad por estación de muestreo tanto a nivel superficial como a media agua.

Las especies con mayor densidad para este periodo fueron *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima* con un valor de 59,865.7 cél/l (69.1% de abundancia relativa), siguiéndole *Thalassionema* sp1 con 9,365.0 cél/l (10.8% de abundancia relativa).

El grupo que siguió en abundancia fue el de las cianobacterias. La especie con mayor abundancia relativa fue *Synechococcus* sp con 1.9%.

El valor de densidad más alto para una estación lo presentó la especie *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima* con 43,057.0 cél/l en la E7 superficial en la bahía de Chahué. (**Tabla XI**).

TABLA X. DENSIDAD (cél/l) Y ABUNDANCIA RELATIVA (%) EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS (SEPTIEMBRE, 1990), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

ESPECIES	ESTACIONES																								DENSIDAD ESPECIFICA TOTAL cél/l	ABUNDANCIA RELATIVA %
	San Agustín						Tangolanda						Chahúe						Santa Cruz							
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12			
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M		
<b>DIATOMEAS</b>																										
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>																									2.4	0.04
<i>Bacteriastrum</i> sp.																									1.0	0.01
<i>Biddulphia mobilensis</i>																									1.0	0.01
<i>Biddulphia</i> sp.	0.4																								0.4	0.01
Central no identificada																									113.0	1.7
<i>Chesteroceros affinis</i> (L.)																									22.0	0.3
<i>Chesteroceros affinis</i> var. <i>williei</i>																									25.0	0.4
<i>Chesteroceros curvisetus</i>																									2.0	0.03
<i>Chesteroceros decipiens</i>																									12.0	0.2
<i>Climacodinium</i> sp.	2																								435.0	6.5
<i>Coscinodiscus</i> sp.																									2.0	0.03
<i>Coscinodiscus</i> sp.																									17.5	0.3
<i>Coscinodiscus</i> sp.																									0.4	0.01
<i>Cylindrotheca closterium</i>																									1.0	0.01
<i>Ditylum brightwellii</i>																									4.4	0.1
<i>Grammatophora</i> sp.																									2.0	0.03
<i>Guinardia flaccida</i>																									402.0	5.9
<i>Hemiaulus</i> sp.																									16.0	0.2
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1																								1814.4	26.9
<i>Navicula</i> sp.																									1.8	0.03
<i>Nitzschia delicatissima</i>																									782.4	11.6
<i>Nitzschia longissima</i>																									0.2	0.0
<i>Nitzschia pacifica</i>																									1023.4	15.2
<i>Rhizolenia alata</i> (B)																									87.7	1.3
<i>R. alata</i> forma <i>gracilima</i>																									50.1	0.7
<i>R. alata</i> forma <i>indica</i>	0.1																								1.4	0.02
<i>R. calcar avis</i>																									108.4	1.6
<i>R. hebetata</i> forma <i>semiespina</i>																									7.0	0.1
<i>R. imbricata</i>																									0.1	0.0
<i>R. setigera</i>																									10.0	0.2
<i>R. styliformis</i>																									15.1	0.2
<i>Stephanopyxis turris</i>																									6.0	0.1
<i>Streptothoea</i> sp.																									0.4	0.01
<i>Striatella</i> sp.																									0.1	0.0
<i>Thalassiothrix delicatula</i>																									1.0	0.01
<i>Th. Longissima</i>																									1.0	0.01
<i>Th. Mediterranea</i>																									1051.0	15.6
<i>Thalassionema nitzschioides</i>																									27.0	0.4
																									<b>6,047.6</b>	<b>88.8</b>
<b>DINOFAGELADAS</b>																										
<i>Ceratium belone</i>																									150.4	2.2
<i>Ceratium candelabrum</i>																									3.0	0.04
<i>Ceratium carriense</i>																									1.3	0.02

TABLA X. DENSIDAD (cél/l) Y ABUNDANCIA RELATIVA (%) EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS (SEPTIEMBRE, 1990), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX. (CONTINUACION)

E S P E C I E S	E S T A C I O N E S																								DENSIDAD ESPECÍFICA TOTAL cél/l	ABUNDANCIA RELATIVA %
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M		
<i>Ceratium deflexum</i>	--	--	--	--	--	--	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3.0	0.04	
<i>Ceratium extensum</i>	--	--	--	0.3	--	--	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17.3	0.3	
<i>Ceratium furca</i>	--	--	--	--	1	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0	0.01	
<i>Ceratium fuscum</i>	--	--	0.1	0.1	--	--	9	2	6	2	5	6	19	10	13	--	--	--	--	--	--	--	--	72.2	1.1	
<i>Ceratium gibberum</i>	--	--	--	--	--	--	1	1	1	1	1	1	3	2	2	--	--	--	--	--	--	--	--	2.0	0.03	
<i>Ceratium longirostrum</i>	3	--	--	0.4	0.4	2	3	2	3	1	5	3	5	5	5	--	--	--	--	--	--	--	--	16.4	0.2	
<i>Ceratium massiliense</i>	1	0.3	--	--	--	0.1	1	--	--	--	--	--	1	1	1	--	--	--	--	--	--	--	--	59.1	0.9	
<i>Ceratium sp1</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	--	--	--	--	--	--	--	--	1.1	0.02	
<i>Ceratium sp2</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	--	--	--	--	--	--	--	--	1.0	0.01	
<i>Ceratium trichoceros</i>	0.2	0.1	--	0.2	0.1	1	4	2	2	1	3	4	0.3	0.4	4	1	1	2	3	1	2	2	30.3	0.5		
<i>Ceratium tripos</i>	--	--	--	0.1	2	1	1	1	0.4	1	1	1	4	3	1	--	--	--	--	--	--	--	--	18.9	0.3	
<i>Ceratocorys horrida</i>	--	--	0.1	--	0.4	1	1	--	--	--	--	--	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	6.5	0.1	
<i>Dinophysys caudata</i>	--	--	0.2	--	--	2	3	2	2	2	5	6	18	10	14	--	--	--	--	--	--	--	--	64.2	0.9	
<i>Exuviaella sp1</i>	--	--	--	--	0.4	1	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	20.4	0.3	
<i>Goniodoma sp2</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	15.0	0.2	
<i>Gonyaulax minuta</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1.0	0.01	
<i>Gonyaulax sp1</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1.0	0.01	
<i>Ornithocercus steini</i>	0.1	0.1	--	0.1	0.3	0.4	3	0.4	2	2	3	10	2	2	2	--	--	--	--	--	--	--	--	25.4	0.4	
<i>Protoperidinium anguipes</i>	0.1	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	17.4	0.3	
<i>Protoperidinium concinnum</i>	--	--	0.2	1	1	2	2	0.4	1	1	1	2	2	2	2	--	--	--	--	--	--	--	--	12.6	0.2	
<i>Protoperidinium depressum</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4.0	0.1	
<i>Protoperidinium globolus</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4.0	0.1	
<i>Protoperidinium sp1</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	11.0	0.2	
<i>Protoperidinium sp2</i>	--	--	0.1	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3.1	0.1	
<i>Protoperidinium sp3</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1.0	0.01	
<i>Phalacrocoma ovum</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0.2	0.0	
<i>Prorocentrum gibbosum</i>	0.1	0.1	--	0.2	0.1	0.3	2	1	1	3	3	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	16.6	0.3	
<i>Prorocentrum sp1</i>	--	--	--	--	0.3	0.3	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1.3	0.02	
<i>Pyrocystis robusta</i>	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	581.8	8.9	
<b>CIA NOFICEAS</b>																										
<i>Nostoc commune</i>	--	--	--	2	0.4	0.4	2	0.4	2	2	3	10	2	2	2	--	--	--	--	--	--	--	--	67.4	1.0	
* <i>Oscillatoria sp1</i>	0.2	0.3	--	0.2	0.4	1	1	22	14	10	14	12	2	8	23	11	20	7	22	10	9	9	187.1*	--		
* <i>Oscillatoria sp2</i>	0.1	0.1	--	0.2	0.3	0.3	5	1	1	1	1	3	2	3	6	2	3	2	3	2	3	6	6	23.7*	--	
* <i>Spirulina sp1</i>	--	--	--	0.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.1	--	
<b>Núm. de células / estación</b>	5.4	3.7	--	2.4	7.0	36.2	112.2	861.0	338.4	297.4	521.4	214.0	273.0	311.0	76.3	75.4	311.0	520.0	525.0	2038.0	--	--	6696.8			
<b>Núm. de especies</b>	14	8	--	12	18	20	23	28	35	27	27	23	26	22	11	18	22	36	32	33	33	--				

\* = Filamentos  
 \*\* = Colonia  
 \*\*\* = Esqueleto silíceo  
 -- = No se pudo cuantificar en células por litro por lo que no se tomó en cuenta para la abundancia relativa  
 S, M = Superficie y Media agua

**b) Febrero 1991**

Para la época de surgencias se dio la mayor densidad de los tres muestreos, y las diatomeas volvieron a ser el grupo con mayor abundancia relativa teniendo un valor máximo de 97.4%.

**(Tabla XI)**

Las especies con mayor densidad para este periodo fueron *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima* con un valor de 59,865.7 cél/l (69.1% de abundancia relativa), siguiéndole *Thalassionema sp1* con 9,365.0 cél/l (10.8% de abundancia relativa).

El grupo que siguió en abundancia fue el de las cianobacterias. La especie con mayor abundancia relativa fue *Synechococcus sp* con 1.9%.

El valor de densidad más alto para una estación lo presentó la especie *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima* con 43,057.0 cél/l en la E7 superficial en la bahía de Chahué. **(Tabla XI)**.

En la **Fig. 15** se aprecian los valores de densidad por estación de muestreo tanto a nivel superficial como a media agua.

**c) Mayo 1991**

En mayo se presentó la menor densidad de los tres periodos. El grupo dominante volvió a ser el de las diatomeas, con una abundancia relativa del 91.5%. **(Tabla XII)**.

La especie con densidad más alta volvió a ser *Leptocylindrus danicus* con un valor de 1,290.1 cél/l (60.6% de abundancia relativa). El segundo grupo en importancia fue el de los dinoflagelados y *Dinophysis caudata* tuvo la mayor abundancia relativa con un valor de 1.7%. **(Tabla XII)**.

*Leptocylindrus danicus* presentó el valor de densidad mayor para una estación (401.0 cél/l) en la E7 a media agua en la bahía de Chahué. **(Tabla XII)**.

TABLA XI. DENSIDAD (cél/l) Y ABUNDANCIA RELATIVA (%) EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS (SEPTIEMBRE, 1990), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

ESPECIES	ESTACIONES																														DENSIDAD ESPECÍFICA TOTAL cél/l	ABUNDANCIA RELATIVA %			
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz																
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12												
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M											
<i>Asterionella japonica</i>	0.2	0.4	1	2	2	3	4	0.3																									12.7	0.01	
<i>Biddulphia aurita</i>																																	53.0	0.1	
Central no identificada									6	4	17	1787																				1942.0	2.2		
<i>Chaetoceros brevis</i>																																	2.0	0.0	
<i>Chaetoceros decipiens</i>																																	6.0	0.01	
<i>Chaetoceros peruvianus</i>			1	0.2	2	0.4	0.4	0.1																									5.1	0.01	
<i>Coccolithus</i> sp.																																	9.1	0.01	
<i>Coccolithus</i> sp.																																	0.1	0.0	
<i>Coccolithus</i> sp.																																	10.0	0.01	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.5	0.2						0.1						1	20																	90.8	0.1		
<i>Ditylum</i> sp.																																	4.0	0.0	
<i>Grammatophora oceanica</i>																																	2.0	0.0	
<i>Gyrodinium</i> sp.																																	82.0	0.1	
<i>Hemiaulus</i> sp.																																	17.0	0.02	
<i>Leptocylindrus danicus</i>																																	2141.0	2.5	
<i>Navicula</i> sp.																																	0.1	0.0	
<i>Nitzschia delicatissima</i>																																	59865.7	69.1	
<i>Nitzschia longissima</i>	0.2	1																															88.3	0.1	
<i>Nitzschia pacifica</i>																																	2585.1	2.9	
<i>Nitzschia paradoxa</i>	1	5																															7.0	0.01	
<i>Planktonella</i> sol																																	130.4	0.2	
<i>Pleurosigma</i> sp.																																	191.0	0.2	
<i>Rhizosolenia alata</i> (B)																																	14.4	0.02	
<i>Rhizosolenia imbricata</i>																																		0.1	0.0
<i>Rhizosolenia setigera</i>																																		56.4	0.1
<i>Skeletonema costatum</i>																																		87.2	0.1
<i>Stephanopyxis</i> sp.																																		155.0	0.2
<i>Streptotheca</i> sp.																																		0.1	0.0
<i>Striatella</i> sp.																																		305.0	0.4
<i>Thalassionema</i> sp.																																		6.4	0.01
<i>Thalassiosira</i> sp.																																		9365.0	10.8
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>																																		937.0	1.1
<i>Thalassiothrix longissima</i>																																		5892.6	6.8
<i>Th. mediterranea</i> var. <i>paiflica</i>																																		0.1	0.0
																																		246.5	0.3
																																		84,360.4	97.4
<b>DINOFLAGELADAS</b>																																			
<i>Ceratium furca</i>																																		77.1	0.1
<i>Ceratium fusus</i>																																		10.5	0.01
<i>Ceratium masillense</i>																																		4.0	0.0
<i>Ceratium setaceum</i>																																		69.0	0.1
<i>Ceratium trichoceros</i>																																		53.0	0.1
<i>Ceratium tripos</i>																																		0.1	0.0

TABLA XI. DENSIDAD (cél/l) Y ABUNDANCIA RELATIVA (%) EN LA ÉPOCA DE SURGENCIAS (FEBRERO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX. (CONTINUACIÓN)

ESPECIES	ESTACIONES																								DENSIDAD ESPECÍFICA TOTAL cél/l	ABUNDANCIA RELATIVA %		
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz									
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M						
<b>DINOFLAGELADOS</b>	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M		
<i>Dinophysis caudata</i>	1	0.2	1	1	1	1	3	2	27	1													4	1	0.2	66.4	1.0	0.0
<i>Euxiella</i> sp.																										3.3	3.3	0.0
<i>Gonyaulax minuta</i>		0.1	0.2																							17.0	17.0	0.02
<i>Gonyaulax turbynei</i>																										1.0	1.0	0.0
<i>Gymnodinium</i> sp.							2				105															1.0	1.0	0.1
<i>Peridinium conicum</i>																										4.0	4.0	0.0
<i>Peridinium depressum</i>						0.1																				69.0	69.0	0.1
<i>Peridinium</i> sp.											53															3.0	3.0	0.0
<i>Phalacrocoma</i> sp.											53															53.0	53.0	0.0
<i>Prorocentrum gibbosum</i>																										4.0	4.0	0.0
<i>Prorocentrum</i> sp.																										552.5	552.5	0.60
<b>CIANOFICEAS</b>																												
<i>Johannesbaptistia pellucida</i>	0.2																									60.0	60.0	0.1
* <i>Lyngbya</i> sp.																										6.1*	6.1*	--
** <i>Merismopedia</i> sp.	11																									18.2**	18.2**	--
<i>Nostoc commune</i>																										0.1	0.1	0.0
* <i>Oscillatoria</i> sp.	0.3	0.2	1	0.1	2	1	0.4	0.2	1																	125.0*	125.0*	--
* <i>Oscillatoria</i> sp.											0.1															3.1*	3.1*	--
* <i>Spirulina</i> sp.																										0.1*	0.1*	--
<i>Synedra</i> sp.																										1.9	1.9	0.0
<i>Synedra</i> sp.											1476															1,674.4	1,674.4	1.9
																										1,734.5	1,734.5	2.0
<b>SILICOFLAGELADAS</b>																												
*** <i>Dicylechia</i> sp.																										20.2	20.2	0.02
																										20.2	20.2	0.02
<b>EUGLENOFITAS</b>																												
<i>Eutreptia</i> sp.																										3.3	3.3	0.0
																										3.3	3.3	0.0
<b>Núm. de cél / estación</b>	2.0	8.6	3.4	7.8	5.9	11.5	48.6	12.3	10.0	129.3	183.0	1,409.0	57,413.0	8,267.0	389.0	3,170.0	110.0	3,698.0	750.0	3,295.0	839.0	6,768.0	88.0	1.5	86,620.9			
<b>Núm. de especies</b>	7	6	10	15	11	17	16	18	6	15	13	24	20	22	16	17	13	22	20	20	13	26	4	4	4			

\* = Filamentos  
 \*\* = Colonia  
 \*\*\* = Esqueleto silíceo  
 -- = No se pudo cuantificar en células por litro por lo que no se tomó en cuenta para la abundancia relativa  
 S, M = Superficie y Media agua

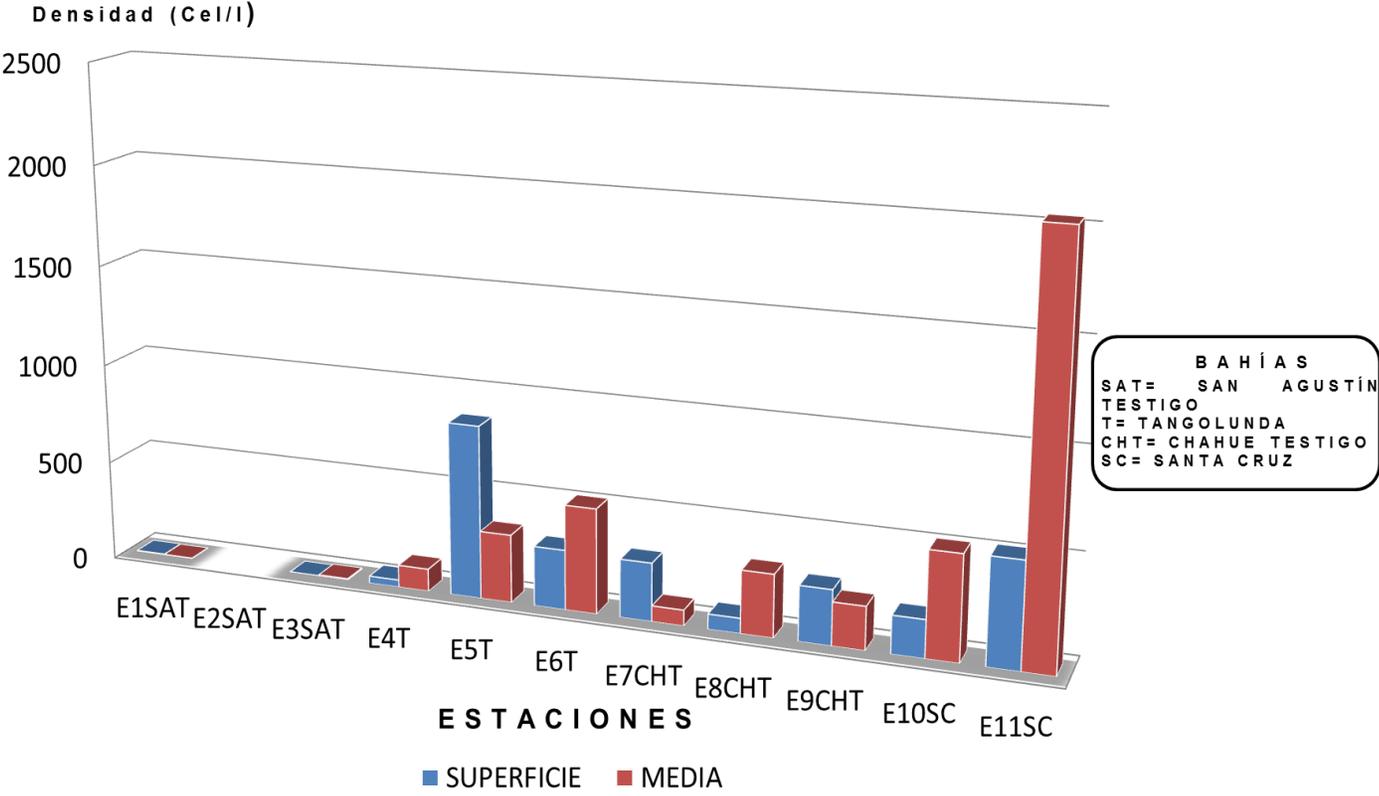


Fig. 14 Densidad del fitoplancton en época de lluvias (Sep. 90), en bahías de Huatulco, Oax.

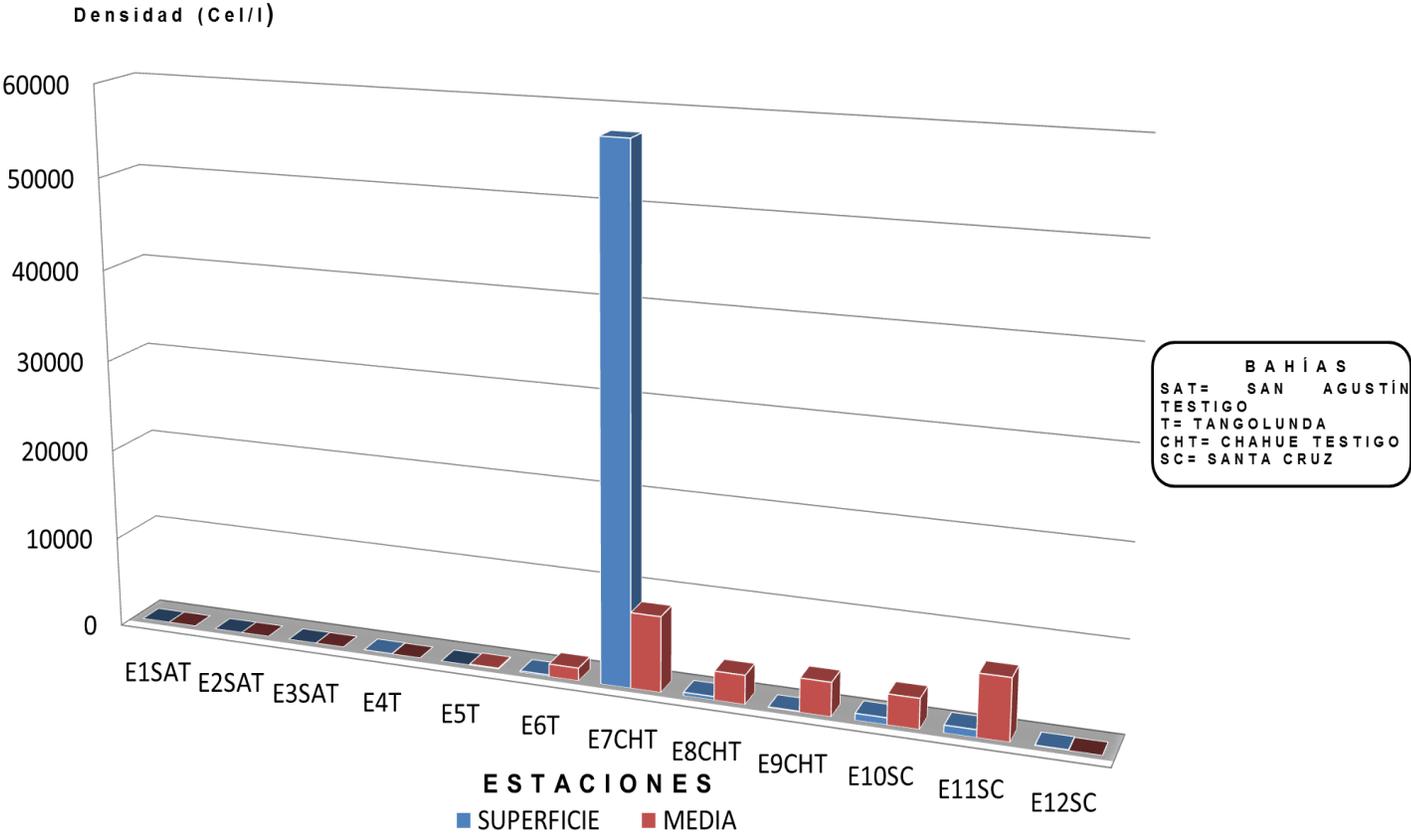


Fig. 15 Densidad del fitoplancton en épocas de surgencias (Feb. 91), en bahías de Huatulco, Oax.

En la **Fig. 16** se aprecian los valores de densidad por estación de muestreo tanto a nivel superficial como a media agua.

En general para los tres periodos se aprecia la diferencia de densidades, entre San Agustín y las demás bahías (Tangolunda, Chahué y Santa Cruz).

#### 6.2.1.5.4 Riqueza específica, diversidad y equitatividad por periodo de muestreo

##### a) **Septiembre 1990 -Lluvias**

###### Riqueza específica

El valor más alto de riqueza específica se dio en la E10 a media agua en la bahía Santa Cruz (51 especies) y el valor más bajo se dio en la E1 superficial de San Agustín (18 especies). (**Tabla XIII**), (**Fig. 17**).

###### Diversidad

El valor más alto de diversidad se dio en la E10 superficial de la bahía Santa Cruz con un valor de 4.2 bits/ind., el valor más bajo se presentó en la E1 San Agustín a media agua con un valor de 1.6 bits/ind. (**Tabla XIII**), (**Fig. 18**).

###### Equitatividad "J"

El valor más alto de equitatividad se presentó en la E3 a nivel superficial en la bahía de San Agustín (0.95), el valor más bajo se dio en la E11 a media agua en la bahía Santa Cruz. (**Tabla XIII**).



TABLA XII. DENSIDAD (cél/l) Y ABUNDANCIA RELATIVA (%) EN LA ÉPOCA DE SECAS (MAYO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX. (CONTINUACIÓN)

E S P E C I E S	E S T A C I O N E S																														DENSIDAD ESPECÍFICA TOTAL cél/l	ABUNDANCIA RELATIVA %				
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz																	
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12													
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M												
<i>Ceratium azoricum</i>	0.1																																		0.1	0.0
<i>Ceratium belone</i>																																			1.0	0.1
<i>Ceratium candelebrum</i>				0.1						0.4																								1.7	0.1	
<i>Ceratium carneense</i>										0.4																								0.4	0.02	
<i>Ceratium contrarium</i>				0.1																														2.5	0.1	
<i>Ceratium extensum</i>																																		0.7	0.03	
<i>Ceratium furca</i>	0.1								1	0.2	0.4	1	5	1	1	1	1	2	1	0.3	1	1	0.4									17.0	0.8			
<i>Ceratium fusus</i>	0.1			0.2	0.1		0.1	0.1		0.2	0.4	1	1	1	0.4	1	1	0.3	1														8.3	0.4		
<i>Ceratium gallicum</i>				0.1						0.1																								0.6	0.03	
<i>Ceratium gibberum</i>				0.3						0.4																								1.6	0.1	
<i>Ceratium karstenii</i>								0.1																										0.1	0.0	
<i>Ceratium longirostrum</i>																																		1.0	0.1	
<i>Ceratium macroceros</i>										1																								1.1	0.1	
<i>Ceratium massiliense</i>	0.2	0.1	0.2	1	1	0.4		0.1	1	1	3	2	5	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2						26.0	1.2			
<i>Ceratium pentagonum</i>																																		0.4	0.02	
<i>Ceratium trichoceros</i>	0.1	1	0.2						0.2	0.4	1																							5.2	0.2	
<i>Ceratium tripos</i>				0.1					0.1		1	1	3																					5.5	0.3	
<i>Ceratium sp.</i>													0.4																					15.4	0.7	
<i>Ceratocorys horrida</i>	0.1			0.1																														0.4	0.02	
<i>Ceratocorys sp.</i>				0.2	0.1		0.1																											0.4	0.02	
<i>Dinophysis caudata</i>				0.2	0.4	0.2	0.1						1	0.2	2	4	4	1	2	2	2	5	4	3	3	2							36.1	1.7		
<i>Exuviaella sp.</i>									0.1																									3.0	0.1	
<i>Goniodoma sp.</i>				0.2																														6.1	0.3	
<i>Gonyaulax minuta</i>																																		2.9	0.1	
<i>Gonyaulax scrippsae</i>																																		1.0	0.1	
<i>Ornithocercus steini</i>	0.1	0.3	0.4	1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	1	0.4	1	1	1	0.4	1	3	1	1	1	1	0.2											13.7	0.6		
<i>Ornithocercus sp.</i>																																		2.0	0.1	
<i>Protoperidinium conicum</i>																																		2.4	0.1	
<i>Protoperidinium depressum</i>	0.1			0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	1	0.2																				4.5	0.2		
<i>Protoperidinium sp.</i>	0.1	0.2	0.1						0.1																									2.9	0.1	
<i>Protoperidinium sp.</i>																																		4.6	0.2	
<i>Protoperidinium sp.</i>																																		3.5	0.2	
<i>Protoperidinium sp.</i>																																		1.1	0.1	
<i>Protoperidinium sp.</i>																																		1.0	0.1	
<i>Phalacroma sp.</i>																																		0.5	0.02	
<i>Phalacroma sp.</i>																																		4.9	0.2	
<i>Prorocentrum sp.</i>																																		0.4	0.02	
<i>Pyrocystis robusta</i>				0.1	0.1		0.1																											1.3	0.1	
<i>Pyrophacus sp.</i>				0.1									0.2	1	1	0.1	0.1																	3.3	0.2	
																																		<b>185.4</b>	<b>8.9</b>	

TABLA XII. DENSIDAD (cél/l) Y ABUNDANCIA RELATIVA (%) EN LA ÉPOCA DE SECAS (MAYO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX. (CONTINUACIÓN)

E S P E C I E S	E S T A C I O N E S																								DENSIDAD ESPECÍFICA TOTAL cél/l	ABUNDANCIA RELATIVA %		
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz									
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12					
<b>C I A N O F I C E A S</b>	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M				
<i>Johannesbaptistia pellicida</i>																										8.0	0.4	
* <i>Lynxbya</i> sp <sub>1</sub>	0.1																									2.1*	--	
* <i>Oscillatoria</i> sp <sub>1</sub>	0.1	0.1	0.1																							13.0*	--	
* <i>Oscillatoria</i> sp <sub>2</sub>	0.1																									0.5*	--	
<b>EUGLENOFITAS</b>																												
<i>Eutreptia</i> sp <sub>1</sub>																										1.8	0.1	
																										9.8	0.5	
<b>Núm. de cél / estación</b>	4.3	2.6	2.7	21.1	5.8	4.4	4.5	3.2	19.7	13.0	76.0	74.1	535.0	578.0	10.1	34.4	15.9	150.2	69.0	142.0	41.2	26.8	95.0	201.0	2130.0			
<b>Núm. de especies</b>	15	14	15	26	14	18	17	14	20	20	27	34	27	26	27	34	24	35	27	31	29	16	17	27	11	15		
* = Filamentos																												
-- = No se pudo cuantificar en células por litro por lo que no se tomó en cuenta para la abundancia relativa																												

TABLA XIII. RIQUEZA ESPECÍFICA, DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS (SEPTIEMBRE, 1990).  
BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

	E S T A C I O N E S																									
	SAN AGUSTIN						TANGOLUNDA						CHAHUÉ						SANTA CRUZ							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M		
RIQUEZA (Número de especies)	18	19	--	27	28	42	43	41	50	42	43	49	46	34	36	49	46	47	51	50	40	--				
DIVERSIDAD (bits/ind)	2.9	1.6	--	3.5	3.5	3.8	3.5	2.7	3.2	3.0	3.0	3.0	2.3	3.0	3.2	2.7	3.5	4.2	4.0	3.3	2.6	--				
EQUITATIVIDAD (J'')	.76	.52	--	.95	.83	.85	.75	.56	.61	.63	.63	.72	.68	.72	.69	.58	.74	.81	.76	.66	.50	--				

VALORES PROMEDIO EN CADA BAHÍA

BAHÍAS	RIQUEZA (Número de especies)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD (J')
San Agustín	23.0	2.7	0.77
Tangolunda	43.5	3.2	0.67
Chahué	43.3	3.0	0.69
Santa Cruz	47.0	3.6	0.68
X Total	39.2	3.1	0.70

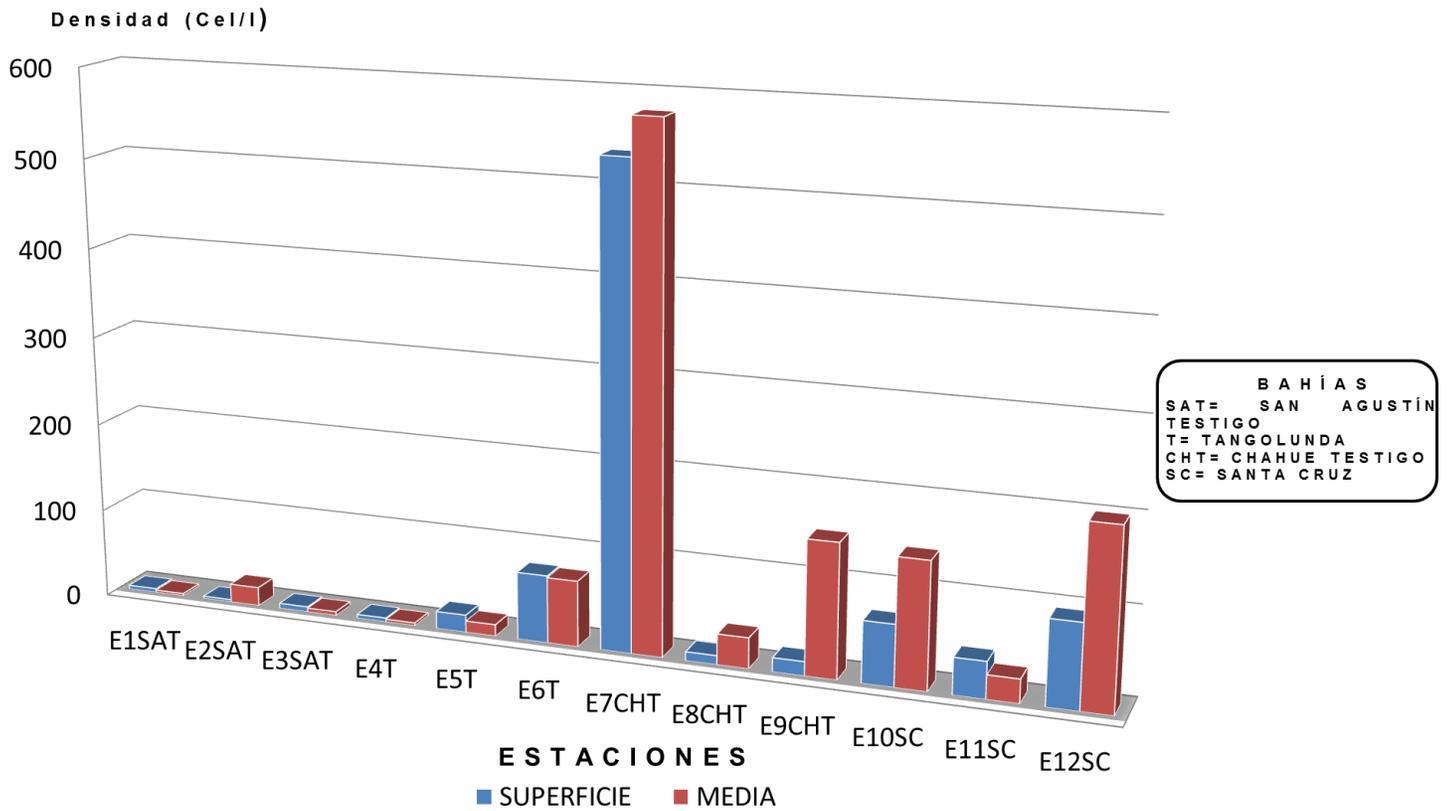


Fig. 16 Densidad del fitoplancton en épocas de secas (May. 90), en bahías de Huatulco, Oax.

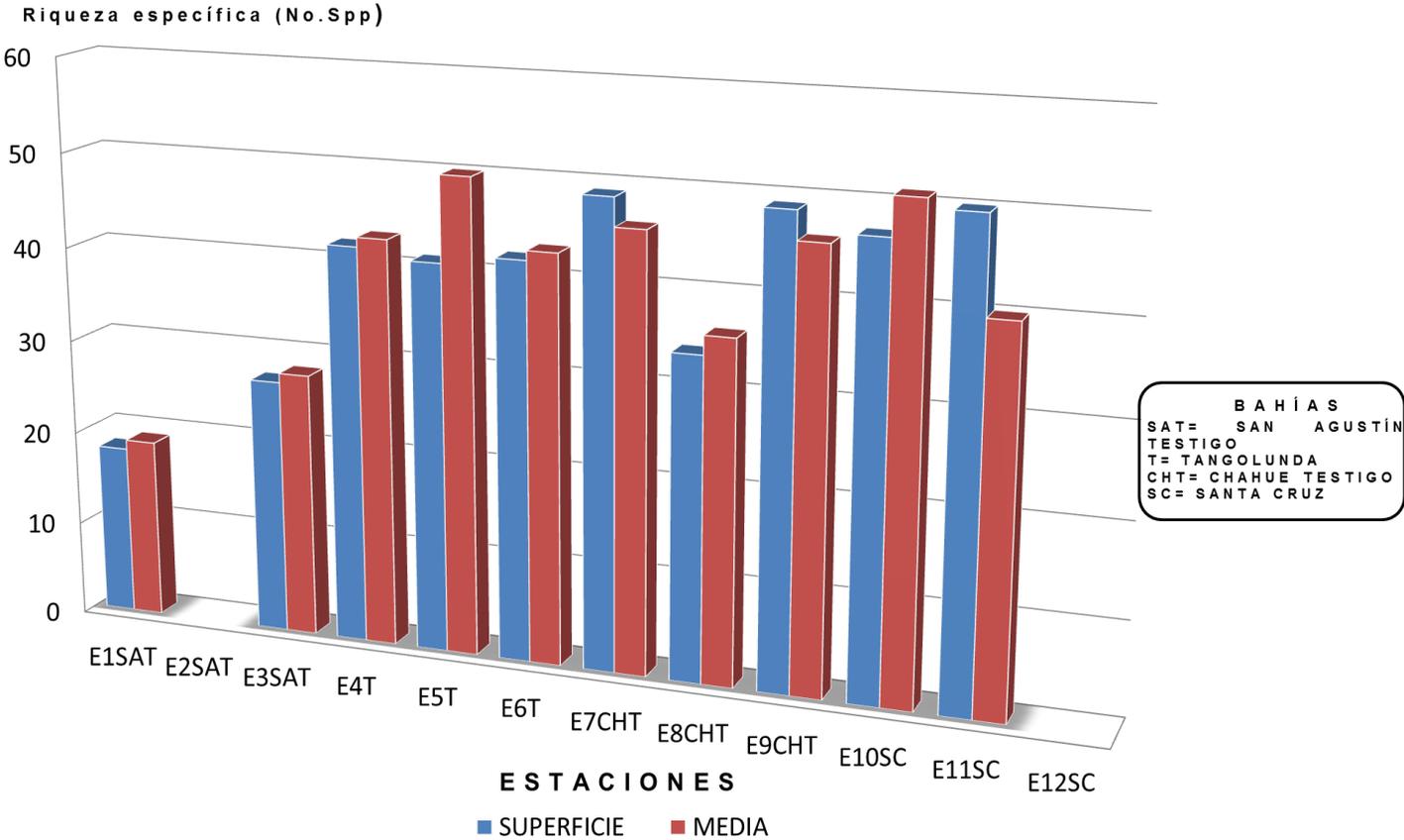


Fig. 17 Riqueza específica del fitoplancton en épocas de lluvias (Sep. 90), en bahías de Huatulco, Oax.

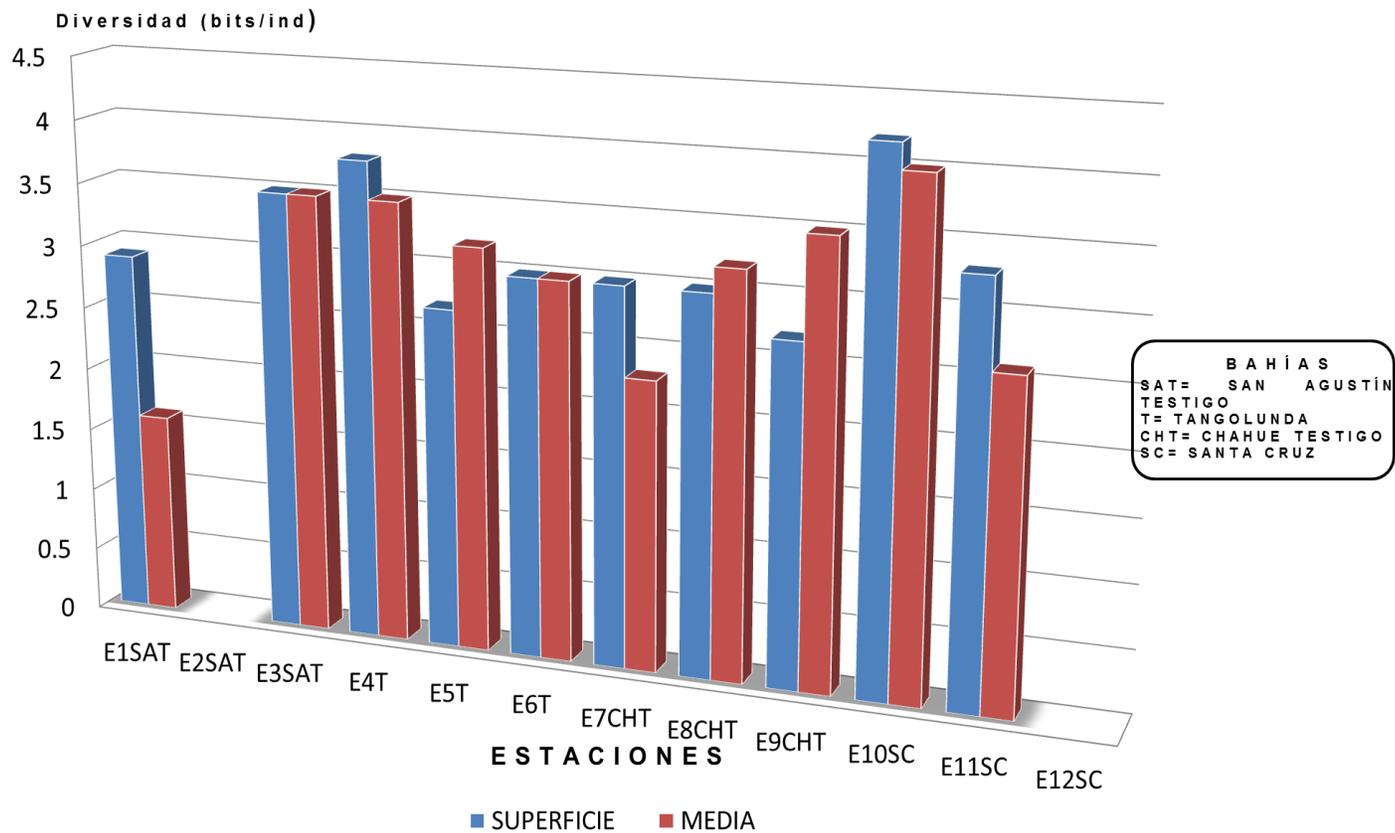


Fig. 18 Diversidad del fitoplancton en épocas de lluvias (Sep. 90), en bahías de Huatulco, Oax.

**b) Febrero 91 -Surgencias**

Riqueza específica

El valor más alto se dio en la E10 a media agua (53 especies), y el valor más bajo se presentó en la E12 en superficie (6 especies) ambas en la bahía Santa Cruz. **(Tabla XIV), (Fig. 19)**

Diversidad

El valor más alto de diversidad se dio en la E4 a media agua con 3.2 bits/ind. en la bahía Tangolunda, el valor más bajo se presentó en la E12 superficial (0.9 bits/ind) en la bahía Santa Cruz. **(Tabla XIV), (Fig. 20)**

Equitatividad "J"

El valor más alto de equitatividad (1.0) se dio en la E7 a nivel medio. El valor de equitatividad más bajo se presentó en la E7 a nivel superficial (0.35), ambas estaciones en la Bahía de Chahué. **(Tabla XIV).**

**c) Mayo 1991-Primavera-Estabilidad-Secas**

Riqueza específica

Para el mes de mayo, el valor de riqueza específica más alto se presentó en dos estaciones E7 a media agua y E10 a nivel superficial (56 especies) correspondientes a las bahías de Chahué y Santa Cruz respectivamente. **(Tabla XV), (Fig. 21).**

El valor de riqueza más bajo se presentó en la E12 a nivel superficial (24 especies) en la bahía Santa Cruz. **Tabla XV, (Fig. 21).**

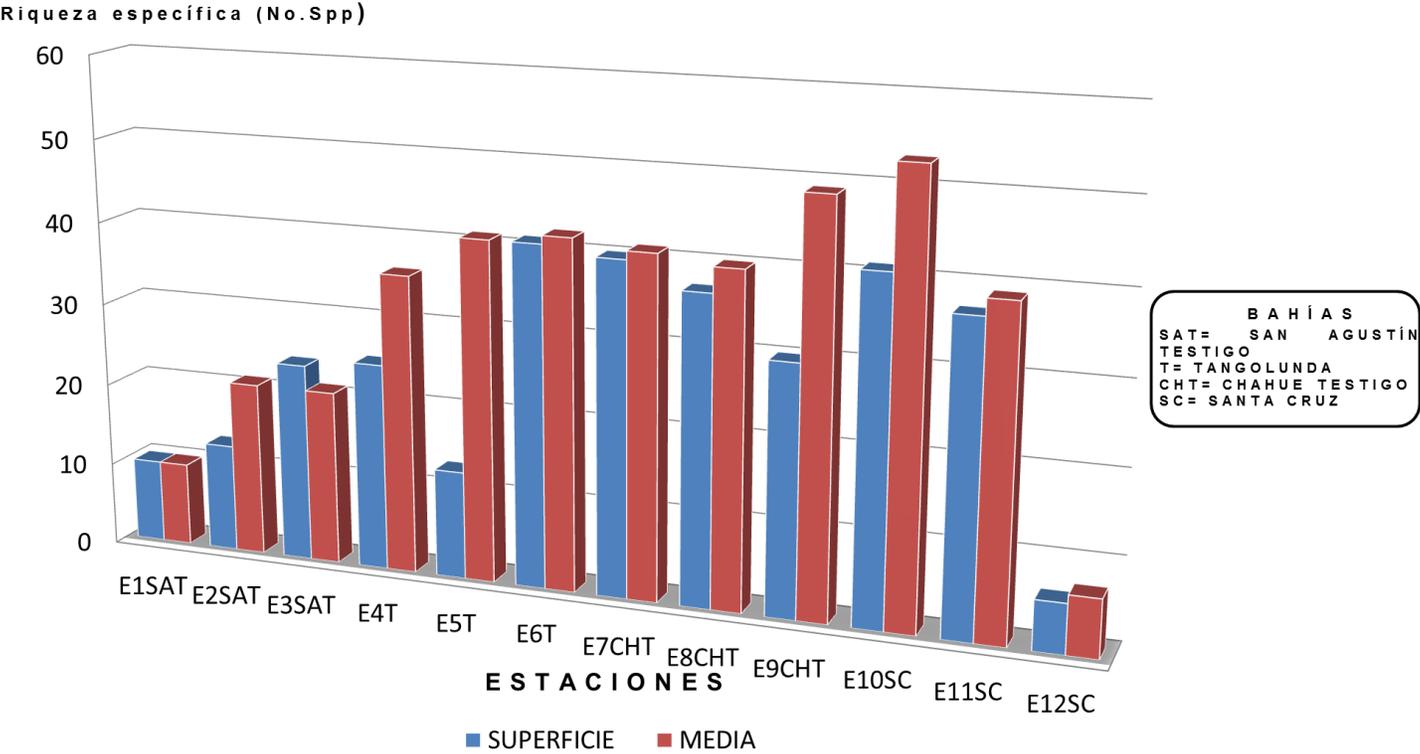


Fig. 19 Riqueza Específica del fitoplancton en épocas de surgencias (Feb. 91), en bahías de Huatulco, Oax.

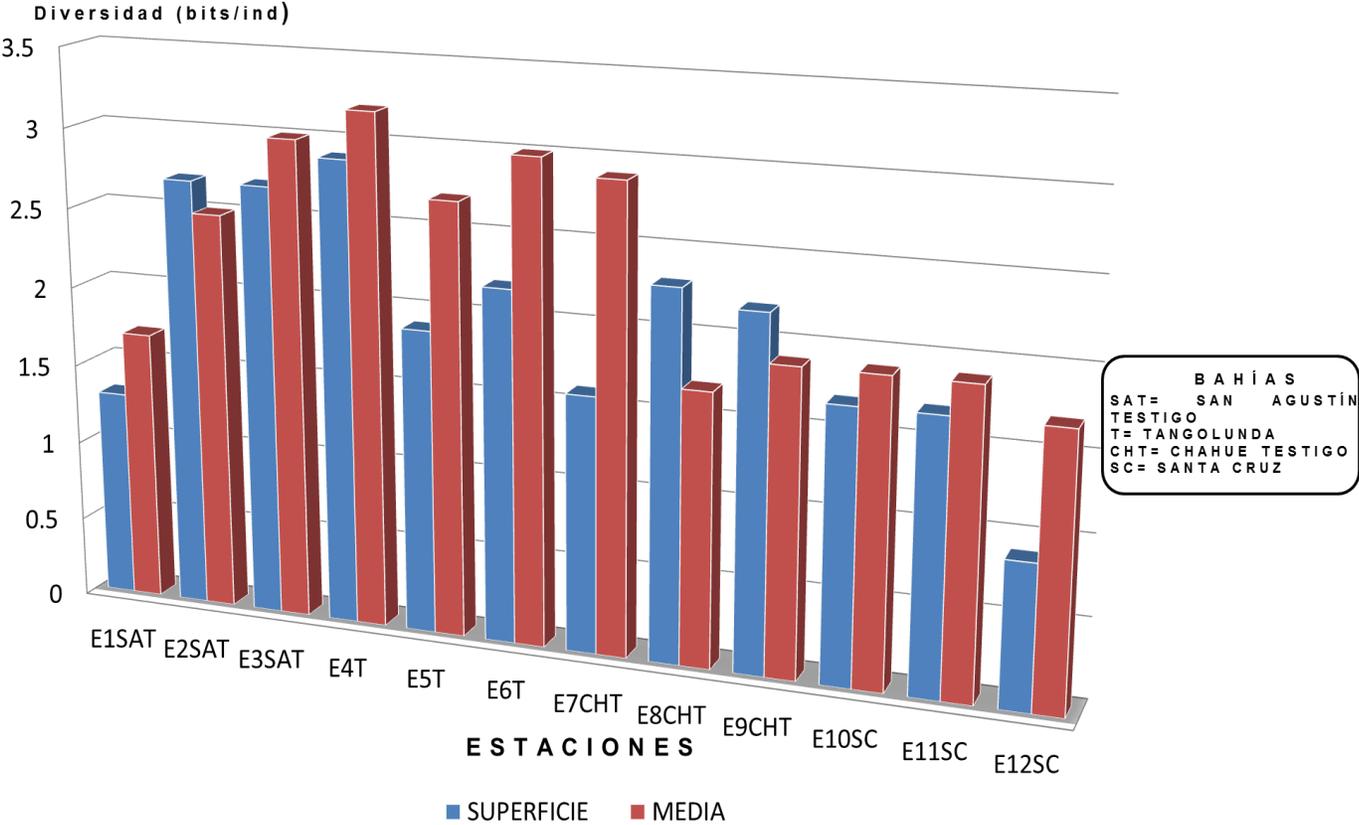


Fig. 20 Diversidad del fitoplancton en épocas de surgencias (Feb. 91), en bahías de Huatulco, Oax.

TABLA XIV. RIQUEZA ESPECÍFICA, DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD EN ÉPOCA DE SURGENCIAS (FEBRERO, 1991).  
BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

		E S T A C I O N E S																								
		SAN AGUSTIN						TANGOLUNDA						CHAHUÉ						SANTA CRUZ						
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	
RIQUEZA (Número de especies)	S	M	10	13	21	24	21	25	36	13	41	41	42	40	41	37	40	30	49	41	53	37	39	6	7	
DIVERSIDAD (bits/ind)	S	M	1.7	2.7	2.5	2.7	3	2.9	3.2	1.9	2.7	2.2	3.0	1.6	2.9	2.3	1.7	2.2	1.9	1.7	1.6	1.7	1.9	0.9	1.7	
EQUITATIVIDAD (J)	S	M	0.81	0.68	0.85	0.62	0.75	0.84	0.76	0.76	0.75	0.73	0.60	0.66	0.35	1.0	0.61	0.43	0.64	0.44	0.58	0.37	0.46	0.41	0.59	0.86

VALORES PROMEDIO EN CADA BAHÍA

BAHÍAS	RIQUEZA (Número de especies)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD (J')
San Agustín	16.5	2.3	0.76
Tangolunda	33.0	2.6	0.71
Chahué	39.5	2.1	0.58
Santa Cruz	30.5	1.6	0.55
$\bar{X}$ Total	29.9	2.2	0.63

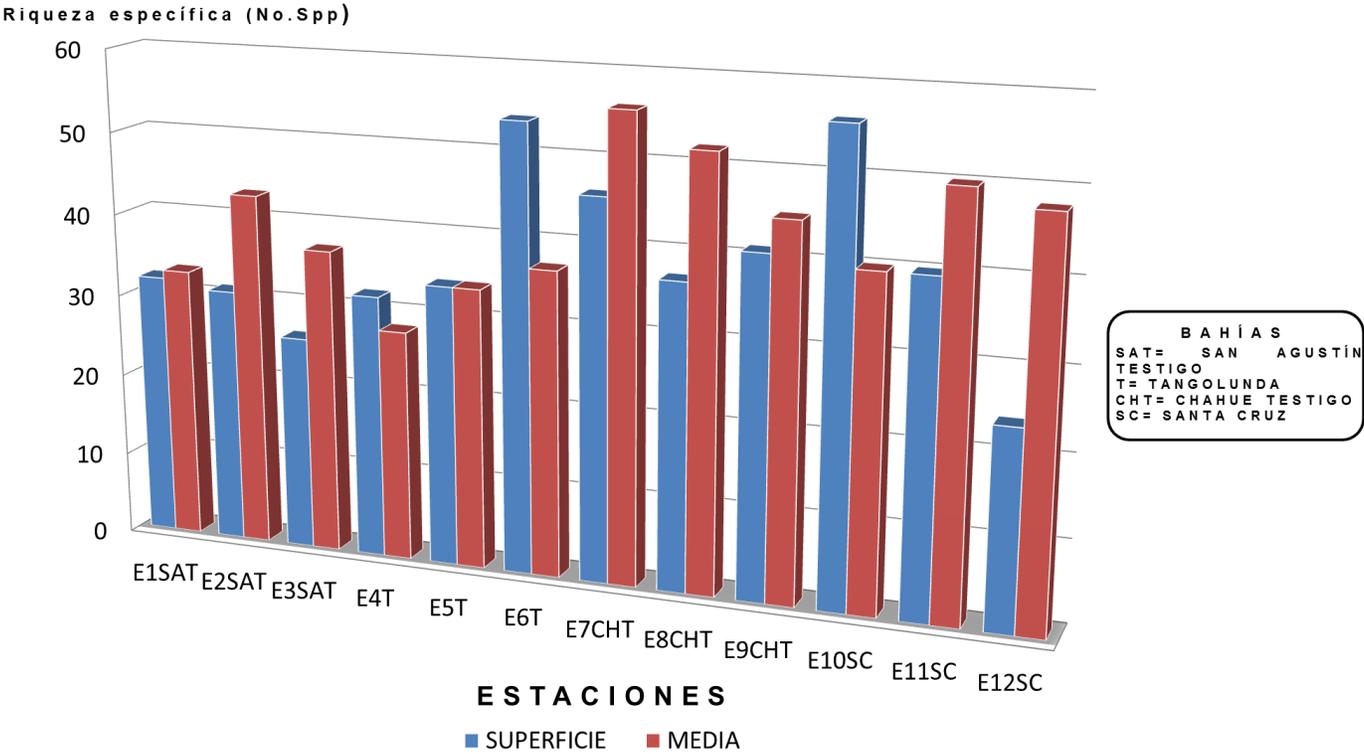


Fig. 21 Riqueza Específica del fitoplancton en épocas de secas (May. 91), en bahías de Huatulco, Oax.

Diversidad (bits/ind)

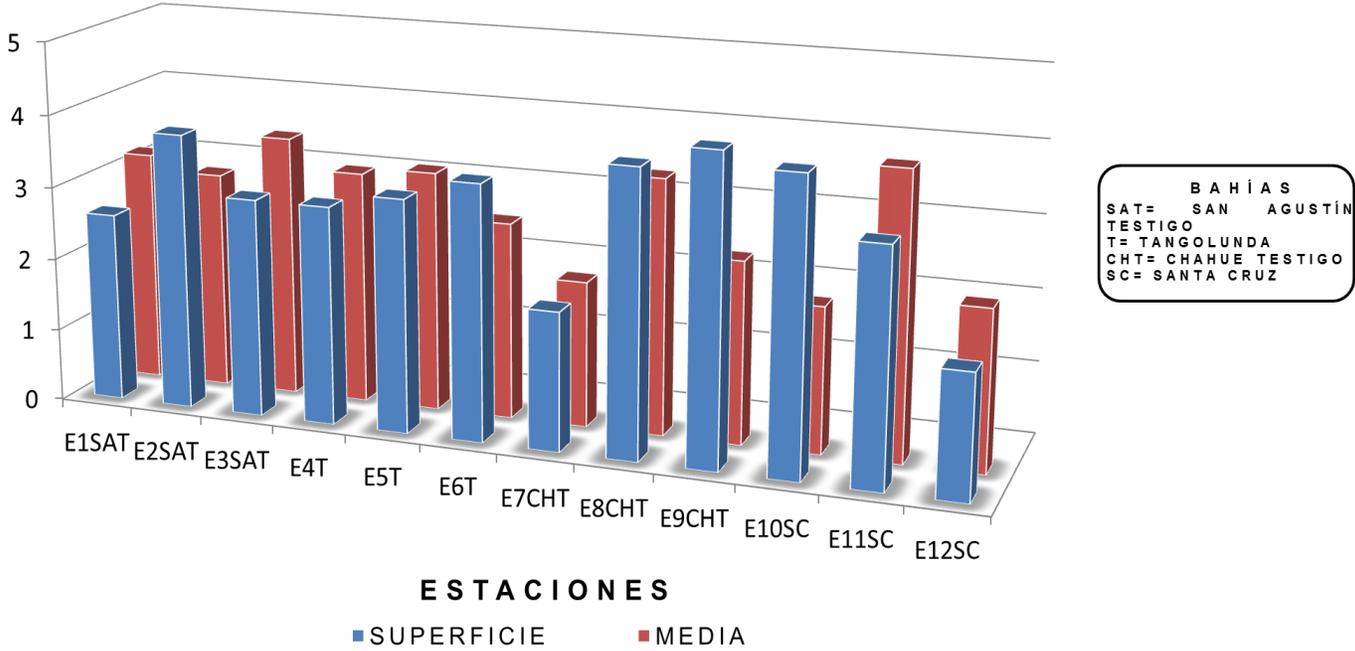


Fig. 22 Diversidad en épocas de secas (May. 91), en bahías de Huatulco, Oax.

TABLA XV. RIQUEZA ESPECÍFICA, DIVERSIDAD Y EQUITATIVIDAD EN ÉPOCA DE SECAS (MAYO, 1990). BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

	E S T A C I O N E S																							
	SAN AGUSTIN			TANGOLUNDA			CHAHUÉ			SANTA CRUZ														
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12												
RIQUEZA (Número de especies)	32	33	31	43	26	37	32	28	34	34	54	37	46	56	37	52	41	45	56	40	40	50	24	48
DIVERSIDAD (bits/ind)	2.6	3.2	3.8	3.0	3.0	3.6	3.0	3.2	3.2	3.3	3.5	2.7	1.9	2.0	3.9	3.5	4.2	2.5	4.0	2.0	3.2	3.9	1.7	2.2
EQUITATIVIDAD (J)	.69	.83	.96	.65	.81	.85	.77	.81	.74	.78	.74	.59	.39	.39	.87	.68	.87	.48	.85	.49	.79	.83	.52	.55

VALORES PROMEDIO EN CADA BAHÍA

BAHIAS	RIQUEZA (Número de especies)	DIVERSIDAD (H')	EQUITATIVIDAD (J')
San Agustín	33.7	3.2	0.79
Tangolunda	36.5	3.2	0.74
Chahué	46.2	3.0	0.61
Santa Cruz	43.0	2.7	0.67
X Total	39.9	3.0	0.70

### Diversidad

El valor más alto de diversidad se dio en la E9 superficial (Chahué) con un valor de 4.2 bits/ind). **(Tabla XV), (Fig. 22).**

El valor más bajo de diversidad se dio en la E12 a nivel superficial y correspondió a la dársena de la bahía Santa Cruz (1.7 bits/ind). **(Tabla XV), (Fig. 22).**

### Equitatividad "J"

El valor más alto de equitatividad se presentó en la E2 superficial de la bahía de San Agustín con un valor de 0.96. El valor más bajo se dio en el E7 a nivel superficial y media agua con un valor de 0.39 para ambas estaciones pertenecientes a la Bahía de Chahué, **(Tabla XV).**

#### 6.2.1.5.5. Clorofila a

##### **a) Septiembre 1990**

El valor más alto de clorofila se dio en la E6 superficial de Tangolunda con un valor de 3.2 mg/m<sup>3</sup>. El valor más bajo se dio en la E3 de San Agustín a nivel medio con 0.3 mg/m<sup>3</sup>. **(Tabla XVI), (Fig. 23).**

##### **b) Febrero 1991**

El valor más elevado se presentó en la E12 de Santa Cruz a nivel superficial (3.1 mg/m<sup>3</sup>). El valor más bajo se presentó en diversas estaciones (0.1 mg/m<sup>3</sup>) (E3 San Agustín superficial, E3 San Agustín media, E8 Chahué superficial y la E6 de Tangolunda tanto en superficie como a media agua). **(Tabla XVI), (Fig. 23).**

##### **c) Mayo 1991**

El valor más alto de clorofila se dio otra vez en la E12 Santa Cruz pero a nivel medio con un valor de 0.3 mg/m<sup>3</sup> **(Tabla XVI), (Fig.23).**

TABLA XVI CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA *a* (mg/m<sup>3</sup>) EN BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

ESTACIONES	NIVEL DEL AGUA	SEPTIEMBRE	FEBRERO	MAYO
<i>San Agustín</i>	1 S	--	0.2	0.1
	1 M	--	0.4	0.1
	2 S	--	0.2	0.1
	2 M	--	0.3	0.1
	3 S	0.7	0.1	0.1
	3 M	0.3	0.1	0.1
<i>Tangolunda</i>	4 S	--	0.3	0.1
	4 M	1.0	0.3	0.2
	5 S	1.7	0.2	0.1
	5 M	0.8	0.3	0.2
	6 S	3.2	0.4	0.1
	6 M	--	0.1	0.1
<i>Chahué</i>	7 S	1.3	0.3	0.03
	7 M	1.6	0.2	0.1
	8 S	1.4	0.1	0.1
	8 M	1.6	0.3	0.1
	9 S	0.9	0.3	0.1
	9 M	1.3	0.3	1.1
<i>Santa Cruz</i>	10 S	0.9	0.3	0.1
	10 M	1.4	0.3	0.1
	11 S	1.5	0.2	0.1
	11 M	2.1	0.3	0.1
	12 S	3.0	3.1	0.2
	12 M	3.1	0.2	0.3
Nota: - No se obtuvieron resultados S Superficie M Media				

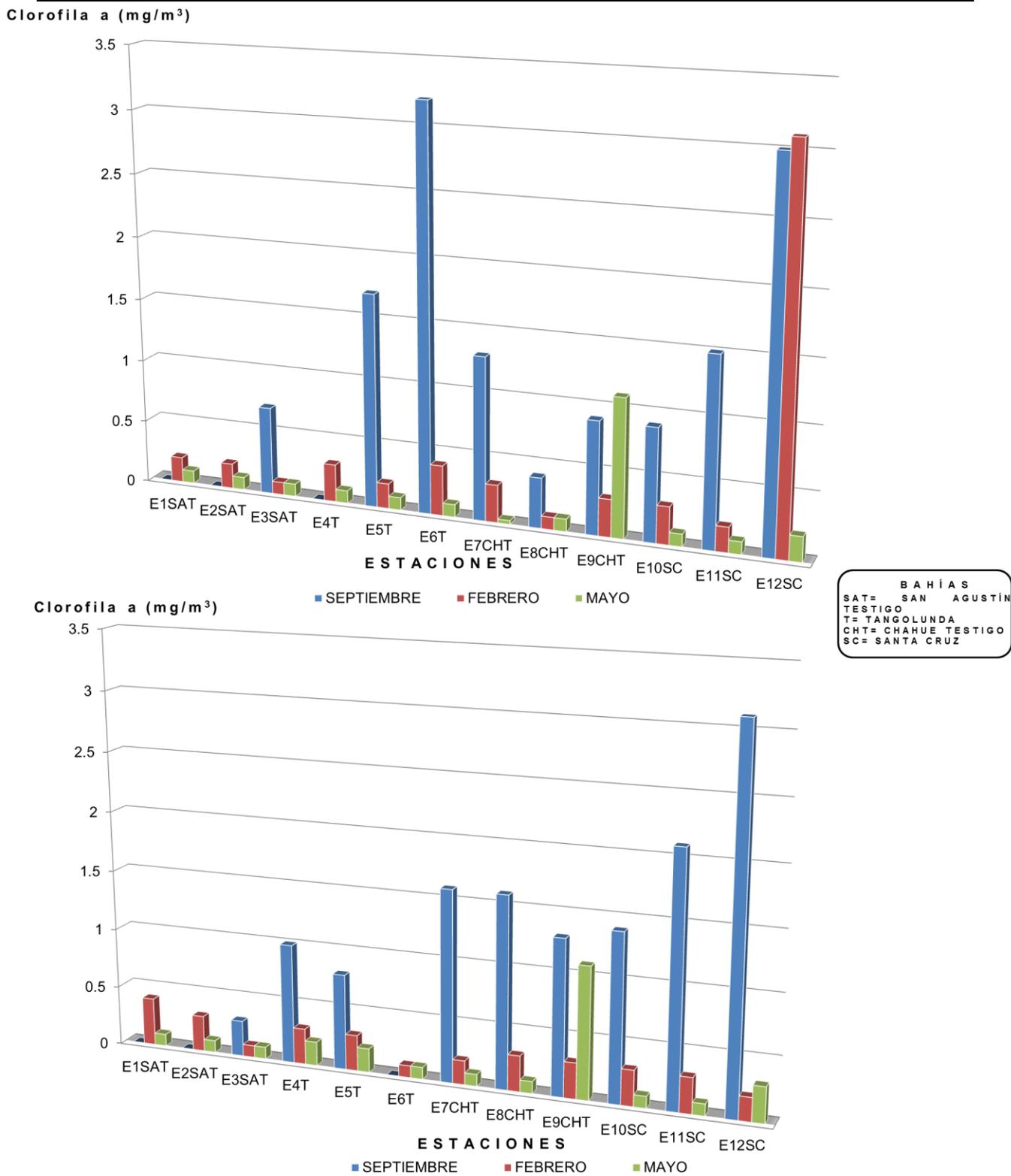


Fig. 23 Registro de Clorofila a en los diferentes períodos de muestreo para Bahías de Huatulco, Oax.

El valor mínimo ( $0.03 \text{ mg/m}^3$ ) se presentó en la estación E7 Chahué superficial siendo el valor más bajo encontrado para los tres periodos. **(Tabla XVI), (Fig. 23).**

En general los valores más altos de clorofila se presentaron en septiembre y a nivel superficial **(Fig. 23).**

6.2.1.5.6. Comparación de Indicadores de la estructura de la comunidad fitoplanctónica para evaluar la eutrofización.

### **Febrero 91 (Surgencias)**

Es evidente que febrero, es el mes donde se presentó la mayor inestabilidad generada por la turbulencia en el agua debida a los vientos Tehuantepecanos, hay diferencias entre los diversos indicadores de eutrofización de la comunidad fitoplanctónica, los parámetros considerados como más importantes para medir el estado trófico son la clorofila y la densidad, y desde un punto de vista de consistencia para diferenciar el estado trófico es la equitatividad, y la diversidad como un buen indicador de la estabilidad del sistema.

En febrero las concentraciones de clorofila **a** generalmente se mantuvieron como oligotróficas excepto en la estación E12SCS que se mantuvo como eutrófica.

La densidad prácticamente coincidió con los datos de clorofila, excepto en algunas estaciones donde, se registraron como mesotróficas, E7CHM y E7CHS, en nuestro caso la densidad se tomó con red, lo cual deja escapar pequeñas flagelados. También difieren en la E12SCS ya que la clorofila lo registró como eutrófico y la densidad según los valores anteriormente indicados como oligotrófico.

La equitatividad registró las mayores diferencias, ya que donde la clorofila **a** y la densidad registraron las estaciones como oligotróficas, la equitatividad las registró como mesotróficas y eutróficas. **(Ver Tabla XVII).**

**Mayo 91**

Prácticamente los valores de densidad y la clorofila a se mantuvieron homogéneos con el nivel de oligotrofia, pero la equitatividad volvió a mostrar variaciones ya que con la diversidad en donde se presentaron valores de estabilidad, la equitatividad mostró valores homogéneos y en donde la diversidad establece por sus valores indicadores de crecimiento las estaciones se mostraron con valores que nos indican mesotrofia e inclusive eutróficas, por lo que la equitatividad pudo haber reflejado el estado trófico así como otras perturbaciones en el sistema. **(Ver Tabla XVIII).**

TABLA XVII. COMPARACIÓN DE INDICADORES DE ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD PARA EVALUAR EL ESTADO TRÓFICO FEBRERO 91.

MES	ESTACIÓN	EQUITATIVIDAD "J"	DENSIDAD cél/l	CLOROFIL A Chl a mg/m <sup>3</sup>	DIVERSIDAD bits/ind
<i>Febrero 1991</i>	1SAS	0.81(O)	2.0 (O)	0.2(O)	1.2 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	2SAS	0.85(O)	73.4(O)	0.2(O)	2.7 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	3SAM	0.84(O)	11.5(O)	0.1(O)	3.0 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	7CHM	1.0(O)	8,267.0(M)	0.2(O)	2.9 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	12SCM	0.86(O)	1.5(O)	0.2(O)	1.7 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	1SAS	0.75(M)	8.6(O)	0.1(O)	2.7 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	3SAM	0.68(M)	5.9(O)	0.4(O)	1.7 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	4TS	0.76(M)	48.6(O)	0.3(O)	2.9 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	4TM	0.76(M)	12.3(O)	0.3(O)	3.2 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	5TS	0.75(M)	10.0(O)	0.3(O)	1.9 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	5TM	0.75(M)	129.3(O)	0.3(O)	2.7 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	7CHS	0.35(E)	57,413.0(M)	0.3(O)	1.6 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	8CHM	0.43(E)	3,170.0(O)	0.3(O)	1.7 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	9CHM	0.44(E)	3,698.0(O)	0.3(O)	1.9 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	10SCM	0.37(E)	3,295.0(O)	0.3(O)	1.6 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	11SCM	0.41(E)	6,768.0(M)	0.3(O)	1.9 Crec.
<i>Febrero 1991</i>	12SCS	0.59(M)	88.0(O)	3.1(E)	0.9 (Crec., Cont.)
<i>Febrero 1991</i>	12SCM	0.86(O)	1.5(O)	0.2(O)	1.7 (Crec.)

TABLA XVIII. COMPARACIÓN DE INDICADORES DE ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD PARA EVALUAR EL ESTADO TRÓFICO. MAYO 91.

MES	ESTACIÓN	EQUITATIVIDAD "J"	DENSIDAD cel/l	CLOROFIL A Chl a mg/m <sup>3</sup>	DIVERSIDAD bits/ind
<i>Mayo 1991</i>	1SAM	0.83(O)	2.6(O)	0.1(O)	3.2(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	3SAS	0.81(O)	5.8(O)	0.1(O)	3.0(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	3SAM	0.85(O)	4.4(O)	0.1(O)	3.6(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	2SAS	0.96(O)	2.7(O)	0.1(O)	3.8(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	8CHS	0.87(O)	10.1(O)	0.1(O)	3.9(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	9CHS	0.87(O)	15.9(O)	0.1(O)	4.2(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	10SCS	0.85(O)	69.0(O)	0.1(O)	4.0(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	11SCM	0.83(O)	26.8(O)	0.1(O)	3.9(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	1SAS	0.69(M)	21.1(O)	0.2(O)	2.6 (Crec.)
<i>Mayo 1991</i>	8CHM	0.68(M)	34.4(O)	0.3(O)	3.5(Est.)
<i>Mayo 1991</i>	7CHS	0.39(E)	535.0(O)	0.3(O)	1.9 (Crec.)
<i>Mayo 1991</i>	7CHM	0.39(E)	578.0(O)	0.2(O)	2.0 (Crec.)
<i>Mayo 1991</i>	12SCS	0.78(M)	95.0(O)	0.2(O)	1.7 (Crec.)
<i>Mayo 1991</i>	12SCM	0.78(M)	201.0(O)	0.3(O)	2.2 (Crec.)
<b>Simbología</b>	<b>Significado</b>	<b>Simbología</b>	<b>Significado</b>	<b>Simbología</b>	<b>Significado</b>
<b>O</b>	Oligotrófico	<b>E</b>	Eutrófico	<b>Est.</b>	Estabilidad
<b>M</b>	Mesotrófico	<b>Crec.</b>	Crecimiento Activo	<b>Cont.</b>	Contaminado

### 6.3 Análisis estadístico

En la tabla XIX se puede apreciar que no hay diferencia significativa entre los valores de diversidad, equitatividad, riqueza, densidad celular y clorofila *a* entre la bahía testigo Chahué y las bahías Tangolunda y Sta. Cruz para los meses de febrero y mayo. Se puede manejar la hipótesis que no hay diferencias significativas entre ellas ya que todos los valores de H son menores a  $X^2_{.95}$  y  $X^2_{.99}$ .

TABLA XIX. RESULTADOS DE H-TEST DE KRUSKAL-WALLIS APLICADOS A LA BAHÍA CONTROL CHAHUÉ CONTRA TANGOLUNDA Y SANTA CRUZ APLICADA A DIFERENTES PARÁMETROS BIOLÓGICOS (DIVERSIDAD, EQUITATIVIDAD, DENSIDAD CELULAR, RIQUEZA ESPECÍFICA Y CLOROFILA *a*) PARA LOS MESES DE FEBRERO Y MAYO.

LOS PERCENTILES ( $\chi^2_p$ ) PARA  $j_i$  – CUADRADO CON  $v_1$  GRADOS DE LIBERTAD:

$$\chi^2_{.95} = 5.21$$

$$\chi^2_{.99} = 9.21$$

	$\chi^2_{.95}$	$\chi^2_{.99}$
Diversidad Febrero	- 95.66 < 5.99	- 95.66 < 9.21
Diversidad Mayo	- 96.31 < 5.99	- 96.31 < 9.21
Equitatividad Febrero	- 95.25 < 5.99	- 95.25 < 9.21
Equitatividad Mayo	- 96.20 < 5.99	- 96.20 < 9.21
Densidad Celular Febrero	- 95.20 < 5.99	- 95.20 < 9.21
Densidad Celular Mayo	- 95.36 < 5.99	- 95.36 < 9.21
Riqueza de Especies Febrero	- 96.10 < 5.99	- 96.10 < 9.21
Riqueza de Especies Mayo	- 84.44 < 5.99	- 84.44 < 9.21
Clorofila <i>a</i> Febrero	- 96.30 < 5.99	- 96.30 < 5.99
Clorofila <i>a</i> Mayo	- 96.21 < 5.99	- 96.21 < 5.99

### 6.3.1 Resultados Estadísticos.

Lo que se buscó en esta tesis, como estudio preliminar en el país, es que mediante el análisis factorial ligado a Componentes Principales, evaluar las diversas variables ponderadas con mayor peso, que nos den información sobre el estado trófico de las bahías estudiadas en Huatulco, sobre la estructura de la comunidad fitoplanctónica.

**Fi Liu, et al.,(2001)** estableció qué los pesos de los factores con valores mayores a 0.75 se consideran como fuertes, de, 0.7 a 0.5 como moderado y  $< 0.5$  como débil, tomando en cuenta como el valor mínimo significativo de 0.30. En cuanto a correlaciones factoriales las correlaciones encontradas tienen un nivel de significancia con una  $p < 0.05000$ .

#### 6.3.1.1. Valores de los Factores de los Componentes Principales.

En febrero el factor uno de ACP (Análisis de Componentes Principales), la equitatividad tuvo un valor moderado de 0.43 y en el factor dos, la clorofila **a** con un valor 0.38, la riqueza 0.34, siendo estas las más importantes. **(Ver Tabla XX)**

Para el mes de mayo el factor uno, la equitatividad tuvo 0.35 y en el factor dos, la riqueza nos dio un valor de 0.65. **(Ver tabla XXI)**

Para febrero en el ACP en cuanto a los valores de lo EigenVectors en el factor uno, se dio una correlación positiva de la densidad 0.44 y la riqueza (0.33) y dos correlaciones negativas, la diversidad (-0.47) y la equitatividad (-0.66). En el factor dos, la riqueza 0.58, la diversidad (0.48) y una correlación negativa con la clorofila (-0.62). **(Ver Tabla XXII).**

Para el mes de Mayo el factor uno en cuanto a valores de los EigenVectors, hubo tres correlaciones, una positiva la densidad (0.53) y dos negativas, la diversidad (-0.52) y la equitatividad (-0.59), en el factor dos la riqueza con (0.80) y dos negativas, la diversidad (-0.52) y la equitatividad (-0.59) y en el factor dos la riqueza (0.80) y la diversidad (0.40) y una negativa la clorofila a con (-0.32). **(Ver Tabla XXIII).**

### 6.3.1.2. Correlaciones Factoriales.

En febrero se establecieron correlaciones factoriales entre variables independientes y dependientes de la estructura de la comunidad como por ejemplo: la densidad y el oxígeno disuelto (0.48), el oxígeno disuelto y la riqueza (0.57), entre el pH y la riqueza (0.38).

Hubo también una correlación negativa entre la diversidad y la temperatura (-0.54).

La equitatividad tuvo una correlación negativa con el pH (-0.31) y la equitatividad con el oxígeno disuelto (-0.61). Hubo una correlación positiva entre la clorofila y la temperatura (0.44). **(Ver Tabla XXIV).**

Entre las variables dependientes, se registraron una correlación negativa entre la densidad y la equitatividad (-0.39), hubo una correlación negativa entre la riqueza y la equitatividad (-0.54), una correlación negativa entre la riqueza y la clorofila (-0.32) se dio también una correlación positiva entre la diversidad y la equitatividad (0.51) y una correlación negativa (-0.47) entre la diversidad y la clorofila. **(Ver Tabla XXIV).**

Para Mayo entre las variables dependientes e independientes se dio una correlación positiva entre la temperatura y la riqueza (0.38) y una correlación negativa entre la salinidad y la clorofila (-0.43). **(Ver Tabla XXV).**

Entre las variables dependientes para Mayo se encontraron las siguientes correlaciones negativas entre la densidad y la diversidad (-0.62) y la densidad y la equitatividad (-0.78) y una correlación positiva entre la riqueza y la densidad (0.48), una positiva fuerte entre la diversidad y la equitatividad (0.89) y una correlación negativa (-0.30) entre la equitatividad y la clorofila. **(Ver Tabla XXV).**

TABLA XX CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES de los Eigenectores BASADAS EN CORRELACIONES. FEBRERO 91. (Las correlaciones son significativas a  $p < .05000$ )

<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<b>Densidad</b>	0.2021	0.0337
<b>Riqueza</b>	0.1143	0.3424
<b>Diversidad</b>	0.2181	0.2344
<b>Equitatividad</b>	0.4310	0.0083
<b>Clorofila a</b>	0.0342	0.3809

TABLA XXI CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES de los Eigenectores A LAS CORRELACIONES MAYO 91. (Las correlaciones son significativas a  $p < .05000$ )

<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<b>Densidad</b>	0.2855	0.0742
<b>Riqueza</b>	0.0528	0.6489
<b>Diversidad</b>	0.2715	0.1621
<b>Equitatividad</b>	0.3513	0.0093
<b>Clorofila</b>	0.0385	0.1053

TABLA XXII. CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES A LAS CORRELACIONES DE LOS EIGENVECTORES. FEBRERO 91 HUATULCO. (Las correlaciones son significativas a  $p < .05000$ )

<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<i>Densidad</i>	0.4496	0.1838
<i>Riqueza</i>	0.3381	0.5852
<i>Diversidad</i>	-0.4670	0.4841
<i>Equitatividad</i>	-0.6565	-0.0911
<i>Clorofila</i>	0.1850	-0.6172

TABLA XXIII CORRELACIONES MAYO MATRIZ CORRELACIONES DE LOS EIGENVECTORES. MAYO 91 - HUATULCO. (Las correlaciones son significativas a  $p < .05000$ )

<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<i>Densidad</i>	0.5344	0.2724
<i>Riqueza</i>	0.2299	0.8055
<i>Diversidad</i>	-0.5211	0.4026
<i>Equitatividad</i>	-0.5927	0.0965
<i>Clorofila</i>	0.1963	-0.3246

TABLA XXIV CORRELACIONES FACTORIALES ENTRE VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES FEBRERO 1991. (Las correlaciones son significativas a  $p < .05000$ )

<i>Variable</i>	<b>DENSIDAD (cél/l)</b>	<b>RIQUEZA</b>	<b>DIVERSIDAD bits/ind.</b>	<b>EQUITATIVIDAD "J"</b>	<b>CLOROFILA Chl a mg/m<sup>3</sup></b>
<i>Densidad**</i>	1.0000	0.2623	-0.1908	-0.3956	-0.0429
<i>Riqueza**</i>	0.2623	1.0000	0.1975	-0.5443	-0.3241
<i>Diversidad**</i>	-0.1908	0.1975	1.0000	0.5173	-0.4735
<i>Equitatividad**</i>	-0.3956	-0.5443	-0.5173	1.0000	-0.1288
<i>Clorofila</i>	-0.0429	-0.3241	-0.4735	-0.1288	1.0000
<i>*Variable Temperatura</i>	0.0916	-0.0745	-0.5423	-0.2434	0.4350
<i>*Salinidad</i>	0.0703	-0.0126	0.0114	0.0626	0.0108
<i>*pH</i>	0.1006	0.3813	0.0838	-0.3135	-0.1500
<i>*Oxígeno Disuelto</i>	0.4874	0.5771	-0.2574	-0.6127	-0.1850
<i>*Nitrógeno Orgánico</i>	0.2704	0.0474	0.228	-0.1476	-0.1625

TABLA XXV CORRELACIONES FACTORIALES ENTRE VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES MAYO 1991. (Las correlaciones son significativas a  $p < .05000$ ) +

<b>Variable</b>	<b>Densidad (cél/l)</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Diversidad bits/ind.</b>	<b>Equitatividad J</b>	<b>Clorofila Chla mg/m<sup>3</sup></b>
<b>Densidad**</b>	1.0000	0.4767	-0.6276	-0.7784	0.0506
<b>Riqueza**</b>	0.4767	1.0000	0.0920	-0.2880	-0.0671
<b>Diversidad**</b>	-0.6776	0.0920	1.0000	0.8930	-0.2131
<b>Equitatividad**</b>	-0.7784	-0.2880	-0.8930	1.0000	-0.3037
<b>Clorofila</b>	0.0506	0.0671	-0.2131	-0.3037	1.0000
<b>Temperatura</b>	0.2821	0.3852	-0.0039	-0.1922	0.1666
<b>*Salinidad</b>	0.0333	0.0897	0.0802	0.1237	-0.4300
<b>*pH</b>	0.1056	0.2680	-0.0600	-0.2065	-0.1449
<b>*Oxígeno Disuelto</b>	0.1306	0.0206	-0.1626	-0.1397	-0.1668
<b>*Nitrógeno Orgánico</b>	-0.0541	-0.2468	-0.0874	0.0832	-0.0590

## **7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **7.1 Profundidad**

En las cuatro bahías estudiadas la profundidad máxima registrada fue de 20 metros; **Lavin, et al, (1992)** estableció que en los primeros 20 hasta 30 metros bajo la superficie del mar tiene una temperatura más o menos homogénea de 25 a 30°C, lo que concuerda con los valores máximos registrados para la zona de las bahías. La capa de mezcla en el Golfo de Tehuantepec, tiene en general una profundidad de 10 a 30 metros, disminuye de octubre a diciembre a profundidades menores a 10 m, por lo que las bahías se encontraron bien mezcladas en los tres periodos muestreados. **Monreal-Gómez y Salas de León (1998)**.

### **7.2 Transparencia del Disco de Secchi**

La observación de alta transparencia del cuerpo de agua podría ser indicativo que los valores encontrados indicarían aguas con bajos contenidos de clorofila, en referencia a la disminución de la transparencia en zonas como el Báltico debido a eutrofización en donde reportaron un alto contenido de la misma. (**Ciderwall et al, 1990**)

La luz como factor ecológico tiene gran importancia ya que junto con la temperatura y nutrimentos determinan la producción primaria.

En bahías de Huatulco desgraciadamente no ha habido monitoreos previos que sirvan como antecedente de si ha habido o no un decremento en la transparencia del disco de Secchi por lo que sería importante seguir su tendencia a través del tiempo. En otros lugares han dado seguimiento a este fenómeno por ejemplo: **Launjainen et al, en Ciderwall (1990)** ha reportado que la profundidad media del disco de Secchi en el Báltico Norte ha disminuido de 9.3 metros en el periodo 1914 - 1939 a 6.5 metros en el periodo de 1969- 1986, la profundidad se estima de entre 2.5 y 3.0 metros menos, que a principios de siglo.

También se reporta que un área costera del norte de Vasteruik, Nor., los valores de profundidad del disco de Secchi decrecieron 40 m de 1965 a 1989.

Este decremento se debió a la eutrofización regional con altos contenidos de nutrimentos y concentraciones de clorofila **a**, teniendo como consecuencia disminución de oxígeno en el fondo y por lo tanto el fondo sin presencia de macrofauna (**Ciderwall et al, 1990**).

Lo que se encontró para el área de estudio fue una tendencia de mayor transparencia de las bocas de las bahías hacia la costa.

La transparencia puede verse influenciada por la posición de la fuente luminosa (hora del día), la cantidad de sólidos en suspensión provenientes de fuentes naturales (arcillas, sedimentos y partículas orgánicas coloidales) o artificiales (desechos de construcciones), por una elevada productividad natural; por la intensidad de movimientos del medio (mareas, corrientes) y el nublado del cielo (**APHA, AWWA, y WEF, 1992; OMS, 1987; Tebbutt, 1990; Lozano, 1978**).

La menor transparencia registrada en las bocas pudo deberse a un incremento en la cantidad de sólidos debido a la mayor turbulencia encontrada en las bocas de las cuatro bahías estudiadas; ya que no se pudo demostrar una tendencia de encontrar mayor producción en las bocas (los datos de clorofila no demuestran que en las bocas haya mayor biomasa fitoplanctónica), (**Tabla XXV; Fig. 19**).

La OECD (**Giovanardi, et al, 1992**) estableció un modelo para evaluar las condiciones tróficas y este tiene condiciones abiertas, dentro del modelo dieron valores de profundidad con el disco de Secchi y se establecieron intervalos: oligotrófico 5.4 a 28.3 m, mesotrófico 1.5-8.1 m y eutrófico 0.8-7.0 m, el problema fue que las estaciones muestreadas en Huatulco, podrían caer en diversas categorías ya que los intervalos son abiertos y se traslapan entre sí lo que podría crear confusiones. Tomando la media geométrica OECD, establece valores de 9.9 para oligotrófico en la región de Emilia Rogmana, no se pretende comparar como equivalentes las zonas y además los valores de Huatulco son puntuales, solo se utilizaron los intervalos para tener puntos de referencia, al no haber datos a nivel nacional. Según los valores del modelo, las condiciones oligotróficas se darían en la E8CH y 9CH para mayo.

El valor geométrico para mesotrófico es 4.2, las estaciones que estarían en esas condiciones serían E1SA en septiembre; E1SA, E7CH, E11SC para febrero, y E4T en mayo. Para el estado eutrófico se da un valor geométrico medio de 2.4, la única estación que presento esa condición fue la E12SC en los tres periodos de muestreo. Ver **Tabla III**.

### **7.3 Temperatura**

La temperatura es un factor clave para el crecimiento algal (Kitsou, 2011).

La distribución de la temperatura en el agua de mar no es uniforme y varía de unos mares a otros por las diferencias en profundidad, características de cada océano y época del año (**APHA, AWWA y WEF, 1992**).

Para las bahías estudiadas la mayor temperatura se registró en el mes de septiembre con 30.6°C en San Agustín, mientras que la menor fue 25.6°C en febrero, para las estaciones 3 y 6 en San Agustín y Tangolunda a nivel de fondo, así como en la estación 1 a media agua en la primera bahía; comparando los registros de temperatura señalados anteriormente y los encontrados por **Roden (1961)** y la **Secretaría de Marina para el Golfo de Tehuantepec (1978)** son similares.

Las masas de agua del Golfo de Tehuantepec son del Agua Tropical Superficial, que se localiza en la capa superficial y que se caracteriza por su alta temperatura (mayor de 25°C), lo cual concuerda con nuestros datos (**Monreal-Gómez y Salas de León, 1998**).

Los datos de temperatura observados en las **Tablas IV - VII y Fig. 4** nos mostraron la homogeneidad de la masa de agua, por lo que no se presentó una termoclina. **Monreal-Gómez y Salas de León (ibíd.)**, señalan que de enero a octubre la termoclina se encuentra por debajo de los 30 metros en el Golfo de Tehuantepec.

Hubo marcados cambios estacionales entre verano e invierno teniendo gran influencia los vientos Tehuantepecanos, en la época invernal, disminuyendo la temperatura.

Los cambios de temperatura que se registraron en las diversas estaciones se debió principalmente a que las estaciones se muestrearon a lo largo del día.

#### **7.4 Salinidad**

Para bahías de Huatulco, **Huerta y Tirado (1970)** en Tangolunda y Santa Cruz, reportaron un máximo en invierno de 36.6 ‰, a una temperatura de 29.9°C y de 34.0 ‰ como mínimo en primavera a una temperatura de 32.0°C.

Para las cuatro bahías estudiadas y en las tres épocas de muestreo el intervalo de salinidad vario de 30.0 ‰ como mínimo en la estación 5 a nivel superficial en Tangolunda en mayo y un máximo de 33.4 ‰ en la estación 9 fondo en bahía Chahué en el mismo mes, esta salinidad caracteriza al Agua Tropical Superficial que tiene salinidades menores a 34.0 ‰ en el Golfo de Tehuantepec (**Monreal-Gómez y Salas de León, 1998**).

La salinidad registrada en las bahías coincidió con los valores reportados para la zona del golfo entre ellos Puerto Angel y Salina Cruz, Oax. (**Secretaría de Marina, 1978**).

## 7.5 pH

Turner (1992), encontró para la región oceánica de Huatulco un pH entre 7.3 y 8.5. Para las cuatro bahías estudiadas los valores de pH se mostraron homogéneos, con variaciones de 7.8 a 8.2, lo que concuerda con lo encontrado por Turner para la región oceánica. Sin embargo en febrero se registró un caso extremo máximo de 8.7 a media columna en la E11 de Santa Cruz, lo que podría indicar una mayor actividad fotosintética para ese punto.

En general se apreció que los valores reportados para las bahías estudiadas concuerdan con los reportados para aguas marinas, Tait (1987).

## 7.6 Oxígeno disuelto

Las cualidades estéticas del agua requieren de suficiente oxígeno disuelto para alejar las condiciones sépticas con sus emisiones de malos olores, ya que si éste elemento es insuficiente se produce la descomposición anaeróbica de la materia orgánica presente, liberándose gases tóxicos como el ácido sulfhídrico y metano que burbujan desde los sedimentos hasta la superficie (EPA, 1979).

En la mayoría de las áreas marinas costeras, donde hay un alto nivel de desarrollo residencial e industrial los efectos de la eutrofización han sido evidentes por varios años.

Baden et al, (1990) reportó para áreas costeras de Suecia como la Bahía Laholm un incremento en la producción primaria y un decremento de la concentración de oxígeno disuelto en el agua del fondo, debido entre otras cosas a la mayor depositación de materia orgánica en el mismo debido al incremento en la producción.

En la bahía de Kiel, en el Mar del Norte SE, la hipoxia causó la reducción de especies demersales y la muerte de la fauna béntica, efectos similares han sido reportados en la costa de Britania, el Mar Adriático, la costa de Alabama y la Ensenada de Nueva York.

Estas áreas son sensibles a la eutrofización por el aumento de la producción primaria y la subsecuente sedimentación de materia orgánica, la cual como ya se mencionó disminuye la concentración del oxígeno en el agua del fondo.

El incremento de materia orgánica permite un incremento en la producción zoobentónica, pero también un incremento en el consumo de oxígeno y finalmente si es excesivo la fauna del fondo puede cambiar drásticamente (**Baden et al, 1990**).

Bahías de Huatulco, en el momento del estudio era un desarrollo turístico nuevo por lo que se vio la necesidad de monitorear el oxígeno disuelto a través de la columna de agua, para evaluar las condiciones en que se encontraba.

Desafortunadamente solo se pudo realizar para dos periodos; febrero y mayo.

Febrero tuvo las concentraciones más altas debido posiblemente al efecto de los vientos, turbulencia y producción primaria.

El valor más alto se dio en la Bahía de Chahué en la E8 en el fondo con un valor de 9.1 mg/l, mientras que el valor más bajo fue de 5.3 mg/l que se registró en diversas estaciones durante el mes de mayo.

Las Normas Oficiales Mexicanas establecen un valor mínimo de 5.0 mg/l de oxígeno disuelto para las aguas costeras; para el presente estudio y los periodos muestreados los valores reportados se encontraron por arriba de la norma (**Diario Oficial de la Federación, 1989**).

Los valores de oxígeno disuelto se mostraron homogéneos en la columna de agua, (ver **Tablas IV - VII y Fig. 7**), inclusive en algunas estaciones los valores del fondo son más elevados que en la superficie y a media agua, por lo que consideramos que para las bahías estudiadas y los periodos estudiados las condiciones de calidad de agua de las bahías eran buenas, para el momento de los muestreos.

## 7.7 Nutrientes

**Thomas (1969, en De la Lanza)**, reporta que el Pacífico Tropical Mexicano se considera una zona pobre en nutrientes, donde por ejemplo; los nitratos no son detectables en los primeros 10 metros de profundidad.

La mayoría de las discusiones de nutrientes limitantes se han centrado en los dos nutrientes mayores para las plantas: el nitrógeno y el fósforo (**Rosenberg, et al, 1990**).

La mayoría de los resultados encontrados para las tres épocas de muestreo están por debajo del límite de detección (L. D.) de los diversos métodos empleados; solamente en septiembre se notó para algunos nutrientes un incremento en alguna de las bahías. De los resultados encontrados, tenemos que en el caso del nitrógeno amoniacal los resultados registrados fueron los del límite de detección ( $< 0.5$  mg/l), pero **Cline y Richards (1972)**, reportaron valores de 0.028 a 0.042 mg/l; también la **Secretaría de Marina (1978a)**, reportó valores de nitrógeno amoniacal de 0.007 a 0.008 mg/l en superficie y ambos para el Golfo de Tehuantepec.

Para los nitritos también se encontró en la mayoría de las estaciones valores por debajo del límite de detección 0.001 mg/l, pero en el mes de septiembre si fue posible registrar algunos valores, por ejemplo: en la bahía de Santa Cruz en la estación 12S, se registró un valor máximo de 0.013 y para la dársena de la misma bahía un valor de 0.010 mg/l, estos valores máximos se explican porque los pobladores de esta bahía (pescadores) y algunos restaurantes (palapas) descargaban sus aguas residuales sin ningún tratamiento tanto a la bahía como a la dársena, ya que una alta concentración de nitritos indica descargas de origen antropogénico.

**La Norma Oficial Mexicana (Diario Oficial de la Federación, 1989)**, establece un límite máximo permisible de 0.002 mg/l en áreas costeras, lo cual es rebasado en tres de las bahías, excepto Tangolunda para el mes de septiembre (época de lluvias) y lo cual pudo deberse al arrastre de los nutrientes por las lluvias.

**La Secretaría de Marina (1978a)** reportó éste parámetro como indetectable en superficie para el Golfo de Tehuantepec.

Por lo que respecta a los nitratos, en septiembre también hubo un incremento. En San Agustín se detectó el valor más alto 0.007 mg/l en la estación uno superficial, y 0.005 mg/l en la dársena de Santa Cruz (E12M), lo que indica las buenas condiciones de oxigenación que se daban en esa bahía para el momento del muestreo.

Las **Normas Oficiales Mexicanas (1989, ibíd.)** indican un valor máximo permisible de 0.04 mg/l para aguas marinas en zonas costeras, lo cual no fue rebasado por las concentraciones encontradas en San Agustín y la dársena de Santa Cruz para las épocas muestreadas.

Según **Vázquez-Gutiérrez et al, (1998)**, la distribución horizontal de los nitratos en el Golfo de Tehuantepec, presenta dos distribuciones características; durante la época de vientos tehuanos, las aguas profundas ricas en nutrientes provocan un enriquecimiento cerca de la superficie desplazándolo hacia la parte oeste del Golfo y durante la época de lluvias se observa un aporte de nutrientes proveniente de la Corriente del Este.

La concentración de nutrientes según el autor (nitratos) es mayor durante la época de vientos tehuanos que durante la época de lluvias, lo cual no se detectó en el presente estudio. Como la termoclina asciende durante los tehuanos, el máximo de nitratos se encuentra más cerca de la superficie. La máxima productividad planctónica (como biomasa) se dio durante ese período, en las bahías, lo que si concuerda con lo encontrado por **Vázquez-Gutiérrez et al, (1998)**.

La concentración de nitrógeno total fue dada principalmente por el nitrógeno orgánico.

**Granéli et al, (1990)** encontró para el Báltico que una gran fracción de entrada de nitrógeno es en forma orgánica (parcialmente húmica) de una limitada disponibilidad directa. En que medida el nitrógeno orgánico es directa o indirectamente disponible se desconoce en gran medida.

El nitrógeno orgánico presentó las concentraciones más altas en febrero en donde se aprecia una mayor concentración a media agua. La concentración más alta se dio en la estación once en Santa Cruz a media agua con un valor de 2.80 mg/l.

El nitrógeno orgánico incluye materiales como proteínas y péptidos, ácidos nucleicos y urea, así como numerosos compuestos orgánicos sintéticos.

La **OECD (1992)** en **Giovanardi et al, (1992)**, dio valores abiertos para nitrógeno total pero se traslapan en los diferentes niveles tróficos, dio un valor promedio geométrico de 661 mg/m<sup>3</sup> para oligotrófico, 753 para mesotrófico y 1875 mg/m<sup>3</sup> para eutrófico. Los intervalos van para oligotrófico de 307-1630, mesotrófico de 360-1387 y eutrófico de 393-6100 mg/m<sup>3</sup>.

El valor más alto 2.80 mg/l (2800 mg/m<sup>3</sup>) se presentó como eutrófico para esa época del año, en general febrero se comporta como mesotrófico y septiembre y mayo como oligotrófico con algunas excepciones que van a mesotrófico. **(Tablas Anexo I, II, III y IV)**

En septiembre las estaciones de la bahía San Agustín en donde se tomó muestra, se comportaron como oligotróficas. Las mismas estaciones para febrero y mayo como mesotróficas. Para el mes de septiembre la bahía Tangolunda se comportó como oligotrófica así como en mayo, excepto por la E4M y la E6M como mesotrófica. En febrero se comportó como mesotrófica. La bahía de Chahué en septiembre se comportó como oligotrófica, así como mayo, excepto la E7M, E8M como mesotrófica, y en el mes de febrero se comportó la bahía como mesotrófica.

La bahía de Santa Cruz se comportó en septiembre como oligotrófica, en febrero como mesotrófica, excepto la E11M como eutrófica. En mayo en general se vuelve a comportar como oligotrófica excepto las estaciones E10S, E12S y M como mesotróficas.

Según **Hansson (1990)**, el valor para NT (mgm<sup>-3</sup>) es de < de 260 oligotrófico; 260-350 mesotrófico y eutrófico de 350-400, eutrófico, según este criterio todas las estaciones en los tres periodos se consideraron oligotróficas, excepto la estación E11M de Santa Cruz en Febrero como eutrófica.

En el caso del fósforo total y ortofosfatos los valores se mantuvieron por debajo de 0.01 mg/l que es el límite de detección del método empleado; **De la Lanza (1991)** encontró que la concentración de fosfatos en el Pacífico Tropical Mexicano varía de 0.1 a 1.5 ug-át/l. de la superficie a los 100 m (0.003 a 0.046 mg/l).

La OECD (1992) en (**Giovanardi et al, 1992**) da como valores medios geométricos 8.0 mg/m<sup>3</sup> como oligotrófico, 26.7 como mesotrófico y 84.4 mg/m<sup>3</sup> como eutrófico. Aunque no se registraron valores más altos de 10.0 mg/m<sup>3</sup> que es el valor de detección del método empleado se podría decir que no se alcanza un valor de mesotrófico que sería el siguiente nivel. Los intervalos que dio la OECD para oligotrófico de 3.0 a 17.7 mg/m<sup>3</sup>, de 10.9 a 95.6 mg/m<sup>3</sup> para mesotrófico y de 16.2 a 386.0 mg/m<sup>3</sup> para eutrófico.

Según la clasificación de **Hansson (1990)**, se consideró TP (mgm<sup>-3</sup>), como oligotrófico < 10, mesotrófico de 10 – 30 y eutrófico de 30-40, por lo que, todas las estaciones serían oligotróficas según esta clasificación.

**Luna (1991)** reportó en cuanto a distribución de ortofosfatos en el área oeste del Golfo de Tehuantepec para el mes de junio de 1983, valores que van de 0.017 a 0.098 mg/l; **Blackburn (1962)** registró valores de 0.007 a 0.015 mg/l; **Marina (1978a) en Luna (1991)** registró valores de 0.0006 a 0.37 mg/l.

**Vázquez-Gutiérrez (1998)**, reportó que la mayoría de los valores promedio de ortofosfatos fueron alcanzados en la época de tehuanos como en la de secas y menciona que el incremento encontrado se puede deber a la surgencia que ocurre en octubre y marzo, que permite un intercambio de agua entre el agua superficial y la profunda. Coincidió con la época de máxima productividad (como biomasa) encontrada (febrero), pero los valores no son detectados, posiblemente por el intenso consumo del fitoplancton.

El registro de ortofosfatos que se reportó en el estudio nos mostró tal vez una alta absorción de este componente en la zona costera.

## 7.8 Variación espacio - temporal fitoplanctónica

### Riqueza general de especies

Se lograron identificar 193 especies de 5 divisiones (diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias, euglenofitas y silicoflagelados) **Meave y Hernandez-Becerril (1998)**, registraron aproximadamente 250 taxas en el Golfo de Tehuantepec, por lo que se aprecia que Bahías de Huatulco en 1990-1991 tenía una gran riqueza específica.

La única división no reportada por Meave son las euglenofitas. De las 45 especies que **Meave y Hernandez Becerril, (1998)** plantearon como bien representadas y concordaron con las especies que aparecieron en los tres periodos de muestreo fueron: *Leptocylindrus danicus*, *Ceratium fusus*, *Dinophysis caudata*, y *Ornithocercus steini*. *Leptocylindrus danicus* fue citada por Gotsis (1990), como especie oportunista y de ambientes eutróficos.

Los géneros con mayor número de especies de dinoflagelados concordaron en ambos estudios: *Ceratium* y *Protoperidinium*. Los autores reportaron dos especies de *Oscillatoria spp.*, lo que concuerda con lo encontrado en esta tesis, ya que se observaron dos especies de *Oscillatoria* pero no se pudieron identificar a nivel específico.

**Meave (ibíd.)**, reportaron que durante el mes de mayo, la zona occidental del Golfo de Tehuantepec mostró predominancia de dinoflagelados con escasas diatomeas, en los resultados del presente estudio, las especies que se distribuyeron en todas las estaciones fueron dinoflagelados: *Ceratium massiliense*, *Ceratium sp.* y *Dinophysis caudata*.

El género *Ceratium* se reporta como formador de Florecimientos en la Bahía Izmir. **Koray, (1990)**.

Es difícil establecer comparaciones en cuanto a la variación estacional, ya que la presente tesis es pionera por lo que respecta al fitoplancton de las bahías.

Hay un antecedente referente al Golfo de Tehuantepec en particular para Salina Cruz, Oaxaca. En ese estudio **Benítez et al, (1988)** mencionó como géneros dominantes a *Pseudonitzschia*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Oscillatoria* y *Hemiaulus*; los cuales concuerdan con los géneros encontrados en los tres periodos muestreados tanto para las diatomeas como para las cianobacterias, pero no reporta géneros de dinoflagelados, los cuales son también importantes para la zona de las bahías. En este estudio se agregarían *Ceratium spp* y *Protoperidinium spp* como importantes ya que aportan el mayor número de especies, estas diferencias pueden deberse a que Benítez utilizó una botella Niskin para toma de muestras y en el presente estudio se utilizó una red Clarck-Bumpus con abertura de malla de 62 $\mu$ .

*Chaetoceros* ha tenido florecimientos, en el Mar Adriático, donde ha producido problemas en la recreación. **Dederen, (1992)**.

**Benítez (ibíd.)** menciona que la técnica utilizada de botella, no proporciona un espectro completo de la composición cualitativa del plancton, cuyos representantes más escasos sólo pueden ser capturados al concentrar grandes volúmenes de agua, situación donde el uso complementario de redes puede paliar dicho efecto.

**Margalef (1974)** menciona que las muestras de red ejercen una selección sobre las poblaciones naturales; en el plancton obtenido con red faltan los organismos diminutos y también el detritus en suspensión en el agua.

Sobre el tipo de especies encontradas, **Matta (1984)** registró cinco especies de aguas costeras productivas: *Cylindrotheca closterium*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia delicatissima*, *N. pugens* y *Skeletonema costatum*, de las cuales se encontraron para los tres periodos:

*Leptocylindrus danicus*, *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima*, *Cylindrotheca closterium* y *Skeletonema costatum*, esta última se presentó, pero en bajas densidades. (Tablas XI a XIII).

**Meave (ibíd.)**, menciona algunas especies indicadoras de surgencias en el Golfo de Tehuantepec: *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, así como especies del género *Pseudonitzschia*, también los dinoflagelados *Prorocentrum gracile* y *P. micans*; en el estudio realizado se identificaron especies del género *Prorocentrum*, pero no se pudo identificar a especie.

De las especies importantes tanto como en espacio y tiempo (presentes en los tres periodos y en la mayoría de las estaciones) se encontraron especies marino-pelágicas (*Climacodium* sp); oceánicas como *Rhizosolenia stylyformis* y *Ceratium extensum*; *Ceratium trichoceros* (oceánica-nerítica) y *Dinophysis caudata* (estuarina - nerítica); así como especies cosmopolitas (*Ceratium furca* y *C. fusus*); y especies tropicales: *Ceratium extensum*, *C. trichoceros* y *Dinophysis caudata*.

**Blasco (1981) en Furnas (1991)**, menciona que crecen en sistemas de surgencia costera: *Cylindrotheca closterium* y *N. delicatissima*, las cuales estuvieron presentes en los tres periodos de muestreo.

### **7.9 Abundancia relativa por grupos**

El grupo dominante durante los tres periodos de muestreo fue el de las diatomeas con una abundancia máxima relativa en febrero de 97.4% y una abundancia mínima en septiembre del 89.8%. (Tabla VIII), (Figs.11-13). **Mann (1982)** estableció que el plancton de red en las aguas costeras tiende a ser dominado por las diatomeas y dinoflagelados, lo cual concuerda con nuestros resultados.

**Meave y Hernández- Becerril (1998)** menciona que las muestras planctónicas de red del Golfo de Tehuantepec puede considerarse como Tropical-Subtropical y menciona como grupos principales a diatomeas y dinoflagelados, lo que valida lo encontrado en el presente estudio y además analiza la existencia de comunidades diferentes en épocas climáticas contrastantes, pero no lo analiza en función de los nutrimentos (surgencias, aporte de ríos, contaminación, etc.).

**Lara-Lara, R. et al, (1998)** reporta que las diatomeas constituyeron, el grupo dominante en la región oeste del Golfo lo cual también concuerda con los resultados del presente estudio.

Desde un punto de vista ecológico, las diatomeas son un grupo que tiene un obligado requerimiento de sílice, la substitución de diatomeas por dinoflageladas indicaría que puede haber falta de sílice, **Granéli (1990)**.

El abastecimiento de sílice es influenciado relativamente poco por las actividades humanas, se puede agotar, si la producción primaria se incrementa, ya que él sílice no es regenerado tan eficientemente de las algas sedimentadas, como el nitrógeno y el fósforo.

El efecto indirecto de la eutrofización en la estructura de la comunidad fitoplanctónica es el desplazar a las diatomeas por agotamiento de sílice indispensable para el crecimiento de las mismas.

En el Mar Negro, hubo un decremento de las mismas al intensificarse la eutrofización de valores de 92.3% en densidad, pasando en dos décadas a valores de 67.2% (Bodenau, 1992). En el presente estudio las diatomeas fueron dominantes lo que podría indicar que todavía no se presenta algún desplazamiento en las épocas muestreadas por las dinoflageladas que pudiesen señalar efectos indirectos de eutrofización.

En el Mar Mediterráneo por ejemplo, las algas verde azules (cianobacterias) y las dinoflageladas dominan en aguas contaminadas por descargas de desechos orgánicos, mientras que las diatomeas dominan en aguas limpias (**Máhoney, 1989**).

Se postula que las condiciones encontradas para Huatulco en 1990-1991 debido a la dominancia de las diatomeas para los periodos muestreados y su baja densidad celular era de condiciones normales en los tres periodos muestreados.

También se sabe que en el Golfo de Tehuantepec hay un considerable aporte de nitratos, fosfatos (ortofosfatos) debido a las surgencias generadas por los tehuanos y el aporte de ríos que provienen de Chiapas y también el río Copalita que está cercano a la zona de estudio, llevando tal vez sílice proveniente de la erosión y que es un nutrimento necesario para las diatomeas, **Meave y Hernandez Becerril (1998)**.

### ***7.10 Densidad por periodo de muestreo***

El periodo de muestreo con mayor densidad fue el de surgencias (febrero 91) con un valor de 86,402.9 cél/l; en todas las estaciones el periodo que presentó la menor densidad fue la época de secas.

El primer periodo mencionado es el de surgencias, en donde tuvieron gran importancia los vientos. Hay varios procesos físicos que cumplen el importante papel de traer a la superficie las aguas subsuperficiales entre ellos los que tienen su origen en el viento.

En el Golfo de Tehuantepec en invierno se incrementó la velocidad del viento notándose una mayor turbulencia en el mar, esto es debido a los vientos Tehuantepecanos que soplan en invierno en la zona. Las surgencias costeras ocurren cuando el viento sopla a lo largo de la costa.

La zona de las bahías, es una zona somera donde se considera que hay una mezcla de toda la columna de agua determinada por la concentración de oxígeno en toda la columna y la mínima variación de temperatura en la misma. La turbulencia puede generar una recirculación de la materia orgánica sedimentada a la columna de agua, como podrían ser los nutrimentos provenientes de la mineralización.

**Lara-Lara, R. et al, (1998)** mencionó que las nutriclinas se registraron a profundidades muy superficiales en la zona eufótica lo que permite que en éstas regiones del Golfo aún con bajas intensidades de viento se enriquezca la zona eufótica de los micronutrientes necesarios para la fotosíntesis del fitoplancton, por lo que el enriquecimiento por nutrientes durante las surgencias tiende a incrementar el tamaño de la biomasa fitoplanctónica en aguas locales, como se pudo apreciar en los valores de densidad celular para febrero, en bahías de Huatulco.

En algunos casos **Svedrup & Allen (1939); Sergen & Walker (1948) en Eppley (1972)** menciona que en el mar abierto las diatomeas son los componentes principales de los florecimientos resultantes.

En febrero cuatro especies de diatomeas tienen la mayor abundancia relativa, *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima* (69.1%), *Thalassionema* *sp1* (10.8%) y *Thalassiothrix frauenfeldii* (6.8%), central no identificada (2.2%) lo que concuerda lo encontrado por Tsirtsis (1998), registro dominancia de las células no móviles como las diatomeas cuando hay turbulencia.

**Eppley (1972), (Tabla X).** Bodenu (1992) refiere a *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima*, presente en el Mar Negro con densidad de  $17.2 \times 10^6$  cél/l.

**Benítez (1988)** encontró en el comportamiento anual del fitoplancton, un notable incremento en el número de células en los meses más fríos y de viento más intenso en la zona de Salina Cruz, Oaxaca y señala como posibles causas a la ascensión de aguas ricas en sales nutritivas como producto de la acción de los vientos (nitrógeno, fósforo y sílice).

**Benítez (ibíd.),** señala para Salina Cruz este fenómeno y postuló una relación directa entre la variación de la densidad fitoplanctónica y el fenómeno de ascensión de aguas profundas producidas por los vientos del norte, lo cual vuelve a concordar con lo encontrado en el presente estudio.

Las surgencias proveen el nitrógeno como nitrato, mientras que de las aguas residuales se esperaría el amonio y los nitritos como la principal fuente de nitrógeno.

### **7.11 Abundancia relativa y específica por periodos de muestreo**

**Bodeanu (1992)**, menciona que las especies responsables de florecimientos, aumentan su densidad numérica, comparada a periodos previos (de miles por litro a millones por litro).

En nuestro caso, las especies con mayor abundancia relativa son especies neríticas de sistemas productivos (*Leptocylindrus danicus*, *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *pacifica*, *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima* que se suelen encontrar en zonas de alta turbulencia y aporte de nutrimentos por medio de surgencias y que responden con altas tasas de crecimiento específico (**Mahoney, 1989**).

Para el Mar Negro, **Bodeanu (1992)**, reportó valores de especies causantes de florecimientos en situaciones de eutrofización por ejemplo: *Skeletonema costatum*  $141.4 \times 10^6$  cél/l, *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima*  $17.2 \times 10^6$  cél/l, y mencionó que más especies alcanzan 100,000 cél/l, cada vez más frecuentemente.

En nuestro caso, solamente una especie tuvo el valor más alto (59,865.7cél/l) en época de surgencias *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima*, habría que estar atentos en monitoreos rutinarios para saber cuantas especies alcanzan ese valor crítico.

También habría que estar atento a la densidad específica de los dinoflagelados ya que **Aubert (1992)** menciona que puede haber intoxicaciones por DSP, si el número de algunas especies del género *Dinophysis* aumentan su población a  $>210$  cél/l.

Para nuestro caso la única especie que se presentó fue *Dinophysis caudata* y no alcanzó a llegar a 100 cél/l en ninguna época de muestreo.

Otra prueba de las buenas condiciones costeras que existían en Huatulco en 1991, son las bajas densidades específicas para la mayoría de las especies. (Los valores de densidad, provienen de los valores generados por una red de 62 micras, lo cual no captura organismos del nanoplancton que escapan de la red, importantes en la producción fitoplanctónica). La mayoría de los valores de densidad se toma con botellas que capturan la totalidad de las células incluidas en el fitoplancton en general en pequeños volúmenes.

En febrero en época de surgencias el valor de densidad específica total no alcanza las 100,000 cél/l. **Karydis et al, (1996)**, dieron intervalos de densidad específica para Grecia (Mediterráneo este) y reconoció como un parámetro la densidad específica y establece valores medios: para oligotrófico 4160 cél/l, 31,400 cél/l como mesotrófico y 188,334 cél/l para eutrófico, ya que no se tuvieron valores a nivel nacional, se reconoció que no son las mismas condiciones y método de muestreo) y solamente con el objeto de tener una comparación, para el presente estudio se tuvo lo siguiente: En septiembre y febrero las cuatro bahías se comportarían como oligotróficas, en este último periodo se exceptuarían la E7S Chahué que se comportaría como mesotrófica, según el valor medio reportado por **Karydis (1996)** para el Mediterráneo. En mayo también se presenta para las densidades un comportamiento oligotrófico. El número de células es un parámetro importante en estudios tróficos porque el principal síntoma de la eutrofización es el incremento en la biomasa del fitoplancton.

### **7.12 Diversidad y Equitatividad**

Cuando el hombre introduce en los ecosistemas naturales nutrientes o una fuente potencial de energía en forma de compuestos orgánicos, los efectos son similares a los de la explotación, se produce una aceleración del flujo de energía y una simplificación de la estructura con la destrucción de muchos mecanismos homeostáticos (**Margalef, 1974**). En la práctica las diversidades tienen que calcularse sobre porciones del ecosistema.

La diversidad de todo el ecosistema se refleja con poca distorsión en los diferentes niveles, de manera que si la diversidad del fitoplancton es alta, la diversidad del zooplancton e incluso los peces pelágicos también lo es (*ibíd.*).

La diversidad de todo el ecosistema se refleja en la diversidad de sus componentes pertenecientes a un determinado grupo taxonómico, solo cuando la distribución espacial de dicho grupo se extiende por todo el ecosistema. Por ello el fitoplancton total es un buen indicador pero no así las diatomeas o los dinoflagelados que están demasiado especializados en direcciones opuestas, para que sus diversidades resulten buenos indicadores de la diversidad total.

En el presente estudio se utilizaron las células como medida de la densidad. **Margalef (1974)** establece que las células constituyen mejores unidades de medida que las colonias, aunque la tendencia de las células a agregarse en colonias, es un factor importante en la diversidad de muestras pequeñas (*ibíd.*).

Si se van a utilizar índices ecológicos como sistemas de alerta temprana para detectar tendencias en la eutrofización en el ambiente marino, los cambios deberán ser detectados por éstos índices durante los efectos iniciales.

**Tilman (1982)**, menciona que la eutrofización cultural en ríos, lagos, estuarios y en las regiones costeras marinas tienen dos efectos consistentes: un incremento en la tasa de productividad primaria y un decremento en la diversidad de las especies del fitoplancton.

Un cambio ambiental a menudo lleva a una extinción local de muchas especies sensibles y a la dominancia de unas pocas tolerantes a la perturbación o a los organismos capaces de utilizar las nuevas condiciones para incrementar su crecimiento, así que los índices de diversidad se han utilizado como medidas de perturbación de la comunidad.

Los índices de diversidad como el de Shannon toman en cuenta el número (pero no las clases) de taxa presentes y la equitatividad con la cual los individuos son distribuidos entre los taxa.

Cuando las comunidades acuáticas son presionadas el número de taxa y la equitatividad con la cual son distribuidos entre los taxa se reducen, dando como resultado valores bajos de diversidad de Shannon.

El monitoreo ambiental hace un uso extensivo de índices de diversidad y la distribución de la abundancia específica. Los índices más ampliamente usados son el de Shannon y Simpson **Magurran (1988)**. Si un estudio va a ser comparado con otro es importante la consistencia al escoger un índice de diversidad, el índice de Shannon tiene un uso más generalizado en Ecología Acuática.

En cuanto a la diversidad reportada para la zona, en este estudio se obtuvo lo siguiente: para la diversidad promedio; mayo se mostró como el periodo más diverso (baja densidad celular) y febrero como la menor (alta densidad celular). (**Tablas XIII a XVI**), (**Figs. 18, 20 y 22**). Lo que concuerda lo reportado por **Kitsiou (2011)** de que el índice de Shannon disminuye con altas densidades celulares.

Mayo se mostró estable, ausencia de vientos en el momento del muestreo, mientras que en febrero se caracterizó por la presencia de viento durante todo el muestreo y gran movimiento de las masas de agua.

En el mes de septiembre se registraron valores por arriba de 2.5 bits/ind, excepto en la EI de San Agustín (1.6 bits/ind). (**Fig. 18**).

Es importante decir que San Agustín y Chahué son consideradas en este estudio bahías testigo, ya que en el momento del estudio no había construcción en la costa, los valores bajos de diversidad encontrados se pudieron deber a procesos naturales.

Según **Pontasch et al, (1989)** valores de diversidad mayor a 3 se consideran como condiciones limpias y sin contaminación, que prácticamente se da en la mayoría de las estaciones para septiembre.

**Margalef (1974)** mencionó que cuando la diversidad se mide en bits/ind, las poblaciones de fitoplancton representados por muestras de cientos o miles de células presentan diversidades que oscilan alrededor de 2.5 bits/ind, para poblaciones costeras de crecimiento activo y alcanzando los 3.5 y 4.0 bits/ind, en los últimos estadios de la sucesión en aguas más estables lo cual se dio en las siguientes estaciones:

E3SASyM (3.5), E4TSyM (3.8 y 3.5), E9CHM (3.5) y E10SCSyM (4.2 y 4.0 bits/ind), para septiembre de 1990. Para febrero siendo la época más inestable, ninguna estación alcanzó estos valores. Para mayo se dio en la E2SAS, E3SAM, E6TS, E8CHSyM, E9CHS, E10SCS y E11SCM. En mayo, ocho estaciones se consideraron estables contra seis de septiembre, corroborando a mayo nuevamente desde el punto de vista de la diversidad como más estable.

**Mihnea (1992)**, encontró que la mayor frecuencia de valores de diversidad se da en el intervalo 0-3, lo cual concuerda con nuestros resultados. El autor encontró que de 1 a 4 especies son fuertemente dominantes.

Para el mes de febrero disminuye la diversidad respecto a septiembre, disminuyendo los valores de 2.5, pero no menores de 1.0 bits/ind, excepto en la E12SC superficial (0.9 bits/ind) (**Figs.18 y 20**). **Pontasch (1989)**, menciona que cuando existen valores < 1 hay gran contaminación. La baja generalizada en la diversidad se puede deber al fenómeno de las surgencias en donde solo algunas especies explotan el aumento en el contenido de nutrimentos y por lo tanto disminuye la diversidad.

Lo interesante es, que también para este periodo no solamente en Santa Cruz se dieron valores bajos de diversidad si no también en Chahué que es como ya se mencionó una bahía testigo.

En mayo la diversidad se incrementó volviendo a mostrar valores reportados para zonas costeras y en la mayoría de las estaciones se dieron valores reportados para aguas limpias (**Fig. 22**).

Se registraron valores bajos de diversidad en la E12SC superficial (1.7 bits/ind) y en la E7CHS (1.9) presentándose tanto en la bahía testigo como la desarrollada, siendo la segunda la que presentó valores más bajos de equitatividad debido tal vez a procesos de turbulencia; ya que Chahué se puede considerar como una bahía no protegida, con oleaje de alta energía. **Kitsiou y Karydis (2000)** dan valores de 1.91 para oligotrófico y 1.41 como mesotrófico del índice de Shannon para el Mediterráneo este, de Grecia.

**Kitsiou (2011)** advierte que el índice de Shannon debe utilizarse con cuidado en estudios de eutrofización, ya que podría no discriminar entre los campos eutrófico y mesotrófico, ya que no es sensible al establecer tendencias tróficas.

Los valores de diversidad puede ser erróneos para el establecimiento de la eutrofización, ya que puede haber especies invasivas que incrementan los valores de diversidad aunque estos valores no signifiquen una mejor calidad del agua. Los autores no consideran al índice de Shannon adecuado para evaluar la eutrofización, aunque anteriormente (2000) habían dado valores para el Mediterráneo, por esta razón no se utilizó para evaluar a las diferentes bahías el estado trófico.

#### **7.12.1. Equitatividad**

**Karydis (1996)**, dio valores de equitatividad para evaluar el proceso de eutrofización para el Mar Mediterráneo, dando un valor medio de 0.45 como eutrófico medio, 0.68 mesotrófico y 0.80 oligotrófico.

Ya que tampoco existen datos a nivel nacional y como punto de referencia a continuación se estableció como se comportaron las estaciones según los valores de Karydis para las bahías de Huatulco: Para septiembre las estaciones que se comportaron como oligotróficas son: La E3SAS y M, la E4TS, E10SCS; como mesotróficas la E1SAS y M, la E4TM, la E5TS y M, la E6TS y M, la E7CHS y M, la E8CHS y M y la E9CHS y M.

En la bahía Sta. Cruz las estaciones E10M y E11S y M. Para febrero las estaciones que se comportarían como oligotróficas son E1, E2 y E3SAS, E7CHM y la E12SCM. En el nivel mesotrófico E1, E2SAM, E3SAS, Tangolunda E4, E5 y E6S y M, en Chahué la E8S, E9S, a nivel eutrófico E7CHS, E8CHM, E9CHM y en Sta. Cruz la E10 y E11M.

Para el mes de mayo se comportan como oligotróficas la E1SAM, E1SAS, E3SAS y M, E4TM, E8CHS, E9CHS, E10SCM, E11SCS y E12SCS y M, a nivel eutrófico la E7CHS y M.

En la E12 de Santa Cruz (dársena) se reportó la diversidad más baja (0.9 bits/ind), con una equitatividad de 0.59; en Chahué donde no había posible fuente de impactos se dio una diversidad de 1.6 bits/ind y una equitatividad muy baja de 0.35, en esta estación *Pseudonitzschia* (antes *Nitzschia*) *delicatissima* fue la especie dominante (> 60.0% de abundancia relativa).

La E12 en Santa Cruz que corresponde a la dársena se detectó como un punto crítico en los diversos períodos de muestreo, esto se refiere a: la diversidad, concentración de nutrimentos y equitatividad.

En esta estación se encontraba en esa época la zona de resguardo de embarcaciones, pangas turísticas, descargas residuales a la dársena por los pobladores que se mantenían sin servicios y restaurantes sin sistema de drenaje, pudiéndose detectar el impacto en la comunidad fitoplanctónica, aunque no así en el análisis estadístico, que se discutirá más adelante.

**Kitsiou (2011)** señaló que la equitatividad, respondió como un buen índice para evaluar el estado trófico, ya que distingue los diversos estadios.

**Nuccio, et al., (2003)** encontró en la laguna Orbetello en Italia, equitatividad más alta en aguas oligotróficas, que en las eutróficas.

### **7.13 Clorofila a**

De los tres periodos muestreados, septiembre fue el que registró los valores más altos de clorofila **a** (en las estaciones donde se pudieron obtener los datos), este fenómeno coincide con la concentración más alta de nutrimentos que se dio en ese periodo para todas las bahías. (**Fig. 19**).

El incremento en clorofila **a** pudo deberse al escurrimiento de nutrimentos hacia las bahías por efecto de las lluvias y los ríos.

Los valores más elevados de clorofila **a** se dan en las estaciones: E6S de Tangolunda (3.2 mg/m<sup>3</sup>), E12M de Santa Cruz (3.1 mg/m<sup>3</sup>) para septiembre y en la misma E12 pero a nivel medio (3.1 mg/m<sup>3</sup>) para febrero. **Frigilos (1985)** reporta valores de clorofila de 10-40 mg/m<sup>3</sup> en aguas costeras fértiles y establece valores de 0.05 mg/m<sup>3</sup> en mares tropicales (**Bientang y Gundensen en Frigilos, 1985**). Los valores encontrados en este estudio no son tan bajos, pero el incremento puede deberse a que es una zona costera que relativamente es más productiva que una zona oceánica y además se da el fenómeno de surgencias.

**Lara-Lara et al, (1998)**, reportaron valores máximos de clorofila **a** en la superficie y se registraron en la región oeste del Golfo con la mayor contribución por parte del microfitoplancton. Los autores reportan valores de clorofila **a** entre 0.04 a 11.1 mg/m<sup>3</sup> con un promedio de 1.42 mg/m<sup>3</sup> lo cual concuerda con los resultados obtenidos y que pertenecen a la parte oeste del Golfo de Tehuantepec.

La OECD, (**Giovardini et al, 1992**) reportan valores medios geométricos de Clorofila **a**; 1.7 oligotrófico, 4.7 mesotrófico y 14.3 mg/m<sup>3</sup> de clorofila **a** como eutrófico. Ya que no se conocen datos a nivel nacional y sólo como una forma de comparación se encontró que, nuestros valores máximos tendieron hacia mesotrófico, En los diferentes periodos se encontró lo siguiente: En septiembre en general tuvieron un comportamiento oligotrófico, excepto la E6TS, E11SCM y E12SCS y M serían mesotróficas, para febrero todas las estaciones se comportarían como oligotróficas, excepto la E12S como mesotrófica y en mayo todas las estaciones se comportarían como oligotróficas. Al valorar la biomasa por medio de la clorofila **a**, se están tomando en cuenta al nanoplancton que evidentemente no se valoró en la biomasa cuantificada por células con la red, ya que estos organismos se escapan de la red.

Se vuelve a constatar, las buenas condiciones en general en los periodos y estaciones muestreadas. (**Tablas XVII y XVIII de indicadores**).

Según la clasificación de **Simboura (2005)** en **Karydis (2012)**, la mayoría de las estaciones caerían en buena calidad del agua, algunas en moderada calidad y las menos en mala calidad del agua. (**Tabla XVI**) y (**fig. 23**)

Se reportan datos de indicadores específicos de eutrofización por clorofila por **Moreno- Ruiz Et, al (2012)** para un arroyo y una laguna costera en el estado de Oaxaca (2011) que se referirán a algunas de nuestras especies encontradas, los citados autores clasifican a las especies en diferentes niveles tróficos según diferentes concentraciones de clorofila **a**, básicamente en la laguna Superior laguna costera ubicada en Oaxaca., referimos algunas especies de diatomeas que se encontraron en ambos estudios y los autores las clasifican como indicadoras de aguas limpias, la mayoría fueron planctónicas y, y oligotróficas con un intervalo de Chl **a** de 0.9 a 2.6 mg/m<sup>3</sup>, lo que concuerda con nuestros máximos encontrados en tres estaciones (3.1 mg /m<sup>3</sup>) (referidas en párrafos anteriores) y en el resto de las estaciones por debajo de ese valor en los tres periodos muestreados.

Ver tabla de clorofila (**XVI**), lo cual corrobora lo postulado de la limpieza de las aguas en general en los periodos y estaciones estudiadas en 90-91.

Las especies con esas características son las siguientes: *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus centralis*, *Hemiaulus sinensis*, *Rhizozolenia hebetata f. semiespina*, *Rhizozolenia setigera*, *R. styliiformis*, *Guinardia fláccida*, *Chaetoceros affinis* Lauder, *Ch. affinis* var. *Willei*, *Ch. brevis*, *Ch. curvisetus*, *Ch. lorenzianus*, *Bacteriastrum hyalinum*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Nitzschia pacifica*, *Cylindrotheca closterium*, *Chaetoceros dictyota*, *Ch. peruvianus*, *Nitzschia longissima* (béntica), *Striatella unipunctata*, *Thalassiosira subtilis*, *Thalassiothrix longissima*, *Chaetoceros diversus*, *Hemiaulus membranaceus*, *Lithodesmium undulatum*, *Rhizosolenia bergonii*. en la misma cita los autores señalan que los géneros: *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Thalassionema* y *Thalassiosira* son importantes componentes del fitoplancton marino e indican surgencias, las cuales se dan en febrero en la zona de estudio.

Referente a lo encontrado por los citados autores en el arroyo el Zanjón Oax., hay tres especies que se compartieron en ambos estudios y son características de alta contaminación, dos son  $\alpha$  eutróficas (21.0 a 55.0 mg/m<sup>3</sup> de clorofila **a**), *Chroococcus limneticus* y *Thalassiosira subtilis* y una  $\beta$  eutrófica (7.3 a 20.0 mg/m<sup>3</sup> de clorofila **a**) que fue *Thalassionema nitzschioides*, estas tres especies las consideraron indicadoras de contaminación alta. Las tres especies tienen presencia en algunas estaciones y densidades muy bajas. Ver tablas de presencia y densidad (**V**, **VI** y **VII A.**, **IX**, **X** y **XI**), pero en las estaciones que se encuentran, el indicador de eutrofización que es la equitatividad, nos las señaló como estaciones eutróficas y mesotróficas. Ver tablas de indicadores de febrero y mayo del 91 (**XVII** y **XVIII**). Los mismos autores señalan que el género *Thalassiosira* se presenta en zona de surgencias.

**Bell (1992)** concluye de diversos estudios que la clorofila **a** es un buen indicador de la eutrofización.

Los impactos en arrecifes de coral se pueden dar con una media anual de 0.4 mg/m<sup>3</sup>, lo cual es rebasado en septiembre para Santa Cruz y se dan valores cercanos también en febrero (Santa Cruz contaba en la playa La Entrega con una zona de arrecife coralino, para la época del muestreo 90-91)

Para zonas donde hay arrecifes de coral **Bell (Ibíd.)**, consideró un valor de 0.5 mg/m<sup>3</sup> como valor medio anual, donde se presentan problemas con la eutrofización.

#### **7.14 Respuesta de diversos indicadores para evaluar la eutrofización: diversidad, equitatividad, densidad y clorofila a.**

La clorofila **a** mide el grado de eutrofización considerando a todos los grupos de fitoplancton que tienen el pigmento y es un indicador de la biomasa.

La diversidad, la equitatividad, y la densidad se evaluaron con el fitoplancton capturado en una red, de 62 micras, lo que permite que ciertos grupos del nanoplancton puedan escaparse de la misma, pero el volumen de agua tomado nos da una muestra representativa del microfitoplancton en cuanto a la diversidad, la equitatividad y la riqueza de especies, y que una botella para captura de agua no, por el volumen reducido.

La equitatividad pudo diferenciar diversos niveles de eutrofización. La diversidad según valores citados por **Margalef (1974)** indicaron para el mes de febrero que, el sistema se encontró en una fase de crecimiento y pudo ser debido a perturbaciones como son los vientos, la turbulencia, la inestabilidad y las surgencias.

Para mayo, la densidad y la clorofila concordaron en todas las estaciones señalando condiciones de oligotrofia, excepto la equitatividad, que marca gradientes que van desde lo oligotrófico, mesotrófico y eutrófico.

A pesar de los métodos de muestro diferentes para la densidad y la clorofila, coincidieron en las condiciones de oligotrofia.

La diversidad registró para la mayoría de las estaciones condiciones de estabilidad y solo algunas en fase de crecimiento, pudiendo deberse algunas por turbulencia y otras por procesos biológicos.

Un ejemplo de la diferenciación de los indicadores se dio en la estación E12SCS, tenemos un valor bajo de diversidad, según **Margalef (1974)** sería de crecimiento y **Pontasch (1996)**, lo mencionó como de contaminación (menor a 1), la clorofila lo registra como eutrófico (lo que podría deberse al nanoplancton) ya que la densidad medida con la red, dio un valor de oligotrófico y la equitatividad como mesotrófico.

En la E7CHS, la densidad de la red lo registra como mesotrófico, la clorofila como oligotrófico, la diversidad en crecimiento y la equitatividad como eutrófico, por supuesto tenemos que considerar que los datos de comparación mediante el metaanálisis son de otro ecosistema, por lo que tendríamos que ajustar con datos propios de largo plazo, aunque también se dan variaciones entre indicadores en los otros sistemas de donde se tomaron los datos para comparación.

**Karydis (2009)** señaló que el número de células es un indicador para establecer el estado trófico, y que éste está influenciado por factores tanto intrínsecos como extrínsecos, tanto condiciones celulares como ambientales. El mismo autor señaló que el índice de Shannon en estudios de eutrofización no muestra fiabilidad, porque el índice subestima la calidad ambiental del sistema.

Tilman (1996) señaló que hay variación en la diversidad debido a la eutrofia, se consideró que la diversidad también mide otro tipo de perturbaciones en el sistema, por lo que su variación pudo deberse también a factores como la turbulencia, depredación etc.

En cuanto a la equitatividad **Karydis y Tsirtsis (1996)** encontraron que el índice tiene buen desempeño en describir los diferentes niveles de eutrofización.

**Kitsou (2011)** establece que de acuerdo a la directriz europea los parámetros fundamentales para establecer el estado trófico son: la Clorofila **a**, la abundancia de especies y la composición de especies (variables que se discutieron en párrafos anteriores).

Este autor también menciona que el índice de Shannon, el índice ecológico más importante en ecología de comunidades, no respondió a los diferentes niveles tróficos. El índice de Shannon se incrementa a valores bajos de abundancia menor a  $1 \times 10$  y decrece alcanzando el mínimo a valores altos. También concuerda que la equitatividad resulto ser un buen índice para evaluar la eutrofización, lo que concordó con nuestra ponderación factorial de tener un peso importante.

### ***7.15 Análisis estadístico para probar la hipótesis de estudio***

Como se pudo apreciar en los resultados de la prueba H de Kruskal-Wallis, los valores contrastados de la bahía testigo Chahué y las bahías desarrolladas de Tangolunda y Sta. Cruz no fueron significativos para los meses de febrero y mayo, lo que puede traducirse que no hay una diferencia entre ellas para esos periodos, esto nos indica que probablemente no hay una perturbación antropogénica que haya podido detectarse, a nivel estadístico.

Se podría decir que no se encontró diferencias significativas de diferentes etapas tróficas. **(Tabla XIX).**

El resultado estadístico viene a confirmar lo que se discutió de los datos empíricos, las buenas condiciones por la presencia de diatomeas y algunas también como indicadoras de aguas limpias, las bajas densidades celulares, la baja diversidad en las bahías testigo y desarrolladas, así como bajas equitatividades en ambas, así como datos de clorofila **a** en su mayoría oligotróficas para las estaciones y periodos muestreados 90-91. Se podría sugerir que diversos factores pudieron influenciar las condiciones de las bahías en los periodos muestreados como son: hidrodinámicos (bahías abiertas), vientos (surgencias) y posiblemente depredación. Fueron fenómenos naturales que para ese momento pudieron influir en los parámetros biológicos multimencionados (diversidad, equitatividad, densidad celular, riqueza y clorofila **a**) y concluir que la estructura de la comunidad fitoplanctónica podría ser un buen indicador de los etapas tróficas ya que según los datos de las especies presentes, abundancias, equitatividad y clorofila, reflejaron las condiciones de las estaciones influenciadas por surgencias debido a los vientos Tehuantepecanos y en algunos puntos nos reflejaron la influencia antropogénica como en la estación 12 de Santa Cruz, registrando el estado eutrófico de la misma para los tres periodos.

Para tener datos propios de análisis y no recurrir a información de otros sistemas con características ecológicas diferentes, deberán realizarse estudios a largo plazo tanto de parámetros fisicoquímicos como biológicos para establecer si hay un proceso de eutrofización en nuestros sistemas costeros. Estos estudios deberán ser realizados por universidades y las agencias gubernamentales encargadas del ambiente, ya que se requieren gran cantidad de recursos.

#### **7.15.1 *Discusión Análisis Multivariado, Correlaciones Factoriales entre variables independientes y dependientes y entre dependientes.***

Factores de la estructura fitoplanctónica que tuvieron alto peso son la equitatividad, la clorofila y la riqueza en el mes de febrero, los dos primeros son considerados importantes por diversos autores que han estudiado a largo plazo la eutrofización en el mar Mediterráneo y en el Mar Negro.

En Mayo la equitatividad tuvo alto peso, así como la riqueza. **(Tablas XX-XXV)**

En el análisis de componentes principales variables con correlaciones positivas importantes fueron la densidad y la riqueza y tienen correlaciones negativas la diversidad y la equitatividad, En febrero se dieron valores bajos de diversidad y equitatividad debido posiblemente a factores ecológicos como: turbulencia y surgencias, generalmente aprovechadas por pocas especies. En el factor dos de los Componentes Principales, la clorofila **a** tuvo una correlación negativa. **(Tablas XX-XXV)**

#### Correlaciones

Las correlaciones que se tomaron en cuenta son las significativas a partir de 0.30, lo que se discutió fue comparado con datos de la literatura internacional.

**Kitsiou (2011)**, menciona que no hay, correlación entre la clorofila y nutrientes en aguas oligotróficas, tampoco en este estudio se encontró alguna con los nutrientes analizados.

En Mayo 91 se dio una correlación negativa entre la salinidad y la clorofila, **Specchiulli et al (2008)** encontraron en dos lagunas del Mediterráneo la misma correlación y menciona que el agua dulce tuvo una importante función estimulando el crecimiento del fitoplancton en zonas costeras. En nuestro caso tenemos la influencia del Río Copalita.

**Bock (1999)** encuentra una correlación positiva entre el oxígeno disuelto y la clorofila, nosotros encontramos correlaciones positivas entre la densidad y la riqueza con el oxígeno disuelto en febrero. La densidad es otra forma de medir la biomasa, por lo que pudo ser coincidente con lo encontrado para la clorofila.

A continuación se describirán las correlaciones lógicas que se dieron en Febrero 91. Se dio una correlación positiva entre clorofila y temperatura, incrementándose por ende la biomasa.

Entre variables dependientes se dio una correlación negativa (-0.39) entre la densidad y la equitatividad, mostrándose lógica ya que son funciones inversas.

Se dio una correlación positiva entre la diversidad y la equitatividad, ya que su relación es directa a mayor diversidad, la equitatividad puede aumentar, y en la correlación negativa entre la diversidad y la clorofila, la mayor clorofila puede indicar mayor biomasa y pudo darse una menor diversidad, como se apreció la diferencia en la época de surgencias (inestabilidad) y en la época de primavera, con la estabilidad se presentó mayor diversidad.

En Mayo se presentó una correlación positiva entre la temperatura y la riqueza, lo cual, nos indicó aumento de la misma en mayo en donde se da mayor estabilidad, y diversidad en la zona en lo cual pudo intervenir la riqueza al haberse presentado más especies.

Hubo dos correlaciones negativas entre la densidad y la diversidad y la equitatividad como se mencionó para febrero esta función es inversa, a mayor densidad de algunas especies, disminuye la equitatividad al igual que la diversidad.

Se da una correlación positiva entre la riqueza y la densidad para mayo lo que refleja que al aumentar el número de especies podría aumentar la densidad.

Se volvió a presentar una correlación positiva entre la diversidad y equitatividad lo que se da como relación directa y una negativa entre la equitatividad y la clorofila. Podría ser que al aumentar la biomasa de algunas especies disminuya la equitatividad, dándose la relación inversa. Las correlaciones se dan en ambos periodos, pero es importante señalar que hacen falta más muestras a lo largo del año y en tendencias de largo plazo para corroborar lo encontrado en este estudio. (**Tablas XX-XXV**).

## **8. CONCLUSIONES**

Los valores de los diversos parámetros mostraron que las bahías no se registraron como homogéneas tanto a nivel de los periodos estacionales como en un mismo periodo entre las diversas estaciones para un mismo nivel trófico.

Las variaciones de temperatura, pH y salinidad son similares a los reportados anteriormente para la zona de estudio.

Las altas concentraciones de oxígeno en toda la columna de agua, mostró que para los periodos muestreados en 90-91 no hubo condiciones de anoxia o hipoxia en ninguno de los dos periodos registrados, ni en ninguna estación dentro de las bahías estudiadas debido posiblemente a que no había presencia de materia orgánica en altas concentraciones consumidora de oxígeno en el momento del muestreo.

Según las concentraciones registradas de nitrógeno orgánico total, en su mayoría orgánico, el mes de febrero de 91, de acuerdo a estándares internacionales fue mesotrófico, pero septiembre del 90 y mayo del 91 se registraron la mayoría como oligotróficas.

En cuanto al fosforo total de acuerdo a estándares internacionales todas las estaciones se registraron como oligotróficas para los tres periodos estacionales y todas las estaciones muestreadas.

Las especies presentes en cuanto: riqueza, distribución, abundancia relativa y densidad registraron las condiciones de cada periodo interanual, septiembre 90 lluvias, febrero 91 surgencias y mayo (91) aumento de temperatura y mayor estabilidad en las masas de agua, coincidiendo con lo encontrado por estudios realizados anteriormente en la zona del golfo de Tehuantepec y en bahías de Huatulco.

En cuanto a la densidad celular, septiembre del 90, febrero y mayo del 91 registraron en todas las estaciones condiciones oligotróficas, excepto la estación E7CHS que se registró como mesotrófica.

En general la diversidad registró valores mayores a 3.0, que según datos internacionales y nacionales reflejan condiciones de aguas limpias. La estación que puede considerarse como impactada por efectos antropogénicos, es la E12 (dársena de Santa Cruz) ya que se encontraron valores bajos de diversidad menores a 1 indicando contaminación.

En estudios a nivel internacional y de largo plazo la equitatividad se considera como un parámetro sensible, para evaluar los diferentes etapas de la eutrofización lo cual se reflejó en nuestro estudio, ya que registró las diferencias en los tres periodos muestreados y en las diferentes estaciones de las cuatro bahías estudiadas en 90 y 91, registrando diferencias con la densidad y la clorofila a en una misma bahía y en un mismo periodo.

La abundancia relativa de las divisiones fue dominada por las diatomeas en los tres periodos muestreados 90-91, lo que indicó probablemente que las condiciones de las bahías para los periodos y momentos del muestreo fueron las normales, ya que estudios internacionales referentes a problemas de eutrofización determinaron que cuando hay presencia de diatomeas en general no hay problemas de eutrofización y que en ecosistemas donde los flagelados,( dinoflagelados ) predominan, se evidencia la problemática.

Mediante la clorofila a las condiciones del estado trófico registradas en los tres periodos muestreados y las estaciones de las bahías se registraron como oligotróficos, excepto para septiembre del 90 y febrero del 91 en donde la estación E12SC se registró como mesotrófica.

El análisis estadístico de Kruskal-Wallis, confirma lo encontrado en los datos empíricos, que a nivel de significancia  $X^2_{0.95}$ ,  $X^2_{0.99}$ , lo encontrado tanto en las bahías testigo (Chahué), como en las bahías desarrolladas Tangolunda y Sta. Cruz, no fue significativo, por lo tanto no hay algún factor que incida en los valores reportados en los periodos muestreados y en las estaciones consideradas.

A nivel estadístico de las correlaciones factoriales con un nivel de significancia de  $< .05000$ , se encontró la ponderación de algunas variables de la estructura de la comunidad fitoplanctónica

---

importantes para bahías de Huatulco para los periodos considerados y en las estaciones muestreadas para el momento de muestreo: la riqueza, la equitatividad y la clorofila tuvieron correlaciones altas para septiembre del 90 y febrero del 91. Para mayo del 91 tuvieron correlaciones altas la equitatividad y la riqueza, por lo que cuando se pretendan realizar estudios de eutrofización en la zona deberían tomarse en cuenta. Estos resultados son los primeros para algún sistema costero nacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABOUL-KASSIM T. M, N. M. DOWIDAR, F. EEL-NADY and A. R. ABDEL-MOATI.1992. Adenosine triphosphate (ATP) and chlorophyll biomass as eutrophication indices in one of the most polluted basins off Alexandria coastal waters, Egypt. *Science of the total Environment Supplement*. Elsevier Publishers. B.V. Amsterdam. pp. 785-798.
- AKÉ-CASTILO J.A. 1997. Sistemática y taxonomía de Chaetoceros Ebremerg y Thalassiosira cleve. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología Marina). CINVESTAV, Mérida, México. pp. 84.
- D.U. HERNÁNDEZ-BECERRIL y M.E. MEAVE DEL CASTILLO.1996.Diatomeas centrales del Golfo de Tehuantepec, p. 1. *En: Resúmenes de la I Reunión Internacional de Planctología y VIII Reunión Nacional de la SOMPAC*.Pátzcuaro, Michoacán, México.
- ALONGI D.M. 1990. The Ecology of Tropical Soft Bottom Benthic Ecosystems. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* **28**, 381-496.
- ÁLVAREZ L.G; R. DURAZNO y J. PÉREZ .1983. Estudio de la circulación superficial frente a Salina Cruz, Oax., en octubre de 1982. Informe final para I.M.P. CICESE, Baja California. pp. 43.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION Y WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA, AWWA y WEF).1992. Standard Methods for the Examination of the Water and Waste Water.18<sup>th</sup> Ed., USA, Springfield. pp. 1100.
- ARHONDITSIS, G.M. KARYDIS and G. TSIRTSIS. 2003. *Environmental Management*. **31**, No. 5, 619-632.
- AVENDAÑO H.1978. Estudio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec, Tomo I. Dir. Gral. De Oceanografía Naval. Sec. Marina, México, D.F. **3**
- AUBERT M.1992. Sanitary consequences of eutrophication and related ecological disequilibria *In: Science of the Total Environment Supplement*. **126**. Suppl. 615-629.
- BADEN P; S. L-O. LOO; L. PIHL Y R. ROSENBERG. 1990. Effects of Eutrophication on Benthic Communities Including Fish. Swedish West Coast. *AMBIO*. **19**. No. 3, 113-122.
- BELL P. R. F. 1992.Eutrophication and Coral Reefs – Some Examples in the Great Barrier Reef Lagoon. *Wat. Res.* **26**, No. 5, 553-568.
- BENÍTEZ TORRES J.F; F. DÁVILA-ARTEAGA y A. MONTALVO-ARRIETA. 1988. Ciclo anual del plancton en la Bahía de Salina Cruz, Oax., y zonas adyacentes. Dir. Gral. De Ocean. Naval. Sec. De Marina. Compendio de Estudios Oceanográficos, Salina Cruz Oax. pp. 1-20.

- BLACKBURN M. 1962. An Oceanographic Study of the Gulf of Tehuantepec .U.S. Fish and Wildlife Service. pp. 185-282.
- BOCK, M.T., B.S., MILLER and A.W. BOWMANN. 1999. Assessment of Eutrophication in the Firth of Clyde. Analysis of Coastal Water Data from 1982 to 1996. Marine Pollution Bulletin. **38**. Iss.3, 222-231.
- BODEANU N. 1992. Algal blooms and development of the main phytoplanktonic species at the Romanian Black Sea littoral in conditions of the eutrophication process. Science of the Total Environment Supplement. **126**. 891-906.
- BODEANU N. 1993. Microalgal blooms in the Romanian area of the Black Sea and contemporary eutrophication conditions. In Smayda T.J. & Y. Shimizu (Eds.), Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Amsterdam: Elsevier. pp. 203-209.
- CANE M.A. y E.S. SARACHIK. 1983. Equatorial Oceanography. Rev. Geophys. Space. Phys. **21**, 1137-1148.
- CARRANZA-EDWARDS A; M. GUTIÉRREZ-ESTRADA y R. RODRÍGUEZ-TORRES. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. An. Inst. De Cienc. Del Mar y Limnol., Univ. Nac. Autón. México, **2**, No. 1, 81-88.
- CIDERWALL H. y R. ELMGREN. 1990. Biological Effects of Eutrophication in the Baltic Sea, Particularly the Coastal Zone. AMBIO. **19**, No. 3, 109-112
- CLARCKE A.J. 1988. Intertidal Winds Path and Sea Superficial Temperature Patterns near the Gulf of Tehuantepec and Gulf of Papagayo. Journal of Geophysical Research, **93**, 15491-15501
- CLINE J.D. y F.A. RICHARDS. (1972) Oxygen Deficient Conditions and Nitrate Reductions in the Eastern Tropical North. Pacific Ocean. Limnology and Oceanography, **28**, No. 1, 19-32.
- CORTÉS-ALTAMIRANO R., L. MUÑOZ-CABRERA Y O. SOTOMAYOR-NAVARRO. 1993. *Envenenamiento paralítico por mariscos (PSP) causado por el dinoflagelado Pyrodinium bahamense var. compressum en la costa suroeste de México* An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnología, Univ. Nal. Auton. Mex. **20**, 43-54.
- CORTÉS-VARELA S. y J. CAMPOS CASTÁN. 1988. Distribución sedimentaria de la plataforma continental interna, cercana al Puerto de Salina Cruz, Oax., (Nov. 86). *In*: Compendio de estudios oceanográficos, Salina Cruz, Oax. pp. 54-69
- CUPP E. E., .1983. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America ,Ed. University of California Pres. pp. 237
- DAWES J.C. 1986. Botánica Marina. 1ª Ed. Editorial Limusa, S.A., México, D.F. pp.673

- DEDEREN L. H. T. 1992. Marine eutrophication in Europe: Similarities and regional differences in appearance. Vollenweider, RA, ed. Marine Coastal Eutrophication, Amsterdam: Elsevier. pp. 663-671.
- DE LA LANZA-ESPINO G. 1991. Oceanografía de los mares mexicanos. 1ª Ed. AGI, Editor. pp. 569.
- DELGADO-HERNÁNDEZ D; M A. LARA-VILLA y M. CARRANCO-DOSAMANTES. 1989. Fitoplancton del Golfo de Tehuantepec. Informe Final. UAM-I, Depto. Hidrob. pp. 27
- DÍAZ C.A. 1985. Distribución y abundancia de los artrópodos bentónicos de Salina Cruz, Oax. Tesis Profesional Fac. De Ciencias, UNAM, México. pp. 55
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 1989. *Criterios de Calidad del Agua* (13/XII/89).
- ENFIELD D.D. y J.S. ALLEN. 1983. The Generation and Propagation of Sea Level Variability along the Pacific Coast of Mexico. *Journal Physics Oceanography* **13** No. 6, 1012-1033
- ENOKSSON V; F. SÖRENSSON y W. GRANÉLI. 1990. Nitrogen Transformation in the Kattegat. *AMBIO*. **19**. No. 3, 159-166.
- EPA, .1979. Quality Criteria for Water. 1ª Ed. Billing & Sons, Ltd., London. pp. 256.
- EPPLEY W.R; A. F. CARLUCCI; O. HOLM-HANSEW; D. KIEFER; J. J. McCARTHY y P.M. WILLIAMS. 1972. Evidence for Eutrophication in the Sea near Southern California Coastal Sewage out Falls-July; 1970. *Calif. Mar. Res. Comm., Cal COFI Rept.*, **16**, 74-83.
- FERGUSON-WOOD E.J. 1968. Dinoflagellates of the Caribbean Sea and Adjacent Areas. 1ª Ed. University of Miami Press, Florida. pp. 143.
- FONATUR. 1984. Ordenamiento ecológico y estrategia ambiental del proyecto de bahías de Huatulco, Oax. Bufete de Proyectos, S.S. de C.V, México, pp. 200.
- 1987. *Planeación a corto y mediano plazo del desarrollo turístico de bahías de Huatulco, Oax.* Felipe Ochoa y Asociados, S.A., Dir. Gral. De Planeación Urbana y Regional de FONATUR.
  - 1988a. Actualización de la estrategia de desarrollo urbano de bahías de Huatulco, Oax. Felipe Ochoa y Asociados Consultores. Dir. De Planeación Urbano y Reg. De FONATUR.
  - (1988b) Carpeta de información básica del desarrollo turístico de bahías de Huatulco, Oax. pp. 28.
  - 1990. Instituto de Geofísica, UNAM. *Tablas de predicción de mareas.* Ixtapa Guerrero, Cancún y Quintana Roo, Bahías de Huatulco, Oax. Puerto Escondido Oax. Y Cabo San Lucas, B.C., México. pp. 74.

- FRIGILOS N.1985. Impact on Phytoplankton Populations of Sewage Discharges in the Saronikos Gulf (West Aegean). *Water Res.***19**, No. 9, 1107-1118.
- FU-LIU- XU. 2001. A GIS Method of Lake Eutrophication Assessment. *Ecological Modelling.***144**, Iss.2-3.231-244.
- FURNAS M.J. 1991. Net in situ Growth Rates of Phytoplankton in Oligotrophic, Tropical Shelf Ecosystem. *Limnol. Oceanogr.* **36**, No. 1,13-29.
- GARCÍA E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climático de Koppén (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Inst. De Geografía, UNAM.*, pp. 52.
- GIOVANARDI F. and E. Tramellini. 1992. Statistical assessment of trophic conditions application of the OECD methodology to the marine Environment. *Science of the Total Environment Supplement.* Elsevier Science Publishers, B. V. Amsterdam. pp. 211-233.
- GÓMEZ-AGUIRRE S. Y V. ARENAS-FUENTES (Eds.) 1987. *Contribuciones en Hidrobiología.*1ª. Ed. U.N.A.M., Dir. Gral. Publicaciones. pp. 207-222.
- GRANÉLLI E., K. WALLSTRÖM, V. LARSSON, W. GRANÉLLI y R. ELMGREN.1990.Nutrient Limitation of Primary Production in the Baltic Sea Area. *AMBIO.* **19**, No. 3, 142-151.
- HANSSON S. y L. RUDSTAM. 1990. Eutrophication and Baltic Fish Communities. *AMBIO* **19**, No. 3, 123-125.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL D. U, y M. A. LARA-VILLA.1992. *Fitoplancton de red del Golfo de Tehuantepec: Composición y distribución.* Memorias IX Congreso Nacional de Oceanografía, Nov. México. pp. 136.
- HUERTA M.L. y L. TIRADO .1970.Estudio florístico y ecológico de las algas marinas del Golfo de Tehuantepec. *Méx. Bol. Soc., de Botánica Mexicana*, **31**,115-137.
- HURD W.E. 1929. Northers of the Gulf of Tehuantepec. *Monthly Water Review.* May 57,192-1994.
- INMAN D.L. y NORDSTROM. 1971. On the Tectonic and Morphology Classification of COSAT. *J. Geol.* **79**, No. 1, 7-21.

- KARYDIS M. and G. TSIRTSIS. 1996. Ecological indices: a biometric approach for assessment eutrophication levels in the marine environment. *The Science of the Total Environment*. **186**, 209-219.
- KARYDIS M. 2009. *Global NEST J.*, **11**, No. 4, 373-390.
- KARYDIS M. and D. KITSIOU. 2012. Eutrophication and Environmental Policy in the Mediterranean Sea: A review. *Environment Monit. Asses.* **184**, 4931-4984.
- KITSIOU, D. and M. KARYDIS. 2000. Categorical mapping of marine eutrophication based on ecological indices. *The Science of Total Environment*, **255**, 113-127.
- KITSIOU, D. and M. KARYDIS. 2011. Coastal Marine eutrophication assessment. A review data analysis. *Environment International* **37**, 778-801.
- KREBS J.C. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. 2ª. Ed. Editorial Harla, México. pp.753.
- KREMER L.M. y Z. ROSA-MEYER. 1983. Dinoflagelados do Microplancton de Tramandaí, Río Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Sér. Bot., Porto Alegre*. **30**, 30-35.
- LANCELOT C; G. BILLEN, A. SOURNIA, TH. WEISSE, F. COLISN, M. ELDHUIS, A. DAVIES y P. WASSMAN. 1987. Phaeocystis Blooms and Nutrient Enrichment in the Continental Coastal Zones of the North Sea. *AMBIO*, **16** No. 1, 38-46.
- LARA-LARA J.R, ROBLES-JARERO E.G, BAZAN-GUZMÁN M.C. y MILLAN NUÑEZ E. 1998. Productividad del fitoplancton. Cap. **5**, 51-58 en M. Tapia-García (Ed.). *El Golfo de Tehuantepec: El Ecosistema y sus Recursos*, UAM, México. pp. 24.
- LARSSON U., R. ELMGREN y F. WULFF. 1985. Eutrophication and the Baltic Sea: Causes and Consequences. *AMBIO*, **14**, No. 1, 9-14.
- LAVIN M.F, J.M. ROBLES, M.L. ARGOTE, E.D. BARTON, R. SMITH, J. BROWN, M. KOSRO, A. TRASVIÑA, H. S. VÉLEZ y J. GARCÍA. 1992. Física del Golfo de Tehuantepec. *Ciencia y Desarrollo*, **18**, No. 103, 97-108
- LEPPÄKOSKI E. 1980. Man's Impact on the Baltic Ecosystem. *AMBIO*, **9**, No. 3-4, 174-181.
- LOZANO-CABO F. 1978. *Oceanografía, biología marina y pesca*. Tomo I, 3ª. Ed. Editorial Paraninfo, España. pp. 44.
- LUDWING J.A. y J.F. REYNOLDS. 1988. *1ª Ed. Statistical Ecology: a Prime Methods and Computing*. A Willey Interscience Publication. pp. 33.
- LUNA-MARTÍNEZ J. 1991. Dinámica Hidrológica (Fisicoquímica) del área W del Golfo de Tehuantepec. Tesis Profesional, Fac. De Ciencias, UNAM. pp.76.

- MAGURRAN A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey. pp. 179.
- McCREARY J.P., H.S. LEE y D.B. ENFIELD. 1989. The Response of the Coastal Ocean to Strong Offshore Winds with Applications to Circulation to the Gulf of Tehuantepec and Papagayo. *Journal of Marine Res.* **47**, 81-109.
- MAGAÑA-MELGOZA P.A. DE J., L. SOSA-ROSAS y E. VEGA-GONZÁLEZ. 1990. Descripción del escenario y problemática ambiental del desarrollo turístico bahías de Huatulco, Oax. Instituto de Ingeniería, UNAM, Proyecto 9311. pp. 309.
- MAGAÑA-MELGOZA P.A. de J., L. SOSA-ROSAS y E. VEGA-GONZÁLEZ. 1991. Problemática Ambiental del Desarrollo Turístico Bahías de Huatulco, Oax. *Ingeniería Ambiental*, Año 4, No. 12, pp.6-12.
- MAHONEY, B.J. 1989. Algal Assay of Relative Abundance of Phytoplankton Nutrients in North East United States Coastal and Shelf Waters. *Wat. Res.* **23**. No. 5, 603-615.
- MARDETII .1984. Conventional Methods Applied in Pollution Control. *En* Minhea P.E. 1992, *Science of total Environment*.
- MARGALEF R. 1974. *Ecología*. 1ª. Ed. Ediciones Omega Barcelona. pp. 951.
- (1989)  
*Perspectivas de la Teoría Ecológica*  
1ª. Ed. Editorial Blume, Barcelona pp.
- MARSHALL G.H. 1986. Identification Manual for Phytoplankton of the United States Atlantic Coast. EPA/600/4-86/003. pp.132.
- MATTA F.J. y H.G. MARSHALL. 1984. A Multivariate Analysis of Phytoplankton Assemblages in the Western North Atlantic. *Journal of Plankton Research*, **6**, No. 4, 663-675.
- MEAVE DEL CASTILLO M.E. y HERNÁNDEZ-BECERRIL D.U. 1998. Fitoplancton. Cap. **6**, 59-71. En M. Tapía-García. 1998. *El Golfo de Tehuantepec: El Ecosistema y sus Recursos*, UAM-I, México. pp.240.
- MONREAL-GÓMEZ M.A. y SALAS DE LEON D.A. 1998. Dinámica y Estructura Termohalina. Cap. **2**, 13-26, en Tapia-García (Ed.) (1998). *El Golfo de Tehuantepec: El Ecosistema y sus Recursos*, UAM-I, México. pp.240
- MORENO-RUIZ J. L., M. TAPIA-GARCIA, S. LICEA, M.G. FIGUEROA –TORRES y GÓNZÁLEZ-MACIAS M.C. 2012. Estudio Ecológico y algunas consideraciones biogeográficas del fitoplancton del arroyo El Zanjón, Oaxaca. *Recursos Acuáticos*

- Costeros del Sureste. Sanchez J.A., Chiappa-Carraro X. y Brito –Perez. R. (Eds.). Ed. Recorecos. **1**,304-384.
- MORENO-RUIZ J.L., M. TAPIA-GARCÍA, S. LICEA, M.F.FIGUEROA-TORRES, A. ESQUIVEL, J. HERRERA-GALINDO J.M., GONZÁLEZ-MACIAS M.C. 2011. Ecological Composition and distribution of the diatoms from Laguna Superior, Oax. México. *J. Environ.Biol.***32**, 425-442.
- MOSS, B. 1980.Ecology of Fresh Waters.1<sup>a</sup> Ed., Blackwell Scientific Publications, London. pp.332
- MOULIN-RUIZ, J., 1979.Resultados hidrológicos del crucero DGO-MM-79-01 en el Golfo de Tehuantepec México. Informe. Dirección de Investigaciones Oceanográficas. pp.35.
- Normas Oficiales Mexicanas .1989. Diario Oficial de la Federación.
- NUCCIO, C., CH. MELILLO, L., MASSI J.M. Innamovet.2003 Phytoplankton abundance , community, structure and diversity in the Eutrophicated Orbetello lagoon (Tuscany) from 1995 to 2001. *Oceanologica Acta.***28**, 15-25.
- ODUM P.E. 1984.Ecología. 3<sup>a</sup> Ed. Editorial Interamericana, México, D.F. pp. 639.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).1987.Guía para la calidad del agua potable. Criterios relativos a la salud y otra información de base. pp.350.
- OWEN T.L. 1974. Hand Book of Common Methods in Limnology.1<sup>a</sup> Ed. Thec. V. Mosby Company, USA. pp. 153.
- PEREZ-ACUÑA M.T. 1986. Estudio del fitoplancton obtenido durante el crucero oceanográfico “SC-1” realizado del 7 al 11 de octubre de 1982 frente a las costas de Salina Cruz, Oax. Tesis Licenciatura, ENEP-Iztacala, UNAM, México, D.F. pp. 69.
- PIELOU E.C. 1975. Ecological Diversity. Wiley, New York.pp.165.
- PIELOU E.C. 1977. Mathematical Ecology. Wiley, New York.pp.385.
- PONTASCH W., E.P. SMITH y CAIRNS, JR.1989.Diversity Indices, Community Comparison Indices and Canonical Discriminant Analysis; Interpreting the Results of Multispecies Toxicity Tests. *Wat. Res.* **23**, No. 23, No. 10, 1229-1238
- PRIMPAS I., J TSIRTSIS, M. KARYDIS, G.D. KOKKORIS. 2010. Ecological Indicators. **10**, 178-183.

- RIVERO-BELTRÁN C. y J. A. Benítez-Torres .1988.Observaciones hidrológicas de Salina Cruz, Oaxaca y bahías adyacentes (1984-1985).Dir. Gral. De Ocean. Naval. Sec. De Marina. In. Compendio de Estudios Oceanográficos de Salina Cruz, Oax. pp. 87-191.
- ROSA-MEYER Z. 1982. Diatomáceas Marinhas e Estuarinas de Tramandaí, Rio Grande do Su, Brasil. IHERINGIA Ser., Bot., Porto Alegre, **29**, 49-145.
- ROSENBERG R., R. ELMGREN, S. FLEISCHER, O. JONSSON, G. PERSSON y H. DAHLIN. 1990. Marine Eutrophication Case Studies in Sweden. *AMBIO* **19**, No. 3,102-108.
- RODEN G. 1961.On the Wind Driven Circulations in the Gulf of Tehuantepec and its Effects Upon Surface Temperature. *Geophysic. , Intern.*, **1**, No. 3, 55-72.
- SALAS F.L.D y H.A. WOGAURAPP .1982.Comportamiento de la circulación de las corrientes oceánicas en el Golfo de Tehuantepec durante agosto de 1981.Secretaría de Marina, México.pp.39.
- SALAZAR-VALLEJO S.I.1991. Contaminación Marina. Métodos de Evaluación Biológica. Centro de Investigaciones de Q. Roo. Fondo de Publicaciones y Ediciones, Gobierno de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo. pp.193.
- SHANNON C.E., y WIENER.1969.The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois.pp.124.
- SECRETARÍA DE MARINA.1978.Temperatura y salinidad de los puertos de México en el Océano Pacífico. DG/M-01-78.pp. 46.
- 1978a.Estudio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec. Física y Química del Océano, Inv. Ocean /Tehua-04-78.
  - 1978b.Estudio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec. Geología, Ocean/Tehua-05078.
  - 1978c.Estudio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec. Biología Marina. Primera parte (Plancton) Inv. Ocean/Tehua.
- SEVILLA M.L. 1977. Introducción a la Ecología Marina. Consejo Editorial del Inst. Polit. Nal. pp. 220.
- SHEPARD, F.P. 1973.Submarine Geology. Harper and Row, New York. pp.517.
- SHUBERT-ELLIOT, L. (Ed). 1984. Algae as Ecological Indicators. 1ª Ed. Academic Press, London. pp.434.
- SMAYDA T. J. 1990.Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea. Evidence for a global epidemic. In\_Toxic Marine Phytoplankton. Proceedings of the Fourth international Conference on Toxic Marine Phytoplankton. Eds. Granel E. Bosmdstrom y E. Kars. pp. 26-30.

- SOTOMAYOR-NAVARRO O.1994.*Desarrollo de la marea roja tóxica producida por Pyrodinium bahamenses var. compressum, en el Golfo de Tehuantepec, México (1989-1990)*.Est. Inv. Ocean., Secretaría de Marina (Ed). Compendio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec. Dir. Gral. Ocean. Naval. pp.190.
- SPECCHIULLI, A., FOCARDI, S., RENZI, M., SCIROCCO, T., CILENTI, L., BREBRER, P., y S. BASTIANONI. 2008. Environmental heterogeneity patterns and assessment of trophic levels in two Mediterranean lagoons: Orbetello and Varano, Italy.Sci. Total Environ.Sep 1; **402** (2-3), 285-298.
- SPIEGEL M. R.1991.Estadística. Segunda Ed. Mc Graw-Hill, México. pp. 566.
- STRICKLAND J.H. y T.R. PARSONS.1979.A Practical hand book of Sea Water Analysis. Bull. Fish. Res. Board Can. 2ª Ed. Ottawa, Can. pp.311.
- STUMPF G.H. 1974. Satellite Detection of Upwelling in the Gulf of Tehuantepec. México. Jour. Phys. Oceanogr. **5**, 383-388.
- TAIT R.V. 1987.Elementos de Ecología Marina.1ª Ed. Editorial Trillas, México. pp. 390.
- TAMAYO J.L. 1970. Geografía Moderna de México. Ed. Trillas, México. pp. 390.
- TEBBUTT T.H.Y. 1990.Fundamentos de control de la calidad del agua.3ª Ed. Editorial Limusa, México, D.F. pp. 239.
- TILMAN D. 1982. Resource Competition and Community Structure. First Ed. Princeton University Press, New Jersey. pp.295.
- TURNER G.M. 1992.Estudio oceanográfico de algunos parámetros físicos y químicos de la zona de surgencias del Golfo de Tehuantepec en los meses de mayo y noviembre de 1989.Tesis, Prof., ENEP-Zaragoza. pp.144.
- US NAVY HYDROGRAPHIC OFFICE.1951.World Atlas of Sea Surface Temperature. Washington, D.C. pp. 220.
- VALERO M. 1982.Fitoplancton del Golfo de Tehuantepec. Inv. Ocean/Vol. I. Secretaría de Marina. **11**,1-30.
- VÁZQUEZ F., V. ALEXANDER, M. TURNER, and G. LENKA.1989.Parámetros fisicoquímicos del Golfo de Tehuantepec. MIMAR-V. UNAM. Reporte Técnico.
- VAZQUEZ GUTIÉRREZ F., SALVADOR LÓPEZ G., RAMÍREZ ALVAREZ, TURNER GARCÉS M., FAUSTO CASTILLO y A. VALDES H. 1998.La Química del Agua. Cap. **4**, 35-50. En M. Tapia García (Ed). El Golfo de Tehuantepec: El Ecosistema y sus Recursos, UAM-I. pp.240.

- WOLLENWEIDER R.1992.Coastal marine eutrophication: Principles and control. Science of the Total Environment. Supplement. Elsevier Science Publishers, B. V. Amsterdam .pp. 1-20.
- WOLLENWEIDER R., A. RINALDI y G. MONTANORI.1992.Eutrophication, Structure and Dynamics of a Marine Coastal System: Results of ten-year monitoring along the Emilia-Romagna Coast (Northwest Adriatic Sea).Science of the Total Environment, Supplement. Elsevier. Science Publishers, B. V. Amsterdam. pp. 63-106.
- ZITKO V. 1994.Principal Component Analysis in the Evaluation of environmental Data. Marine Pollution Bulletin.**28**.No.12, 718-722.

**ANEXO  
DE  
TABLAS**

TABLA ANEXO I. REGISTRO DE NITRÓGENO (TOTAL Y AMONIACAL), NITRITOS, NITRATOS, FÓSFORO TOTAL Y ORTOFOSFATOS, EN BAHÍA SAN AGUSTÍN, OAX.

LOCALIDAD SAN AGUSTÍN	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91
ESTACIÓN No.	NITRÓGENO TOTAL ORGÁNICO (mg/l)			NITRÓGENO AMONIACAL (mg/l)			NITRITOS (mg/l)			NITRATOS (mg/l)			FÓSFORO TOTAL (mg/l)			ORTOFOSFATOS (mg/l)		
1 S	0.25	1.18	0.67	<0.05	<0.05	<0.05	0.008	0.002	<0.001	0.007	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
1 M	0.24	1.57	0.67	<0.05	<0.05	<0.05	0.009	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2 S	--	1.34	0.78	--	--	--	--	0.002	<0.001	--	<0.001	<0.001	--	--	<0.01	--	<0.01	<0.01
2 M	--	1.79	0.56	--	--	--	--	<0.001	<0.001	--	<0.001	<0.001	--	--	<0.01	--	<0.01	<0.01
3 S	0.13	0.90	0.78	<0.05	<0.05	<0.05	0.008	0.002	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3 M	0.34	1.34	0.90	<0.05	<0.05	<0.05	0.009	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8	0.24	1.34	0.73	<0.05	<0.05	<0.05	0.008	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	<0.001	<0.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NOTA: S = SUPERFICIE M = MEDIA COLUMNA F = FONDO (---) = NO SE TOMÓ EL PARÁMETRO																		

TABLA ANEXO II. REGISTRO DE NITRÓGENO (TOTAL Y AMONIACAL), NITRITOS, NITRATOS, FÓSFORO TOTAL Y ORTOFOSFATOS, EN BAHÍA TANGOLUNDA, OAX.

LOCALIDAD TANGOLUNDA	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91
ESTACIÓN No.	NITRÓGENO TOTAL ORGÁNICO (mg/l)			NITRÓGENO AMONIACAL (mg/l)			NITRITOS (mg/l)			NITRATOS (mg/l)			FÓSFORO TOTAL (mg/l)			ORTOFOSFATOS (mg/l)		
4 S	0.12	0.90	0.56	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
4 M	0.27	0.90	0.78	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5 S	0.18	0.90	0.56	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5 M	0.12	1.01	0.45	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
6 S	0.39	0.67	0.56	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
6 M	0.18	1.23	0.78	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8	0.21	0.90	0.62	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NOTA: S = SUPERFICIE M = MEDIA COLUMNA F = FONDO																		

TABLA ANEXO III. REGISTRO DE NITRÓGENO (TOTAL Y AMONIACAL), NITRITOS, NITRATOS, FÓSFORO TOTAL Y ORTOFOSFATOS, EN BAHÍA CHAHUÉ, OAX.

LOCALIDAD CHAHUÉ	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91
ESTACIÓN No.	NITRÓGENO TOTAL ORGÁNICO (mg/l)			NITRÓGENO AMONIACAL (mg/l)			NITRITOS (mg/l)			NITRATOS (mg/l)			FÓSFORO TOTAL (mg/l)			ORTOFOSFATOS (mg/l)		
7 S	0.24	1.57	0.56	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
7 M	0.21	1.57	0.67	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8 S	0.18	0.78	0.45	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8 M	0.21	0.78	0.67	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
9 S	0.27	0.90	0.56	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
9 M	0.12	0.90	0.56	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8	0.20	1.08	0.58	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NOTA: S = SUPERFICIE M = MEDIA COLUMNA F = FONDO																		

TABLA ANEXO IV. REGISTRO DE NITRÓGENO (TOTAL Y AMONIACAL), NITRITOS, NITRATOS, FÓSFORO TOTAL Y ORTOFOSFATOS, EN BAHÍA SANTA CRUZ, OAX.

LOCALIDAD SANTA CRUZ	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91	SEP 90	FEB 91	MAY 91
ESTACIÓN No.	NITRÓGENO TOTAL ORGÁNICO (mg/l)			NITRÓGENO AMONIACAL (mg/l)			NITRITOS (mg/l)			NITRATOS (mg/l)			FÓSFORO TOTAL (mg/l)			ORTOFOSFATOS (mg/l)		
10 S	0.06	1.31	0.67	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
10 M	0.05	0.90	0.45	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
11 S	0.24	1.34	0.56	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.007	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
11 M	0.36	2.80	0.56	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.006	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
12 S	0.16	0.78	0.78	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.013	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
12 M	0.24	0.78	0.78	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.010	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8	0.17	1.32	0.63	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.018	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NOTA: S = SUPERFICIE M = MEDIA COLUMNA F = FONDO																		



TABLA ANEXO V. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE LLUVIAS (SEPTIEMBRE, 1990), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.  
(CONTINUACIÓN)

E S P E C I E S	E S T A C I O N E S																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz						
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		
S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
<b>DIATOMEAS</b>																									
<i>Rh. hebetata forma semiespina</i>			--	--			x	x		x			x							x	x	--	--	S, F	
<i>Rh. imbricata</i>	x		--	--																		--	--	S, F, M	
<i>Rh. robusta</i>			--	--			x															--	--	S, M	
<i>Rh. setigera</i>			--	--			x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Rh. stouterfothii</i>			--	--					x				x			x	x		x		x	--	--	S, F, M	
<i>Rh. styliformis</i>			--	--	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Rh. styliformis var. longispina</i>			--	--					x				x									--	--	S	
<i>Skeletonema costatum</i>			--	--									x									--	--	S, F	
<i>Stephanopyxis turris</i>			--	--			x		x							x			x	x		--	--	S, M	
<i>Streptoheca sp<sub>1</sub></i>			--	--							x											--	--	S, F, M	
<i>Striatella sp<sub>1</sub></i>	x		--	--																		--	--	S, F, M	
<i>Surirella sp<sub>1</sub></i>		x	--	--																		--	--	S	
<i>Thalassiothrix delicatula</i>			--	--					x				x			x					x	--	--	S	
<i>Th. frauenfeldii</i>			--	--									x									--	--	S, F, M	
<i>Th. longissima</i>			--	--				x		x		x										--	--	S, F	
<i>Th. mediterranea var. pacífica</i>		x	--	--		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			--	--								x					x		x	x	x	--	--	S	
<b>DINOFLAGELADAS</b>																									
<i>Ceratium belone</i>			--	--			x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, M	
<i>Ceratium breve</i>			--	--						x												--	--	S, F	
<i>Ceratium candelabrum</i>			--	--				x									x		x			--	--	S, F, M	
<i>Ceratium carriense</i>		x	--	--	x	x	x		x	x												--	--	S, M	
<i>Ceratium concilians</i>			--	--	x										x							--	--	S	
<i>Ceratium deflexum</i>			--	--														x	x			--	--	S	
<i>Ceratium extensum</i>			--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, M	
<i>Ceratium furca</i>			--	--	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Ceratium fusus</i>	x		--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Ceratium geniculatum</i>			--	--									x								x	--	--	S	
<i>Ceratium gibberum</i>			--	--							x											--	--	S, M	
<i>Ceratium longirostrum</i>			--	--			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, M, F	
<i>Ceratium massiliense</i>	x	x	--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Ceratium schmidtii</i>	x		--	--																		--	--	S	
<i>Ceratium symmetricum</i>			--	--						x												--	--	S	
<i>Ceratium sp<sub>1</sub></i>			--	--	x						x	x										--	--	S, M	
<i>Ceratium sp<sub>2</sub></i>			--	--	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S	
<i>Ceratium trichoceros</i>	x	x	--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Ceratium tripos</i>	x	x	--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	

TABLA ANEXO V. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE LLUVIAS (SEPTIEMBRE, 1990), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX. (CONTINUACIÓN)

E S P E C I E S	E S T A C I O N E S																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO	
	San Agustín				Tangolunda				Chahué				Santa Cruz													
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8			E9		E10		E11		E12		
S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M			
<i>Ceratium vultur</i>			--	--		x	x									x		x	x		x	x	--	--	S, M	
<i>Ceratocorys horrida</i>		x	--	--	x	x	x	x		x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	--	--	S, M	
<i>Dinophysis caudata</i>			--	--		x	x		x		x					x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Dinophysis sp<sub>1</sub></i>			--	--			x															--	--	S		
<i>Diplopsalis lenticula</i>			--	--								x										--	--	S		
<i>Exuviaella sp<sub>1</sub></i>			--	--			x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Goniodoma sphaericum</i>			--	--		x										x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F	
<i>Goniodoma sp<sub>1</sub></i>			--	--			x			x						x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Gonyaulax conjuncta</i>			--	--														x				--	--	S		
<i>Gonyaulax minuta</i>			--	--														x				--	--	S, F, M		
<i>Gonyaulax sp<sub>1</sub></i>			--	--								x								x		--	--	S		
<i>Ornithocercus steini</i>	x	x	--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Protoperidinium anguipes</i>	x	x	--	--	x	x	x	x	x	x				x				x	x	x	x	x	--	--	S, F	
<i>Protoperidinium conicum</i>			--	--				x		x	x	x		x				x	x	x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Protoperidinium crassipes</i>			--	--										x			x					--	--	S		
<i>Protoperidinium depressum</i>		x	--	--		x	x		x	x		x		x	x	x	x		x	x	x	--	--	S, F, M		
<i>Protoperidinium globolus</i>			--	--						x						x	x	x	x	x	x	--	--	S, M		
<i>Protoperidinium grande</i>			--	--														x				--	--	S		
<i>Protoperidinium pallidum</i>			--	--																x	x	--	--	S, M		
<i>Protoperidinium steini</i>			--	--														x	x	x		x	x	--	--	S, F
<i>Protoperidinium sp<sub>1</sub></i>			--	--	x		x			x	x		x	x	x				x	x	x	x	--	--	S, F	
<i>Protoperidinium sp<sub>2</sub></i>			--	--			x					x				x				x	x	x	--	--	S, F, M	
<i>Protoperidinium sp<sub>3</sub></i>			--	--					x			x								x		x	--	--	S	
<i>Protoperidinium sp<sub>4</sub></i>		x	--	--	x					x												x	--	--	S, F, M	
<i>Protoperidinium sp<sub>5</sub></i>			--	--																	x	--	--	S, F		
<i>Phalacroma ovum</i>			--	--																x	x	--	--	S		
<i>Phalacroma mitra</i>			--	--																x	x	--	--	S		
<i>Prorocentrum gibbosum</i>		x	--	--							x						x	x		x		--	--	S, F		
<i>Prorocentrum gracile</i>			--	--										x								--	--	S		
<i>Prorocentrum sp<sub>1</sub></i>	x		--	--																		--	--	S, F, M		
<i>Pyrocystis fusiformis</i>			--	--	x																	--	--	S		
<i>Pyrocystis noctiluca</i>			--	--		x																--	--	S		
<i>Pyrophacus sp<sub>1</sub></i>			--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, M	
<i>Pyrocystis robusta</i>			--	--	x	x	x	x	x					x				x	x	x	x		--	--	S, M	
<i>Pyrodinium sp<sub>1</sub></i>			--	--														x				x	--	--	S	

TABLA ANEXO V. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE LLUVIAS (SEPTIEMBRE, 1990), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.  
(CONTINUACIÓN)

E S P E C I E S	E S T A C I O N E S																								P R E S E N C I A P O R É P O C A D E M U E S T R E O
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz						
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		
C I A N O F I C E A S		S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
<i>Anabaena sp<sub>1</sub></i>			--	--							x												--	--	S
<i>Nostoc commune</i>			--	--	x			x		x					x		x			x		x	--	--	S, F, M
<i>Oscillatoria sp<sub>1</sub></i>	x	x	--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	--	--	S, F, M
<i>Oscillatoria sp<sub>2</sub></i>	x	x	--	--	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	--	--	S, F, M
<i>Spirulina sp<sub>1</sub></i>		x	--	--																x			--	--	S, F
<b>RIQUEZA ESPECÍFICA</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>47</b>	<b>38</b>	<b>41</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>37</b>	<b>29</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>49</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	
* =	Filamento																								
S =	Septiembre																								
F =	Febrero																								
M =	Mayo																								
- =	No se muestreo																								

TABLA ANEXO VI. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE SURGENCIAS (FEBRERO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

ESPECIES	ESTACIONES																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz						
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		
DIATOMEAS		S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M		
<i>Asterionella japónica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x											x					F, M
<i>Biddulphia alternans</i>														x					x						F
<i>Biddulphia aurita</i>														x											F
<i>Biddulphia mobiliensis</i>										x		x		x	x			x	x						S, F, M
<i>Biddulphia sp<sub>2</sub></i>											x	x			x										S, F
<i>Cerataulina sp<sub>1</sub></i>													x												S, F, M
<i>Central no identificada</i>										x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x			S, F, M
<i>Chaetoceros affinis</i>							x	x											x						S, F, M
<i>Chaetoceros brevis</i>				x			x	x				x	x						x						S, F
<i>Chaetoceros decipiens</i>							x				x	x		x				x	x				x		S, F, M
<i>Chaetoceros dichaeta</i>				x																					S, F
<i>Chaetoceros laevis</i>													x												F
<i>Chaetoceros peruvianus</i>				x	x	x	x	x	x					x				x	x	x	x				F
<i>Climacodium sp<sub>1</sub></i>																			x						S, F, M
<i>Climacospaenia sp<sub>1</sub></i>																			x						F, M
<i>Corethron sp<sub>1</sub></i>											x	x	x	x	x			x		x		x	x		F, M
<i>Coscinodiscus sp<sub>2</sub></i>							x	x					x												S, F
<i>Coscinodiscus sp<sub>3</sub></i>				x	x	x	x	x				x	x	x	x	x		x	x	x	x	x			S, F, M
<i>Cylindrotheca closterium</i>	x			x				x											x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Dytilum sp<sub>1</sub></i>															x			x		x	x	x		x	S, F
<i>Grammaphora oceanica?</i>							x						x												F
<i>Guinardia flaccida</i>																		x							S, F, M
<i>Gyrosigma sp<sub>1</sub></i>																									F
<i>Hemiaulus sp<sub>1</sub></i>																									S, F, M
<i>Leptocylindrus danicus</i>																									S, F, M
<i>Licmophora sp<sub>1</sub></i>							x	x																	F, M
<i>Navicula sp<sub>1</sub></i>																									S, F
<i>Nitzschia delicatissima</i>				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Nitzschia longissima</i>	x	x			x	x	x																		S, F
<i>Nitzschia pacífica</i>																									S, F, M
<i>Nitzschia paradoxa</i>	x	x					x																		S, F, M
<i>Planktoniella sol</i>							x																		S, F, M
<i>Pleurosigma sp<sub>1</sub></i>																									F
<i>Rhizosolenia alata (B)</i>							x	x	x																S, F, M
<i>Rh. alata forma indica</i>																									S, F, M
<i>Rh. hebetata forma semiespina</i>																									S, F
<i>Rh. imbricata</i>																									S, F, M
<i>Rh. setigera</i>																									S, F, M

TABLA ANEXO VI. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE LLUVIAS (FEBRERO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.  
(CONTINUACIÓN)

ESPECIES	ESTACIONES																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO
	San Agustín				Tangolunda				Chahué				Santa Cruz												
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12													
DIATOMEAS	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M			
<i>Rh. stolterfothi</i>						x					x			X										S, F, M	
<i>Rh. styliformis</i>		x		x	x	x	x		x	x	x		x	x	x			x	x	x		x		S, F, M	
<i>Skeletonema costatum</i>			x				x	x	x	x	x	X	x	x	X		x	x	x	x	x			S, F	
<i>Stephanopyxis sp<sub>1</sub></i>							x		x	x							x							F	
<i>Streptotheca sp<sub>1</sub></i>									x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x			S, F, M	
<i>Sriatella unipunctata</i>				x													x	x	x					F	
<i>Sriatella sp<sub>1</sub></i>	x	x	x	x	x	x														x	x	x		S, F, M	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>																							x	F, M	
<i>Thalassionema sp<sub>1</sub></i>					x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		F	
<i>Thalassiosira subtilis</i>							x	x	x		x	x		x	x	x								F, M	
<i>Thalassiosira sp<sub>1</sub></i>							x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			F	
<i>Thalassiosira sp<sub>2</sub></i>													x	x										F	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	S, F, M	
<i>Thalassiothrix longissima</i>				x																				S, F	
<i>Th. mediterranea</i> var. <i>pacifica</i>		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	S, F, M	
<b>DINOFLAGELADOS</b>																									
<i>Ceratium breve</i>											x				x	x	x	x	x		x	x		S, F	
<i>Ceratium candelabrum</i>											x								x					S, F, M	
<i>Ceratium furca</i>					x		x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		S, F, M	
<i>Ceratium fusus</i>					x		x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x		x			S, F, M	
<i>Ceratium longirostrum</i>																			x					S, F, M	
<i>Ceratium masillense</i>							x		x		x			x	x	x	x		x		x			S, F, M	
<i>Ceratium pavillardii</i>															x	x	x	x	x		x			F, M	
<i>Ceratium pentagonum</i>														x				x	x	x		x		F, M	
<i>Ceratium setaceum</i>					x					x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		F, M	
<i>Ceratium trichoceros</i>													x	x	x		x	x		x		x		S, F, M	
<i>Ceratium tripos</i>					x	x		x		x	x	x			x	x	x						x	S, F, M	
<i>Dinophysis caudata</i>		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	S, F, M	
<i>Dinophysis ovum</i>											x													F	
<i>Exuviaella sp<sub>1</sub></i>											x													S, F, M	
<i>Gonodioma sphaericum</i>																		x						S, F	
<i>Gonodioma sp<sub>1</sub></i>					x	x				x										x				S, F, M	
<i>Gonyaulax minuta</i>			x	x																	x			S, F, M	
<i>Gonyaulax turbynei</i>													x	x		x	x	x	x	x	x	x		F	
<i>Gymnodinium splendens</i>														x			x	x	x	x		x	x	F	
<i>Gymnodinium sp<sub>1</sub></i>							x		x	x	x	x	x	x	x				x	x				F, M	

TABLA ANEXO VI. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE LLUVIAS (FEBRERO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.  
(CONTINUACIÓN)

ESPECIES	ESTACIONES																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO	
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz							
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12			
DINOFLAGELADOS	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M		
<i>Ornithoceros steini</i>	x				x	x					x	x														S, F, M
<i>Protoberidinium anguipes</i>											x															S, F
<i>Protoberidinium conicum</i>														x	x					x	x	x				S, F, M
<i>Protoberidinium depressum</i>					x															x						S, F, M
<i>Protoberidinium granii</i>											x															F
<i>Protoberidinium oceanicum</i>												x														F, M
<i>Protoberidinium roseaum</i>			x				x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x					F
<i>Protoberidinium steini</i>															x				x			x				S, F
<i>Protoberidinium sp<sub>1</sub></i>																						x				S, F
<i>Protoberidinium sp<sub>2</sub></i>																			x	x						S, F, M
<i>Protoberidinium sp<sub>4</sub></i>												x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			S, F, M
<i>Protoberidinium sp<sub>5</sub></i>													x	x	x			x	x	x	x	x				S, F
<i>Phalacroma sp<sub>3</sub></i>																				x						F, M
<i>Prorocentrum gibbosum</i>												x	x	x	x			x	x	x	x					S, F
<i>Prorocentrum sp<sub>1</sub></i>												x	x	x			x	x	x		x		x		x	S, F, M
<i>Pyrocystis sp<sub>1</sub></i>									x																	F, M
<b>CIANOFÍCEAS</b>																										
<i>Johannesbaptistia pellucida</i>																			x							F, M
<i>Lyngbya sp<sub>1</sub></i>					x	x	x	x	x													x	x			F, M
<i>Merismopedia sp<sub>1</sub></i>			x	x	x	x	x	x	x	x										x	x					F
<i>Nostoc commune</i>				x																						S, F, M
<i>Oscillatoria sp<sub>1</sub></i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		S, F, M
<i>Oscillatoria sp<sub>2</sub></i>	x	x		x	x		x	x	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x					S, F, M
<i>Spirulina sp<sub>1</sub></i>							x	x			x															S, F
<i>Synechococcus sp<sub>1</sub></i>				x		x									x							x			x	F
<b>SILICOFLAGELADAS</b>																										
<i>Dictyocha sp<sub>1</sub></i>					x						x	x	x	x	x			x		x	x	x	x	x		F
<i>Ebria sp<sub>1</sub></i>																		x								F
<b>EUGLENOPHYTA</b>																										
<i>Eutreptia sp<sub>1</sub></i>										x		x	x	x	x						x		x	x	x	F, M
<b>RIQUEZA ESPECÍFICA</b>																										
	8	9	13	21	25	22	25	36	13	41	41	42	41	39	37	40	28	49	41	52	37	39	6	7		
S, M	=	Superficie y Media agua										M	=	Mayo												
S	=	Septiembre										-	=	No se muestreo												
F	=	Febrero																								

TABLA ANEXO VII. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE SECAS (MAYO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.

ESPECIES	ESTACIONES																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO		
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz								
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12				
S		M		S		M		S		M		S		M		S		M		S		M		S		M	
<i>Asterionella japonica</i>	x																										F, M
<i>Asterionella kariana</i>	x	x																	x			x					M
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>				x																	x						S, M
<i>Bacteriastrum sp<sub>1</sub></i>													x														S, M
<i>Bacteriastrum sp<sub>2</sub></i>														x													M
<i>Biddulphia mobiliensis</i>							x	x			x																S, F, M
<i>Biddulphia pulchella</i>							x																				M
<i>Biddulphia sp<sub>2</sub></i>				x																							M
<i>Biddulphia sp<sub>3</sub></i>								x																			M
<i>Biddulphia sp<sub>4</sub></i>								x																			M
<i>Cerataulina sp<sub>1</sub></i>													x		x		x										S, F, M
<i>Central sp<sub>1</sub> no identificada</i>																						x					S, F, M
<i>Central sp<sub>2</sub> no identificada</i>													x			x											M
<i>Central sp<sub>3</sub> no identificada</i>														x													M
<i>Chaetoceros affinis</i>	x	x	x	x	x	x					x		x	x		x	x	x	x						x		S, F, M
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		M
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	x	x		x					x		x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x		x	S, M
<i>Chaetoceros decipiens</i>	x			x			x		x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x		S, F, M
<i>Chaetoceros diversus</i>																										x	M
<i>Chaetoceros wighami</i>														x													M
<i>Climacodium sp<sub>1</sub></i>	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Climacosphaenia sp<sub>1</sub></i>								x																			F, M
<i>Corethron sp<sub>1</sub></i>															x												F, M
<i>Coscinodiscus sp<sub>1</sub></i>											x																S, M
<i>Coscinodiscus sp<sub>3</sub></i>																					x					x	S, F, M
<i>Coscinodiscus sp<sub>4</sub></i>					x		x	x	x	x	x	x	x														M
<i>Coscinodiscus sp<sub>5</sub></i>							x							x													M
<i>Coscinodiscus sp<sub>6</sub></i>							x	x	x							x											M
<i>Cylyndrotheca closterium</i>		x		x	x	x					x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Dytilum sp<sub>2</sub></i>							x																				M
<i>Eucampia sp<sub>1</sub></i>							x	x	x	x	x																M
<i>Guinardia flaccida</i>														x	x	x											S, F, M
<i>Hemiaulus membranaceus</i>															x	x	x	x	x								M
<i>Hemiaulus sinensis</i>						x									x								x				S, M
<i>Hemiaulus sp<sub>1</sub></i>														x	x		x						x				S, F, M
<i>Hemiaulus sp<sub>2</sub></i>								x															x				M
<i>Leptocylindrus danicus</i>		x		x			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Licmophora sp<sub>1</sub></i>					x	x																					F, M

TABLA ANEXO VII. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE SECAS (MAYO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.  
(CONTINUACIÓN)

ESPECIES	ESTACIONES																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz						
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		
S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M		
<b>DIATOMEAS</b>																									
<i>Lithodesmium undulatum</i>			x				x	x		x	x		x				x	x							M
<i>Nitzschia delicatissima</i>																					x	x		x	S, F, M
<i>Nitzschia pacífica</i>													x	x		x									S, F, M
<i>Nitzschia paradoxa</i>		x																							S, F, M
<i>Planktoniella sol</i>	x	x	x							x				x											S, F, M
<i>Rhizosolenia alata (B)</i>	x		x	x	x					x	x		x						x				x		S, F, M
<i>Rh. alata forma gracillima</i>			x	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			S, F, M
<i>Rh. alata forma indica</i>	x	x		x		x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					S, F, M
<i>Rh. bergonii</i>									x		x			x		x		x	x			x			M
<i>Rh. calcar avis</i>				x															x	x		x		x	S, M
<i>Rh. imbricata</i>	x	x		x		x			x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Rh. robusta</i>				x													x	x	x			x	x		S, M
<i>Rh. setigera</i>														x											S, F, M
<i>Rh. stolterfothii</i>													x	x		x		x							S, F, M
<i>Rh. styliformis</i>		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Rhizosolenia sp<sub>1</sub></i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x							x					x			x	M
<i>Rhizosolenia sp<sub>2</sub></i>																x									M
<i>Stephanopyxis turris</i>										x	x		x	x		x				x			x		S, M
<i>Strephotheca sp<sub>1</sub></i>						x	x	x	x	x	x	x	x							x				x	S, F, M
<i>Striatella sp<sub>1</sub></i>	x	x		x		x																			S, F, M
<i>Thalassionema nitzschioides</i>																							x	x	F, M
<i>Thalassiosira subtilis</i>			x		x															x	x				F, M
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>											x				x					x					S, F, M
<i>Th. Mediterraea var pacifica</i>	x	x	x			x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<b>DINOFLAGELADOS</b>																									
<i>Ceratium azoricum</i>				x																					M
<i>Ceratium belone</i>																							x		S, M
<i>Ceratium candelabrum</i>			x	x	x					x	x	x		x		x				x		x			S, F, M
<i>Ceratium carriense</i>						x					x														S, M
<i>Ceratium contortum</i>								x			x		x												M
<i>Ceratium contrarium</i>	x			x	x				x		x	x	x		x	x	x			x	x	x			M
<i>Ceratium extensum</i>	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x			x	x		x	S, M
<i>Ceratium falcatum</i>						x																	x		M
<i>Ceratium furca</i>	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Ceratium fusus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Ceratium gallicum</i>	x	x	x	x							x												x		M
<i>Ceratium gibberum</i>		x	x		x	x				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x				S, M
<i>Ceratium hexacanthum</i>											x														M

TABLA ANEXO VII. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE SECAS (MAYO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.  
(CONTINUACIÓN)

ESPECIES	ESTACIONES																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO		
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz								
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12				
S		M		S		M		S		M		S		M		S		M		S		M		S		M	
<i>Ceratium karstenii</i>								x																			M
<i>Ceratium longirostrum</i>										x		x				x	x										S, F, M
<i>Ceratium lunula</i>						x		x																	x		M
<i>Ceratium macroceros</i>																x				x							M
<i>Ceratium massiliense</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Ceratium pavillardii</i>		x		x																							F, M
<i>Ceratium pentagonum</i>															x		x										F, M
<i>Ceratium setaceum</i>														x									x				F, M
<i>Ceratium trichoceros</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Ceratium tripos</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Ceratium vultur</i>														x											x		S, M
<i>Ceratium sp<sub>1</sub></i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, M
<i>Ceratocorys horrida</i>		x	x		x	x							x	x			x	x	x	x	x	x	x				S, M
<i>Ceratocorys sp<sub>1</sub></i>					x	x							x														M
<i>Ceratocorys sp<sub>2</sub></i>													x						x								M
<i>Dinophysis caudata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	S, F, M
<i>Exuviaella sp<sub>1</sub></i>	x						x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	S, F, M
<i>Gonodioma sp<sub>1</sub></i>				x				x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			S, F, M
<i>Gonyaulax minuta</i>									x	x		x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x			S, F, M
<i>Gonyaulax polyedra</i>					x																						M
<i>Gonyaulax scrippsae</i>																									x		M
<i>Gymnodinium sp<sub>1</sub></i>																		x	x								F, M
<i>Ornithocercus steini</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			S, F, M
<i>Ornithocercus sp<sub>2</sub></i>														x	x	x				x	x	x					M
<i>Protoperdinium claudicans</i>																									x		M
<i>Protoperdinium conicum</i>			x			x							x			x	x		x					x			S, F, M
<i>Protoperdinium depressum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		S, F, M
<i>Protoperdinium globolus</i>																				x			x	x			S, M
<i>Protoperdinium oceanicum</i>														x		x			x	x						x	F, M
<i>Protoperdinium pallidum</i>			x	x		x																		x			S, M
<i>Protoperdinium sp<sub>2</sub></i>																								x	x		S, F, M
<i>Protoperdinium sp<sub>4</sub></i>		x	x	x					x	x	x	x		x	x	x	x	x									S, F, M
<i>Protoperdinium sp<sub>6</sub></i>	x			x					x				x	x	x	x	x							x			M
<i>Protoperdinium sp<sub>7</sub></i>																									x		M
<i>Protoperdinium sp<sub>8</sub></i>															x	x	x	x	x	x				x			M
<i>Phalacroma sp<sub>1</sub></i>		x														x	x	x					x	x	x		M
<i>Phalacroma sp<sub>2</sub></i>						x							x	x										x			M
<i>Phalacroma sp<sub>3</sub></i>													x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	F, M

TABLA VII. PRESENCIA DE ESPECIES EN ÉPOCA DE SECAS (MAYO, 1991), BAHÍAS DE HUATULCO, OAX.  
(CONTINUACIÓN)

ESPECIES	ESTACIONES																								PRESENCIA POR ÉPOCA DE MUESTREO
	San Agustín						Tangolunda						Chahué						Santa Cruz						
	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		
DINOFLAGELADOS	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	
<i>Prorocentrum gibberum</i>																					x	x			M
<i>Prorocentrum micans</i>																				x					M
<i>Prorocentrum sp<sub>1</sub></i>								x		x	x		x	x					x	x	x				S, F, M
<i>Prorocentrum sp<sub>2</sub></i>												x						x							M
<i>Pyrocystis robusta</i>	x		x	x		x					x	x			x				x	x				x	S, M
<i>Pyrocystis sp<sub>1</sub></i>				x																					F, M
<i>Pyrophacus sp<sub>1</sub></i>		x	x	x		x				x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x		x	F, M
<b>CIANOFICEAS</b>																									
<i>Choroococcus limneticus</i>				x																					M
<i>Johannebaptista pellucida</i>				x																					F, M
<i>Lynngbya sp<sub>1</sub></i>		x				x													x						F, M
<i>Mycrocystis elebens</i>							x																		M
<i>Nostoc commune</i>									x			x			x				x						S, F, M
<i>Oscillatoria sp<sub>1</sub></i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	S, F, M
<i>Oscillatoria sp<sub>2</sub></i>	x	x		x		x	x	x									x				x				S, F, M
<b>EUGLENOFITAS</b>																									
<i>Eutreptia sp<sub>1</sub></i>									x	x			x		x	x	x					x			F, M
<b>RIQUEZA ESPECÍFICA</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>43</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>53</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>36</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>56</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	
<p>S, M = Superficie y Media agua  S = Septiembre  F = Febrero  M = Mayo</p>																									