

**Los efectos del fenómeno**

# **El Niño**

**en México**

**1997-1998**

Compiladores

**Elva Escobar Briones**

**Marcial Bonilla**

**Antonio Badán**

**Margarita Caballero**

**Alain Winckell**



CONACYT



---

## CONTENIDO

Prólogo	9
I. Las causas del fenómeno clima-océano	15
El fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) y sus impactos en México Víctor O. Magaña <i>et al.</i>	17
Las imágenes de satélite ayudaron a evaluar los efectos de El Niño/Oscilación del Sur en el Pacífico mexicano, en el periodo 1997-1998 Román Álvarez <i>et al.</i>	25
Resultados preliminares del monitoreo de El Niño 1997-1998 en el Océano Pacífico en la costa occidental de México Anatolyi Filonov e Irina Tereshchenko	35
Investigación sobre la manifestación de la señal de El Niño en el occidente de México Irina Tereshchenko <i>et al.</i>	40
Derrames pluviales costeros en el Golfo de California y su posible detección mediante imágenes de color del océano (SeaWiFS) Helmut Maske	45
El Niño en el Golfo de California Miguel Ángel Alatorre Mendieta	50
II. El registro histórico y la predicción	55
¿Pueden los árboles contar la historia de la precipitación y del fenómeno El Niño? Nora Martijena	57
Análisis y pronóstico de la ocurrencia del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) y de sus posibles impactos en México Jorge Sánchez Sesma	62

III. Disponibilidad de agua y sequía	69
Análisis espacial de los efectos de El Niño 1997-1998 en Tijuana, B.C.	71
Alain Winckell <i>et al.</i>	
Impacto ambiental del fenómeno El Niño sobre la presa El Cuchillo, como principal fuente abastecedora de agua de la Zona Metropolitana de Monterrey	84
Juan M. Alfaro B., <i>et al.</i>	
El Niño y su influencia en áreas urbanas, el caso del norte de Sonora, México	89
Juan M. Rodríguez Esteves <i>et al.</i>	
Efectos del fenómeno El Niño en Alchichica, Puebla, México, un lago tropical profundo	96
Javier Alcocer y Alfonso Lugo	
IV. La producción pesquera y agrícola nacionales	103
El trigo en el norte de México y El Niño 1997-1998	105
C.A. Salinas Zavala	
Efecto de El Niño en la producción de camarón	112
Adolfo Gracia Gasca	
Efecto del evento El Niño 1997-1998 sobre la pesquería artesanal en la costa de Jalisco, México	120
Bernabé Aguilar Palomino <i>et al.</i>	
El Niño 1997-1998 y sus efectos sobre los grandes volúmenes de la lechuga de mar del Golfo de California	127
I. Pacheco Ruiz <i>et al.</i>	
El Niño en las comunidades de peces marinos de las montañas submarinas del sur del Golfo de California	131
Arturo Muhlia Melo	
V. La salud humana	135
Investigación psicológica y cambios climáticos	137
Benjamín Domínguez Trejo <i>et al.</i>	
El impacto del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) y su relación con las mareas rojas en México	143
José Luis Ochoa y Salvador Lluch Cota	

El Niño 1997-1998. Impacto en la biomasa de dinoflagelados en Bahía Concepción, Golfo de California Ismael Gárate Lizárraga <i>et al.</i>	153
VI. La diversidad biológica como indicador	163
Efecto de la disponibilidad de nutrimentos sobre el reclutamiento y supervivencia de <i>Macrocystis pyrifera</i> en Baja California Sur, México, durante el fenómeno El Niño 1997-1998 Gustavo Hernández Carmona <i>et al.</i>	165
El blanqueamiento de coral y el fenómeno El Niño Roberto Iglesias Prieto y Héctor Reyes Bonilla	172
El niño y el mar Bertha E. Lavaniegos <i>et al.</i>	181
El evento El Niño 1997-1998 y su impacto sobre el zooplancton en Bahía Magdalena, B.C.S. Ricardo Palomares García <i>et al.</i>	192
La reproducción del bobo patas azules como indicador de la abundancia de peces Juan Meraz y Hugh Drummond	199
Efectos de El Niño (1997-1998) y La Niña (1998-1999) en las ballenas grises de laguna San Ignacio, B.C.S. Jorge Urbán R., y Alejandro Gómez Gallardo U.	206
Análisis de la variación de la población de mamíferos pequeños, como respuesta a los cambios de la vegetación por el efecto de El Niño en una zona semiárida Sergio Ticul Álvarez Castañeda y Patricia Cortés Calva	216
Posibles efectos del fenómeno El Niño en las comunidades de poliquetos que habitan el fondo marino de la laguna de San Quintín, Baja California Victoria Díaz Castañeda	223
Efectos del fenómeno El Niño sobre organismos bentónicos de Baja California Sergio A. Guzmán del Próo <i>et al.</i>	231
Efecto a distancia del fenómeno El Niño Elva Escobar Briones	240



# EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIMENTOS SOBRE EL RECLUTAMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE *Macrocystis pyrifera* EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO, DURANTE EL FENÓMENO EL NIÑO 1997-1998

1 Gustavo Hernández Carmona,<sup>1,2</sup> Daniel Robledo,<sup>3</sup> Elisa Servièrre Zaragoza,<sup>2</sup> Edgardo Ochoa López,<sup>1</sup> Ignacio Sánchez Rodríguez,<sup>1</sup> Rafael Riosmena Rodríguez<sup>4</sup> y Oscar Cano Mancio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (Cicimar-IPN)

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (Cibnor)

<sup>3</sup> Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav)-Mérida

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)

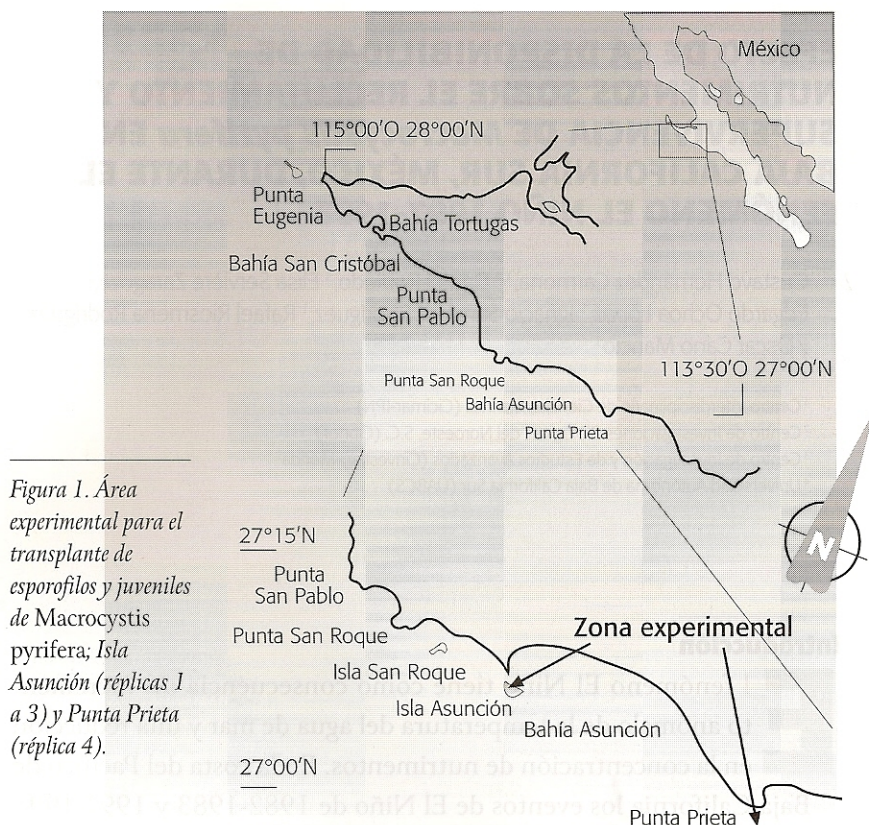
## Introducción

El fenómeno El Niño tiene como consecuencia un incremento anómalo de la temperatura del agua de mar y una reducción en la concentración de nutrientes. En la costa del Pacífico de Baja California los eventos de El Niño de 1982-1983 y 1997-1998 ocasionaron la desaparición de las poblaciones del alga café *Macrocystis pyrifera*, desconociéndose cuál es el principal factor que causa la mortalidad. Durante El Niño de 1982-1983 se perdieron más de 100 mil toneladas de *M. pyrifera* en Baja California y 28% de esta biomasa nunca se recuperó en 50 km de costa del límite sur de su distribución. El presente estudio se llevó a cabo durante El Niño de 1997-1998, para determinar si el reclutamiento y la supervivencia de juveniles de las poblaciones del alga *M. pyrifera* en el límite sur de su distribución estuvieron afectados por la elevada temperatura o por los bajos niveles de nutrientes.

## Métodos

Los experimentos se realizaron en la Isla Asunción, Baja California Sur, a 10 m de profundidad (figura 1). El efecto de la disponibilidad de nutrientes sobre el reclutamiento de *M. pyrifera* se estudió de





abril a diciembre de 1998. Se empleó un diseño de bloques con dos factores: con láminas reproductoras o esporofilos (con y sin nutrimentos) y sin esporofilos (con y sin nutrimentos). En total cuatro tratamientos con cuatro réplicas. Cada cuadrante experimental se separó por una distancia de 10 m y cada combinación se colocó en un cuadrante de un m<sup>2</sup>, distribuidos al azar. Para cada tratamiento se colocó una base de cemento con una jaula a fin de introducir los esporofilos que liberarían las esporas para el desarrollo de nuevas plantas (reclutas) (figura 2). El suministro de nutrimentos se realizó colocando dos tubos perforados de PVC a los lados de las jaulas, los cuales se llenaron mensualmente con ocho kg de un fertilizante inorgánico de liberación controlada, a base de sales de nitrato de amonio, fosfato y potasio. Los esporofilos se recolectaron en San Diego, California (abril-



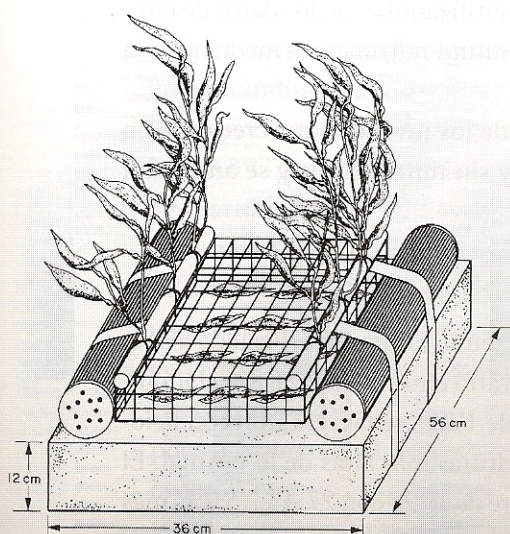


Figura 2. Base de concreto empleada para sembrar el área experimental con esporofilos de *M. pyrifera* y para sujetar los juveniles.

agosto de 1998) y Punta Eugenia (septiembre-diciembre de 1998), se transportaron en hieleras y se sembraron en la Isla Asunción. Como parámetro de respuesta, se registró mensualmente el número de reclutas de *M. pyrifera* (plantas > 1.5 cm de largo). El efecto de los nutrimentos sobre la supervivencia de juveniles de *Macrocyctis pyrifera* se estudió de junio a diciembre de 1998. Se colectaron plantas juveniles (230 cm) de Bahía Tortugas, desprendiéndolas del fondo manualmente y se transportaron en hieleras al sitio de transplante. Las plantas se sujetaron a las mismas jaulas que se emplearon en el experimento de reclutamiento. Se transplantaron 13 plantas en los tratamientos con nutrimentos y 13 en los que carecían de nutrimentos. Se registró mensualmente el número de supervivientes y de frondas, y su talla. Los datos fueron comparados empleando una prueba de hipótesis sobre la diferencia entre la proporción de supervivientes de la población fertilizada contra la población no fertilizada. Se tomaron registros diarios de temperatura superficial y de fondo del agua de mar. Los datos se compararon con registros de largo plazo de temperaturas de 1989 a 1996. Se tomaron muestras mensuales del agua de mar para determinar la concentración de nitratos en el ambiente natural



(no fertilizado) y en los cuadrantes fertilizados. Con los datos de temperatura se obtuvo la relación temperatura-nutrientes mediante una regresión lineal.

Se tomaron muestras de tejido de los juveniles que crecieron en los tratamientos con nutrientes y sin nutrientes y se analizó el contenido de nitrógeno.

## Resultados

En Bahía Asunción, el promedio de temperatura superficial de los registros de largo plazo (1989-1996) varió entre 14.1 y 21.8°C. Durante el periodo julio de 1997 - agosto de 1998, se presentaron condiciones de un año El Niño con temperaturas más altas de lo normal. El primer pico se presentó en septiembre de 1997 con 27.4°C (5.7°C más de lo normal) y el segundo en agosto de 1998 con 23.1°C (3.6°C más de lo normal) (figura 3). A partir de septiembre de 1998 la tendencia cambió a valores ligeramente menores de lo normal, debido a las condiciones de La Niña (agua fría con altos nutrientes), iniciando con 1.3°C abajo de lo normal y concluyó en junio del 2000. Durante 1998, las concentraciones ambientales de nitratos en las áreas no fertilizadas fueron bajas durante la mayor parte del año (0.65-3.5 µM) y sólo se elevaron durante la primavera (4.8-18.8 µM). La concentración promedio de nitratos en las áreas fertilizadas siempre

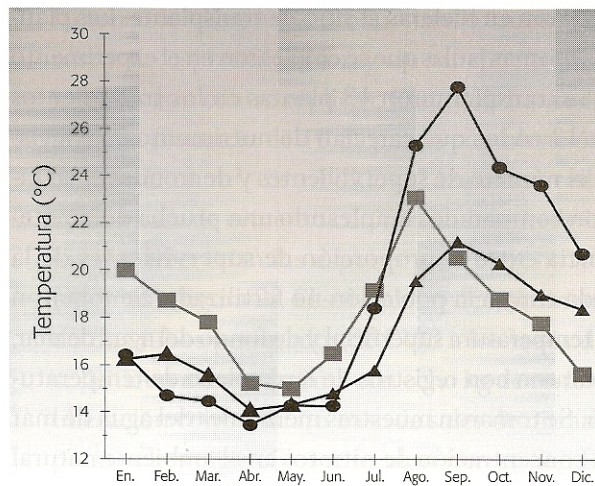


Figura 3. Temperatura superficial promedio mensual en Bahía Asunción durante 1989-1996 (▲); El Niño 1997 (●) y El Niño-La Niña 1998 (■).



fue más alta ( $25.4 \mu\text{M}$ ). La relación entre la concentración de nitratos y la temperatura del agua fue altamente significativa ( $r^2 = 0.70$ ), encontrándose el punto crítico de nitratos a los  $18.5^\circ\text{C}$ . Esto significa que la concentración de nitratos en el agua con temperatura menor a los  $18.5^\circ\text{C}$  generalmente fue mayor a  $1.0 \mu\text{M}$  y con temperaturas del agua arriba de  $18.5^\circ\text{C}$ , la concentración de nitratos generalmente fue menor de  $1 \mu\text{M}$ . El contenido de nitrógeno de los tejidos de los juveniles de *M. pyrifera* fue más alto en las plantas fertilizadas ( $1.24\%$ ) que en las plantas sin fertilizar ( $0.56\%$ ). Ninguna planta de *Macrocystis pyrifera* se reclutó en los tratamientos experimentales sin esporofilos, ya sea con nutrimentos (cuatro réplicas) o sin nutrimentos (cuatro réplicas). Tampoco se presentó reclutamiento en los tratamientos con esporofilos y sin nutrimentos. El único tratamiento en el que se obtuvo reclutamiento fue en cuadrantes fertilizados (tres réplicas) y con esporofilos de Punta Eugenia, con un promedio de ocho plantas por  $\text{m}^2$ . Por lo tanto, se obtuvo un reclutamiento significativamente más alto sólo en los tratamientos sembrados con esporofilos y con la adición de nutrimentos. En los tratamientos con juveniles de *Macrocystis pyrifera* transplantados y con nutrimentos, la supervivencia fue de  $67\%$ , presentando supervivientes en tres de las cuatro réplicas. Las ocho plantas supervivientes permanecieron hasta el final del experimento en diciembre de 1998. En los tratamientos con juveniles de *M.*

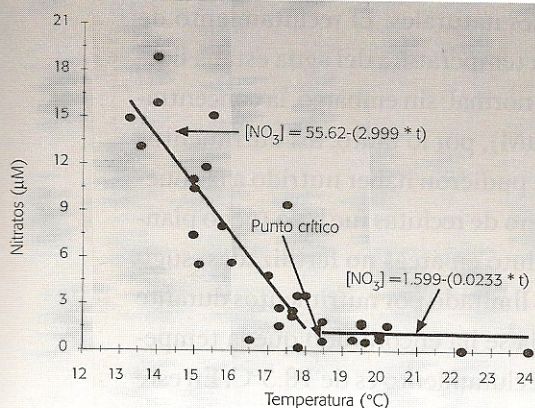


Figura 4. Concentración de nitratos en función de la temperatura del agua de mar. La línea continua muestra la regresión calculada para temperaturas menores de  $18.5^\circ\text{C}$  (punto crítico) y mayores de  $18.5^\circ\text{C}$ .



*pyrifera* y sin nutrientes, la supervivencia fue de 25% y sólo una de las cuatro réplicas permaneció con tres plantas vivas, las que recibieron aporte de nutrientes de los otros tratamientos fertilizados por el efecto de las corrientes. El análisis estadístico mostró que el número de supervivientes fue significativamente más elevado en el tratamiento con suministro de nutrientes. El crecimiento promedio de las ocho plantas juveniles en los tratamientos con nutrientes fue de 0.57 cm por día y el promedio de frondas se incrementó de 6.5 a 24.5, mientras que el crecimiento promedio en los tratamientos sin nutrientes, pero que tuvo aporte de nutrientes por las corrientes, fue de 1.5 cm por día y el promedio de frondas se incrementó de 6.5 a 35.

### Discusión

En el área de Bahía Asunción, la temperatura del agua se relacionó inversamente con la concentración de nutrientes, presentando la misma tendencia descrita para California. Sin embargo, el punto crítico que separa las aguas con bajos nutrientes de las aguas con altos nutrientes, descrito para California a 15.5°C, se presentó a 18.5°C, por lo tanto, sólo las aguas con temperaturas menores a la anterior tenían suficientes nutrientes para mantener la tasa de crecimiento normal de *Macrocystis pyrifera*. El experimento de 1998 sugiere que la falta de reclutamiento en áreas sin suministro de esporofilos se debió a la carencia de esporas por fuentes naturales. El reclutamiento de octubre de 1998 ocurrió cuando la temperatura del agua estaba ligeramente más baja que el promedio normal, sin embargo, la concentración de nitratos aún era baja (1.1 µM), por lo tanto, los nutrientes suministrados experimentalmente pudieron haber nutrido a las nuevas plantas. A pesar de que el número de reclutas fue bajo (ocho plantas por m<sup>2</sup>), ninguna planta se reclutó en áreas no fertilizadas, sugiriendo que el reclutamiento estuvo limitado por nutrientes durante ese periodo. En el sur de California se ha encontrado que la temperatura más alta a la cual ocurre el reclutamiento es de 18.3°C. En este caso, parece que nuestras plantas resisten mayores temperaturas cuando los nutrientes son elevados. Los resultados del transplante de ju-

veniles sugieren que la fertilización incrementa la supervivencia de juveniles de *Macrocystis pyrifera*. Cuando las plantas juveniles fueron transplantadas en junio de 1998, la temperatura estaba por arriba de lo normal y la concentración de nitrógeno fue de  $1.0 \mu\text{M}$ , la cual es inferior al nivel crítico para mantener el crecimiento normal de *M. pyrifera*. La concentración de nitrógeno en los tejidos de las plantas experimentalmente fertilizadas fue superior y la supervivencia fue mejorada en 1998 por la adición de nutrimentos; esto sugiere que lo que afectó a las plantas no fertilizadas fue la carencia de nutrimentos y no tanto la temperatura. El lento crecimiento de todas las plantas fue el resultado del ramoneo por peces. Las plantas aisladas atraen densidades inusualmente altas de organismos incrustantes y las frondas son consumidas por los peces a una velocidad mucho mayor que la tasa de crecimiento de la fronda.