



ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA DISTRIBUCIÓN
DE MISTICETOS (Suborden Mysticeti) Y ALGUNOS
PARÁMETROS AMBIENTALES EN LA BAHÍA DE LA PAZ,
B.C.S., MÉXICO.

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias

(Biología Marina)

p r e s e n t a

LUIS MARIANO SÁNCHEZ AVELAR

Director de Tesis: Dr. Bernardo Shirasago Germán

Comité Tutorial: Dra. María Adela Monreal Gómez
Dr. Jorge Urbán Ramírez
Dr. Manuel Uribe Alcocer
Dr. Miguel Ángel Alatorre Mendieta

México D.F. Diciembre de 2009



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.

Dedicatoria

“Es fundamental saber la importancia de ser fiel a uno mismo, saber luchar por los propios sentimientos. Nunca te pongas excusas para lograr ser feliz”.

*É*sta tesis esta dedicada a mis padres Ma. Inés Avelar y Mario Sánchez, quienes me han enseñado con su ejemplo el valor de la vida, del respeto y del esfuerzo diario;

a mis hermanos Mario E. y E. Benet con quienes he compartido mucho en ésta aventura llamada vida;

a mi gran amigo Bernardo, quien ha sido un pilar importante en mi formación académica;

y a ti, esa persona tan especial como única, por acompañarme en éste camino a veces fácil, a veces difícil...

Agradecimientos

Quiero agradecer en primera instancia a mi director de tesis, y amigo, Bernardo Shirasago, quien con todo su apoyo ayudó a la realización de ésta tesis.

A mis padres, que desde siempre me han dado todo su apoyo, toda su paciencia, su confianza, pero sobre todo, su amor.

A mis hermanos, que me han dado varias lecciones de vida y muchas de ellas sin quererlo, no se imaginan cuanto los admiro.

A los revisores de ésta tesis, Dra. Adela Monreal, Dr. Manuel Uribe, Dr. Jorge Urbán y Dr. Miguel Ángel Alatorre, quienes ayudaron a realizar un buen trabajo con sus tan atinados consejos.

A Eder, Axel, Aldo y Julio, quienes me han dado ánimos para seguir adelante en los momentos que pensaba que ya no se podía seguir por éste camino, ustedes saben lo que significan y han significado desde siempre.

A Luis Torres y Jonathan Cárdenas por estar y escucharme cuando lo he necesitado.

A mis grandes amigos, Pedro y Diego, quienes después de tanto tiempo, siguen siendo parte importante de mi vida.

A David, Julio e Israel, los tres mosqueteros que me apoyaron en todo momento durante mi paso por la maestría y me ayudaron a enfrentar las adversidades.

A mis amigas Diana, Manuela, Deneb, Quetzal y Caty, quienes de alguna manera u otra me incitaron... a terminar éste proyecto.

A Lupita, Diana J., y Chantal, porque me han resuelto la vida en posgrado desde que entré y hasta que salí.

A mi gran amigo, Edgar, gracias por apoyarme siempre en todo momento y por confiar en mí.

A Sarita, quien de alguna extraña manera me ha ayudado a ir por el buen camino.

A Andrea, por abrirme las puertas de su casa cuando más lo necesité.

Finalmente, a esa personita tan especial que me acompañó desde el inicio de éste proyecto y no dejó que me venciera... Gracias Mago.

ÍNDICE GENERAL

Índice de Figuras y Tablas.....	II
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
Glosario.....	IX
Introducción.....	1
Antecedentes.....	5
Justificación.....	14
Área de estudio.....	15
Objetivo General.....	17
Objetivos Particulares.....	17
Método.....	18
Resultados.....	21
Discusión.....	53
Conclusiones y Recomendaciones.....	63
Bibliografía.....	65
Anexo.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.

Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de la Bahía de La Paz.....	16
Figura 2.- Mapa batimétrico de la Bahía de La Paz (de Nava-Sánchez <i>et al.</i> , 2001).....	16
Figura 3. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) y <i>B. physalus</i> (*) el 22 de marzo de 2001, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	25
Figura 4. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. physalus</i> (*) el 28 de junio de 2001, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).	26
Figura 5. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣), <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. physalus</i> (*) los días 20 y 21 de marzo de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	29
Figura 6. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣), <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. physalus</i> (*) los días 20 y 21 de marzo de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	29
Figura 7. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) los días 19 y 20 de marzo de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	32
Figura 8. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) los días 19 y 20 de marzo de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	32
Figura 9. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>M. novaeangliae</i> (♣) los días 06 y 07 de abril de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	33
Figura 10. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>M. novaeangliae</i> (♣) los días 06 y 07 de abril de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	34
Figura 11. Distribución de <i>B. physalus</i> (*), <i>M. novaeangliae</i> (♣) y <i>Balaenoptera acutorostrata</i> (Δ), el 30 de mayo de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	36
Figura 12. Distribución de <i>B. physalus</i> (*), <i>M. novaeangliae</i> (♣) y <i>Balaenoptera acutorostrata</i> (Δ), el 30 de mayo de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	36
Figura 13. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. musculus</i> (♦) el 01 de junio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	37

Figura 14. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. musculus</i> (♦) el 01 de junio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	38
Figura 15. Distribución de <i>B. edeni</i> (+), <i>B. musculus</i> (♦) y <i>B. physalus</i> (*), los días 05 y 07 de junio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m ³).....	39
Figura 16. Distribución de <i>B. edeni</i> (+), <i>B. musculus</i> (♦) y <i>B. physalus</i> (*), los días 05 y 07 de junio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	39
Figura 17. Distribución de <i>B. physalus</i> (*) y <i>M. novaeangliae</i> (♣), los días 06, 07 y 08 de julio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m ³).....	41
Figura 18. Distribución de <i>B. physalus</i> (*) y <i>M. novaeangliae</i> (♣), los días 06, 07 y 08 de julio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	41
Figura 19. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. physalus</i> (*), el 19 de julio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m ³).....	43
Figura 20. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. physalus</i> (*), el 19 de julio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	43
Figura 21. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. musculus</i> (♦), el 26 de febrero de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m ³).....	45
Figura 22. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) y <i>B. musculus</i> (♦), el 26 de febrero de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	46
Figura 23. Distribución de <i>B. edeni</i> (+), <i>B. musculus</i> (♦) y <i>M. novaeangliae</i> (♣) los días 03 y 04 de marzo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m ³).....	47
Figura 24. Distribución de <i>B. edeni</i> (+), <i>B. musculus</i> (♦) y <i>M. novaeangliae</i> (♣) los días 03 y 04 de marzo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	47
Figura 25. Distribución de <i>B. physalus</i> (*) y <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 18 de marzo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m ³).....	48
Figura 26. Distribución de <i>B. physalus</i> (*) y <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 18 de marzo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	49

Figura I. Distribución de <i>B. musculus</i> (♦) el 30 de Mayo de 1998, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	70
Figura II. Distribución de <i>B. musculus</i> (♦) el 30 de Mayo de 1998, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	70
Figura III. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 14 de junio de 1998, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	71
Figura IV. Distribución de <i>E. robustus</i> (ø) el 24 de enero de 1999, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	71
Figura V. Distribución de <i>E. robustus</i> (ø) el 24 de enero de 1999, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	72
Figura VI. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 17 de febrero de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila (mg/m ³).....	72
Figura VII. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 17 de febrero de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	73
Figura VIII. Distribución de <i>B. musculus</i> (♦) el 16 de marzo de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal clorofila “a” (mg/m ³).....	73
Figura IX. Distribución de <i>B. musculus</i> (♦) el 16 de marzo de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	74
Figura X. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 25 de marzo de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	74
Figura XI. . Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 25 de marzo de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	75
Figura XII. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 01 de abril de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	75
Figura XIII. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 01 de abril de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	76
Figura XIV. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 19 de agosto de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	76

Figura XV. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 19 de agosto de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	77
Figura XVI. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 23 de septiembre de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	77
Figura XVII. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 23 de septiembre de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	78
Figura XVIII. Distribución de <i>B. musculus</i> (♦) el 20 de febrero de 2001, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	78
Figura XIX. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 18 de mayo de 2001, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	79
Figura XX. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 04 de noviembre de 2002, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	79
Figura XXI. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 04 de noviembre de 2002, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	80
Figura XXII. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 16 de noviembre de 2003, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	80
Figura XXIII. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 16 de noviembre de 2003, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	81
Figura XXIV. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 16 de enero de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	81
Figura XXV. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 16 de enero de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	82
Figura XXVI. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 28 de mayo de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	82
Figura XXVII. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 28 de mayo de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	83
Figura XXVIII. Distribución de <i>B. borealis</i> (⊖) el 03 de agosto de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/ m ³).....	83

Figura XXIX. Distribución de <i>B. borealis</i> (Θ) el 03 de agosto de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	84
Figura XXX. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 16 de agosto de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	84
Figura XXXI. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 16 de agosto de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	85
Figura XXXII. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 16 de abril de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	85
Figura XXXIII. Distribución de <i>M. novaeangliae</i> (♣) el 16 de abril de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	86
Figura XXXIV. Distribución de <i>B. physalus</i> (*), el 08 de octubre de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	86
Figura XXXV. Distribución de <i>B. physalus</i> (*), el 08 de octubre de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	87
Figura XXXVI. Distribución de <i>B. physalus</i> (*), el 18 de febrero de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	87
Figura XXXVII. Distribución de <i>B. physalus</i> (*), el 18 de febrero de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).	88
Figura XXXVIII. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 01 de mayo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m ³).....	88
Figura XXXIX. Distribución de <i>B. edeni</i> (+) el 01 de mayo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).....	89

Tablas

Tabla 1.- Resumen de avistamientos de cetáceos por año, por especie desde 1998 hasta 2006, en la Bahía de La Paz.....	50
Tabla 2.- Correlación efectuada para <i>B. edeni</i>	51
Tabla 3.- Correlación efectuada para <i>B. physalus</i>	51
Tabla 4.- Correlación efectuada para <i>B. musculus</i>	52
Tabla 5.- Correlación efectuada para <i>M. novaeangliae</i>	52

RESUMEN

El análisis hidrográfico de los cuerpos costeros como las bahías, permite conocer la distribución de los principales parámetros físicos y su variabilidad, ya que representan áreas productivas causantes de generar condiciones favorables para la sobrevivencia de poblaciones marinas. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue analizar la distribución en espacio y tiempo de los Mysticetos presentes en la Bahía de La Paz, B.C.S., México y su posible relación con algunas variables ambientales durante los años 1998 a 2006. Se contó con una base de datos históricos de imágenes de satélite NOAA/AVHRR del tipo HRPT (High Resolution Picture Transmission), formato HDF (Hierarchical Data Format) con resolución espacial de 1.1 km y del Sensor SeaWiFS del Satélite Seastar, así mismo de 1.1 km de resolución con el mismo formato HDF, en promedio semanal de la bahía, donde se obtuvieron y cuantificaron datos de temperatura y clorofila "a" superficiales, respectivamente. Simultáneamente se obtuvieron los datos de profundidad de lugares donde se localizaron los individuos, ubicando las coordenadas de avistamiento sobre un mapa batimétrico. A su vez, se utilizaron registros de avistamientos de Mysticetos correspondientes a las temporadas cálida y fría. De dichos avistamientos se obtuvieron mapas de distribución, de 7 especies de Mysticetos registradas dentro del área. Una vez analizadas las imágenes de satélite y la distribución de los organismos, se elaboraron matrices con éstos datos, las cuales fueron sometidas a análisis de correlación de matrices. Los resultados mostraron una mayor abundancia de 4 de las 7 especies durante la época de estudio (*Balaenoptera edeni*, *B. physalus*, *B. musculus* y *Megaptera novaeangliae*). *B. edeni* mostró una correlación negativa con temperatura. *B. physalus* no presentó alguna relación estadísticamente significativa con los parámetros involucrados, al igual que *B. musculus*. Finalmente *M. novaeangliae*, sólo presentó correlaciones estadísticamente significativas con la profundidad.

Palabras clave: Mysticetos, imágenes de satélite, correlación, temperatura, clorofila "a".

ABSTRACT

The hydrographic analysis of the coastal bodies as the bays, allows to know the distribution of the main physical parameters and their variability, since they represent productive areas responsible of generating favorable conditions for the survival of marine populations. For this reasons, the objective of the present work was to analyze the spatial and temporal distribution of Mysticets present in the Bahía de La Paz, B.C.S., México and its possible relationship to environmental variables from 1998 to 2006. NOAA/AVHRR HRPT type (High Resolution Picture Transmission), HDF format (Hierarchical Data Format) with 1.1 km spatial resolution and weekly averaged SeaWiFS sensor with 1.1-km resolution and HDF format as well, of the bay, were used to quantify surface temperature and chlorophyll “a”, respectively. Simultaneously, depth data were obtained from a bathymetric chart with the coordinates recorded where individuals were observed, as well as Mysticets sighting records for warm and cold seasons. From these sightings distribution maps of 7 species were made. After analyzing the satellite images and the organism distribution matrices were obtained with these data, which were subjected to a matrix correlation analysis. The results showed a high abundance of 4 of the 7 species during the time of analysis (*Balaenoptera edeni*, *B. physalus*, *B. musculus* and *Megaptera novaeangliae*). *B. edeni* showed a negative correlation with temperature. *B. physalus* does not present any statistically significant relationship with the involved parameters, as well as *B. musculus*. Finally *M. novaeangliae* only presented significant correlations with depth.

Keywords: Mysticets, satellite images, correlation, temperature, chlorophyll “a”.

GLOSARIO

Ambiente: Es el conjunto de elementos físico-químicos, geológicos y biológicos interrelacionados, que producen los diferentes recursos que requieren los organismos para perpetuarse a través del tiempo.

Avistamiento: Observación de un cetáceo, ya sea sólo o en grupo, identificado a cualquier nivel taxonómico.

Ballena: Nombre genérico de uso común que se da a los cetáceos que presentan barbas (ver misticeto).

Cetáceo: Mamífero marino del Orden Cetacea, que se subdivide en Misticetos: con barbas (ballenas) y Odontocetos: con dientes (delfines y marsopas).

Eufáusidos: Son crustáceos marinos holoplanctónicos, también llamados krill. Presentan cefalización fusionada completamente al tórax (cefalotórax). Se caracterizan por presentar branquias externas adheridas a los apéndices torácicos y dos fases larvarias únicas del grupo. Son considerados segundos en importancia en los componentes del zooplancton, después de los copépodos. La palabra eufáusido deriva del griego *eu* = bueno o verdadero y *phausia* = asociado a brillante o que emite luz.

Filopatría: Fidelidad al sitio donde algunas especies u organismos llevan a cabo sus actividades de reproducción o alimentación.

Generalista: Es aquel organismo que presenta una amplia preferencia de las presas que consumen y tienden a alimentarse de presas de fácil capturabilidad.

Hábitat: Conjunto de recursos y condiciones ambientales de finidos espacio-temporalmente, que determinan la presencia, supervivencia y reproducción de una población o especie.

Migración. Movimiento masivo de individuos entre diferentes partes del ámbito hogareño de una población, con el fin de satisfacer necesidades de alimentación o reproducción.

Misticeto: Cetáceo que se caracteriza por presentar placas córneas en forma de barbas o escobillas en lugar de dientes, con las cuales filtran su alimento.

Nivel trófico: Posición o categoría en la que se clasifica un determinado organismo dentro de la cadena trófica, dicha posición está dada de acuerdo a la manera en la cual obtiene su materia y energía. Los organismos que obtienen su alimento a través del mismo número de pasos se consideran pertenecientes al mismo nivel trófico

Residente: Aquellos organismos o especies que tienen permanencia en una zona en particular, durante largos periodos de tiempo.

Remolinos Oceanográficos: Movimiento del agua, el cual presenta vorticidad, característica de un fluido en rotación. Dicha rotación puede ser anticiclónica, es decir en sentido de las manecillas del reloj, o ciclónica, rotación en contra de las manecillas del reloj, en el hemisferio norte, siendo contrarios en el hemisferio sur.

Rorcual: Del noruego *rorvhal*, ballena con surcos, perteneciente a la familia Balaenopteridae. Se caracterizan por presentar pliegues tegumentarios que corren en la parte ventral de la garganta, cuya función es permitir la expansión de la cavidad para engullir grandes cantidades de agua y alimento.

Sardinas: Pequeños peces que pertenecen a la familia Clupeidae, presentan una sola aleta dorsal localizada a la mitad del cuerpo, su cuerpo es plateado y su aleta caudal está furcada.

Surgencias: Movimientos ascendentes mediante los cuales las aguas de los niveles subsuperficiales son llevadas hasta la superficie debido a vientos (desde profundidades generalmente menores de 100 ó 200 metros) y removidas desde el área de transporte por el flujo horizontal, produciéndose así

un aporte de nutrientes a las aguas superficiales empobrecidas por el consumo biológico.

Masa de Agua: Un gran volumen de agua marina que puede ser reconocida por tener valores de salinidad y temperatura específicos. Pueden formarse por interacciones entre aire y mar o, por mezcla de dos o más cuerpos de agua. Una masa de agua se caracteriza en un diagrama T-S (Temperatura-Salinidad).

Imagen de satélite: Imágenes obtenidas mediante sensores instalados en plataformas satelitales. Las imágenes son matrices de celdas, formadas por un número variable de columnas y filas. Cada celda representa espacialmente un área geográfica indivisible, determinando así el detalle espacial mínimo discernible dentro de la imagen. El valor que contiene cada celda es la expresión en energía de algún parámetro, variable o característica que define a esa área geográfica. Tanto la dimensión del área geográfica que representa cada celda, como la cantidad diferente de valores que pueda contener, varía dependiendo del origen de la imagen.

Variable ambiental: Descriptor físico, químico, geológico y/o biológico que permite identificar una característica del ambiente.

INTRODUCCIÓN

El Golfo de California es un mar semicerrado, de aproximadamente 1 000 km de longitud y 150 km en su parte más ancha, con profundidades que varían de aproximadamente 200 m en el extremo norte a 3,600 m en la boca y ha sido definido por varios autores como un ecosistema altamente productivo (García-Pámanes y Lara-Lara, 2001). Se infiere que la circulación general y la variabilidad estacional del golfo, son influenciadas por procesos oceanográficos y atmosféricos que ocurren en el Océano Pacífico, tales como las fuerzas de la marea, intrusiones de masas de agua y movimientos de baja frecuencia, ejercidos en la boca del golfo y las interacciones no-lineales de todos estos movimientos con la topografía (Obeso-Nieblas *et al.*, 2008*). Dentro del golfo también ocurren procesos físicos (arrastre y mezcla por vientos, mezcla por mareas, intercambios de calor, evaporación, etc.) que afectan su dinámica y alteran las características de sus aguas (Lavín *et al.*, 1997). El Golfo de California puede ser considerado como un laboratorio natural, dentro del cual coexisten fenómenos físicos de diferentes escalas espaciales y temporales. Asimismo, es una región de gran complejidad ecológica e interés pesquero. Debido a su posición geográfica y características oceanográficas, es considerado interesante para el estudio de comunidades biológicas. La heterogeneidad ambiental, elevada productividad primaria y procesos oceanográficos que presenta, permite la presencia de alta diversidad y abundancia de especies comunes y de importancia comercial (Cisneros-Mata *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 2000).

Entre las zonas de mayor utilidad para el hombre en el medio marino, se encuentran las bahías, lagunas y estuarios, estas zonas son de gran importancia científica, ya que son áreas de refugio, reproducción, crianza y alimentación para muchas especies (Sánchez-Velasco *et al.*, 1996; Obeso, 1987). En éstos lugares y sus alrededores existen sitios de asentamientos humanos para fines de recreación, turismo, actividades comerciales de pesca, maricultivos, etc; además de ser receptores de desechos de las poblaciones aledañas. En virtud de lo

anterior, se hace necesario el conocimiento integral de los procesos químicos, físicos y biológicos, así como su variabilidad espacial e interanual en estos cuerpos de agua (Obeso *et al.*, 2001).

La Bahía de La Paz se encuentra dentro del Golfo de California y es el cuerpo de agua protegido más extenso de sus costas occidentales. Cuenta con una alta complejidad oceanográfica, una importante actividad biológica y pesquera, con una reciente actividad turística. Además interactúa con la zona oceánica adyacente mediante dos bocas permanentes que varían en dimensión y profundidad, la Boca Norte, de mayor profundidad y Canal San Lorenzo, más estrecho y somero. A través de éstas la bahía se ve sujeta a un forzamiento dinámico, pues además de las mareas, entran a la bahía ondas de diferentes escalas y perturbaciones causadas por tormentas, entre otras. La Bahía de La Paz representa un importante capital ecológico; su situación geográfica, la protección que ofrece contra fenómenos meteorológicos y la abundancia de sus recursos naturales, propiciaron que en este lugar se estableciera un importante polo de desarrollo en el estado de B.C.S. Por éstas razones la bahía se ha convertido en una región de gran interés científico y económico para el noroeste de México (Urbán y Ramírez, 1997; Obeso, *et al.*, 2001; Obeso *et al.*, 2002).

Por su importante comunicación con el Golfo de California, es de esperarse que las aguas de la bahía sean influenciadas (sobre todo en su parte profunda), por las condiciones oceanográficas que prevalecen en la región central y sur del Golfo de California. Los procesos de mesoescala que ocurren en el sur del golfo, determinan en gran parte las condiciones hidrográficas de la bahía (Obeso-Nieblas *et al.*, 2008*). Los cambios anuales en el nivel del mar, están relacionados con cambios en la temperatura y salinidad de la columna de agua, forzados local y remotamente por el Océano Pacífico (Bernal, *et al.*, 2001).

A su vez, en la bahía también ocurren procesos físicos (arraste y mezcla por viento, mezcla por mareas, intercambio de calor, evaporación, etc.) que afectan su dinámica y alteran las características de sus aguas. Debido a esto, la estructura termohalina de la bahía, podría presentar diferencias con las del Golfo de California, pudiendo adquirir características particulares (Obeso, 2003).

En las costas occidentales de la península de Baja California se distribuyen 31 especies de mamíferos marinos, 34 en el Mar de Cortés, 31 en el Golfo de México y Mar Caribe y 30 en el Pacífico sur. En el Golfo de California se encuentran representadas el 37% de las especies de cetáceos existentes en el planeta y el 82% de todas las especies de mamíferos marinos del Pacífico Nororiental (Chávez, 2006). Es difícil encontrar otra área tan pequeña que concentre tanta diversidad como ésta, considerando el espacio que representa en relación con las grandes extensiones marítimas de distribución global de estos organismos. En esta región están presentes ocho de las trece especies del suborden de las ballenas y se localiza el único mamífero marino endémico del país (vaquita marina), que es el cetáceo más pequeño del mundo (Guerrero-Ruiz, 2005; Urbán *et al.*, 2005).

Misticetos en la Bahía de La Paz.

Los cetáceos barbados (suborden *Mysticeti*) están representados en la bahía por siete de las once especies conocidas, pertenecientes a dos de las cuatro familias existentes, la de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) (Familia *Eschrichtidae*) y la de los rorcuales; Ballena azul (*Balaenoptera musculus*); Rorcual común (*Balaenoptera physalus*); Rorcual de Sei (*Balaenoptera borealis*); Rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*); Rorcual minke (*Balaenoptera acutorostrata*); y Rorcual jorobado (*Megaptera novaeangliae*) (Familia *Balaenopteridae*) (Urbán y Ramírez, 1997).

La zona de la Bahía de La Paz resulta adecuada para muchas especies de cetáceos, proporcionando potencialmente un gran número de nichos ecológicos y destacando, entre otros factores, la disponibilidad de alimento. Aunque la competencia interespecífica y las estrategias reproductivas afectan la distribución de los cetáceos (o algún aspecto energético), los estudios de éstos indican que la mayoría de estas ballenas deben alimentarse todos los días (Smith y Gaskin, 1974; Lockyer, 1981; Kenney & Winn, 1986) y se asume que el hábitat es principalmente determinado por la disponibilidad de alimento (Kenney y Winn, 1986). De esta manera, en esta región encontramos especies residentes que, en otras partes del mundo se caracterizan por sus movimientos migratorios, como es el caso del rorcual común, el rorcual tropical y algunos individuos de ballena jorobada y ballena gris (Urbán y Ramírez, 1997); para la ballena azul, la región es importante para su reproducción y alimentación; además para la ballena jorobada, el Golfo de California representa una de las regiones más importantes del Océano Pacífico donde realiza sus actividades reproductivas, mientras que para la ballena gris esta región representa una zona secundaria de reproducción. (Del Angel, 1997; Gendron, 1990; Martínez, 2005). Así mismo, las condiciones ambientales, influenciadas por los fenómenos oceanográficos, juegan un papel relevante durante el ciclo de vida de las especies. Por lo cual, la distribución de las especies oceánicas, probablemente se une a la dinámica de la bahía a través de las interacciones físico-biológicas y relaciones tróficas entre el fitoplancton, el zooplancton y otras especies presas de estas grandes ballenas. Por lo tanto, la adecuada administración de los recursos, requiere del conocimiento de la dinámica poblacional y de los posibles efectos que el ambiente pudiera tener en ellos, que conlleve a la evaluación y de terminación de estrategias para la conservación y manejo óptimo de estos recursos (Bakun, 1996; Gaskin, 1982).

Debido a la amplia gama de recursos y ecosistemas costeros con que cuenta México en términos de litorales y superficie marina, ocupa el décimo segundo lugar entre los mejor dotados a nivel mundial (Urbán y Ramírez, 1997). El estudio y caracterización de las áreas en las que estos animales se distribuyen,

son de gran importancia para la determinación de áreas con especial interés en el manejo de especies protegidas, así como en la planeación y ejecución de programas y políticas de manejo. Además, los estudios sobre distribución y diversidad son útiles ya que desde el punto de vista ecológico, los misticetos son consumidores secundarios o terciarios y su presencia refleja el estado de la producción primaria del medio y por ende la salud del ambiente (Gaskin, 1982).

ANTECEDENTES

Debido a la complejidad oceanográfica y biológica del Golfo de California, éste ha sido objetivo de diversos estudios en diferentes ámbitos, como el realizado por Maluf (1983), quien menciona que desde el sur de Isla Tiburón hasta la altura de La Paz-Topolobampo, se presentan varias subcuencas, con baja amplitud de mareas e importantes surgencias estacionales. De igual manera, Marinone y Ripa (1988) y Ripa y Marinone (1989) estudiaron ésta parte del golfo y reportaron una circulación estacional de dos capas, registrando un flujo en la capa superficial de los 100m hacia el sur en invierno y hacia el norte en verano, con un flujo compensatorio en profundidad. La termoclina es también desarrollada todo el verano, siendo máxima en agosto (Álvarez-Borrego, 1983). Soto-Mardones *et al.* (1999), menciona que ésta zona muestra importantes diferencias de temperatura entre invierno y verano, donde ocurren mínimos de salinidad superficial. Aquí se presenta una importante generación de remolinos ciclónicos y anticiclónicos que ocupan todo su ancho. Este tipo de estructuras se han detectado durante todo el año.

Al sur del golfo se pueden apreciar características más oceánicas, pendientes pronunciadas, menores niveles de salinidad, mayores precipitaciones, así como una gran influencia del Pacífico (Maluf, 1983). Referente a la entrada del Golfo de California, Castro *et al.* (2000), describieron que la variabilidad decrece rápidamente debajo de los 100 decibares y que el enfriamiento subsuperficial en la mitad de la sección del golfo fue más fuerte durante el invierno y la primavera, época cuando el intercambio de calor entre el golfo y el Océano Pacífico es mayor y sugieren que los intercambios de calor se dan por alternancia de flujos de entrada y salida de masas de agua de mayor temperatura (superficial) y menor temperatura (subsuperficial). Bernal *et al.* (2001), exploraron la variabilidad oceanográfica y climática en el Golfo de California, así como las relaciones entre el clima y oceanografía del bajo golfo y la variabilidad física observada en el Océano Pacífico a escalas de interanuales a decadales, plantearon que el exceso

de calor aportado por aguas tropicales superficiales (debido a la intensificación de los eventos de El Niño a partir de los años ochenta), junto con el calentamiento de las aguas (observado a lo largo del siglo pasado), son disipados parcialmente por vientos invernales más fríos e intensos, derivados de cambios en los patrones de circulación atmosférica del Pacífico Norte y capturados por las anomalías positivas de la Oscilación Decadal del Pacífico Norte y proponen que éste proceso controla la variabilidad oceanográfica, especialmente detectado a partir de la década de los años setenta cuando la temperatura superficial del mar muestra un cambio en el signo de su respuesta a los vientos, fenómeno que no fue observado en décadas anteriores.

En la Bahía de La Paz se han realizado numerosos estudios del tipo físico, químico, geológico y biológico, así como trabajos en las aguas adyacentes a la bahía. Entre los estudios más relevantes de hidrología se pueden mencionar los realizados por Jiménez *et al.* (1994), quienes reportaron la presencia de una capa de mezcla durante el invierno, cuando los vientos son muy intensos y persistentes. Monreal-Gómez *et al.* (2001), identificaron masas de agua y una circulación ciclónica en Bahía de La Paz, durante junio de 1998, la cual provocó un régimen baroclínico en la bahía, con una influencia aproximada de 150 metros de profundidad. Obeso (2002), determinó condiciones oceanográficas, durante el fenómeno de El Niño 1997-1998, analizando datos hidrográficos obtenidos con CTD durante los muestreos realizados de 1996 a 1998, concluyendo que, durante el periodo de El Niño 1997-1998, las condiciones oceanográficas en la columna de agua fueron afectadas, propiciando incrementos de temperatura entre 2°C y 4°C. Relativo a las mareas y oleaje, se pueden mencionar los trabajos realizados por Obeso (1987), quien realizó la simulación de la propagación de la constituyente M_2 de la marea, mediante la aplicación de un modelo hidrodinámico numérico, para obtener la variación superficial del mar, siendo ésta, semidiurna.

Para analizar la relación que guardan los mamíferos marinos con su entorno, es importante estudiar el comportamiento de sus presas. Referente a esto Sánchez-Avelar (2005), analizó la distribución de la concentración de biomasa zooplanctónica y su relación con algunos aspectos de la hidrografía de la Bahía de La Paz, donde además de datos *in situ*, utilizó imágenes de satélite. Observó que dichos organismos responden de forma negativa con temperatura durante el verano, es decir, las concentraciones de biomasa fueron mayores donde la temperatura era más baja. Además, encontró durante la misma época que la densidad y clorofila "a" también tuvieron influencia sobre las concentraciones, pero de forma positiva. Finalmente, en invierno observó que sólo la clorofila "a" tuvo una influencia positiva en la distribución de la biomasa.

Se revisaron los trabajos sobre diversidad, abundancia de especies y patrones de distribución de la comunidad de eufáusidos en la Bahía de La Paz, debido a que son organismos importantes en la dieta de los misticetos. De Silva-Dávila & Palomares-García (2002) observaron una comunidad formada por siete especies con afinidad ecuatorial. Basados en los valores de abundancia y distribución de las especies ecuatoriales y transicionales, sugirieron que éstas se asociaron con la presencia de las masas de agua del Golfo de California. También encontraron que *Nyctiphanes simplex* fue la especie dominante de la comunidad y que su abundancia se encontró asociada a la alta biomasa zooplanctónica. Finalmente, sugieren que los patrones de distribución de las especies, reflejan una frontera dinámica (entre el régimen nerítico y el oceánico en la bahía), asociada a un giro ciclónico en la región norte de la bahía.

Referente a trabajos de mamíferos marinos, Brown y Winn (1989), estudiaron la relación entre modelos de distribución de ballena franca (*Eubalaena glacialis*) y la estructura térmica superficial del mar, derivados de datos satelitales, en Great South Channel (Maine, USA), donde encontraron que la mayoría de las ballenas estuvieron presentes al norte del frente térmico, en las aguas calientes

más es estratificadas. Gendron en 1990, estudió la relación entre la abundancia de euphausiidos y de ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California, así mismo, señaló que el rorcual azul utiliza la parte suroeste del Golfo para alimentarse durante su estancia en estas aguas. Gendron (1992) documentó cambios en la riqueza y equidad específica de los cetáceos, asociados con el efecto de El Niño Oscilación del Sur (ENSO) en la Bahía de La Paz. Chávez en 1995, realizó una estimación poblacional del rorcual tropical *Balaenoptera edeni* en la Bahía de La Paz, encontrando que existe una sola población de dicha especie, que se distribuye en forma de agregaciones estacionales. Fiedler *et al.* (1998), estudiaron el hábitat de la ballena azul y su presa en el Canal de Islas, California, en su estudio, la mayor parte de ballenas fueron encontradas en aguas frías, bien mezcladas y en aguas productivas que presentaban surgencia a lo largo de la costa al norte de Punta Concepción.

Un análisis de las asociaciones del hábitat de Ballenas Azules con sensores remotos en el noroeste del Océano Pacífico lo realizaron Moore *et al.* (2002). Encontraron que los individuos se localizaban en aguas relativamente frías y productivas, según lo indicado por las imágenes de temperatura superficial y clorofila "a". En 2004, Calambokidis *et al.*, examinaron la distribución de mamíferos marinos en la costa norte de Washington durante los veranos de 1995 a 2002, donde encontraron que la ballena jorobada fue la especie de cetáceos más común, siendo vistas todos los años, con una mayor densidad de avistamientos en el 2002. Jaume (2004), estudió los hábitos alimentarios del rorcual común en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono y observó que, la dieta de dicho rorcual varía durante la temporada cálida y fría dentro del golfo. Gómez (2004) estudió el uso de la Laguna San Ignacio por la ballena gris, así como la filopatría de los organismos a dicha área, durante las temporadas invernales 1996 y 1997. La ballena azul ha sido sujeto de estudio de varios autores, en 2005, Martínez estudió las asociaciones entre individuos de ballena azul en el suroeste del Golfo de California a diferentes escalas. Encontró que existe un patrón definido con el cual se agregan las ballenas azules en esta

área y contribuyó con nuevas evidencias sobre el uso de la zona por parte de ambos sexos para actividades de crianza, alimentación y posible reproducción.

Chávez (2006), caracterizó el hábitat de grandes cetáceos en el Golfo de California durante invierno, donde midió variables ambientales *in situ*, temperatura, coloración y concentración de clorofilas superficial del mar, biomasa zooplanctónica, abundancia relativa de eufáusidos y profundidad. Además utilizó datos de temperatura superficial y clorofila "a" de imágenes satelitales. Encontró que el Golfo de California presenta al menos tres patrones distintos de hábitats que propician la segregación espacial de tres especies de grandes cetáceos (*Physeter macrocephalus*, *Balaenoptera musculus* y *Balaenoptera physalus*). También en 2006, Acevedo *et al.*, estudiaron la filopatría de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), al área de alimentación del estrecho de Magallanes y encontraron una alta fidelidad de los organismos a dichas áreas, tanto de hembras como de machos.

En 2007 se realizó un estudio sobre la influencia de frentes térmicos en la selección de hábitat, conducido por Doniol-Valcroze y colaboradores, referente a cuatro especies de ballenas (*Balaenoptera musculus*, *B. acutorostrata*, *B. physalus* y *Megaptera novaeangliae*) en el Golfo de St. Lawrence, encontrando una alta correlación entre frentes térmicos y la distribución de los organismos. También observaron que las distribuciones espaciales fueron diferenciadas entre las especies, a lo que explicaron que probablemente es un reflejo de las diferentes estrategias alimenticias. Salvadeo (2008) estudió los cambios en la estructura de la comunidad de Odontocetos en la parte sur occidental del Golfo de California, relacionados con variables ambientales (como la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila "a") obtenidas a partir de imágenes satelitales, entre septiembre de 2003 y marzo de 2006. Observó un desfase temporal entre los picos de productividad y una mayor presencia de Odontocetos, así como un dinamismo estacional en la estructura de la comunidad y uso del hábitat. García-Morales (2008), realizó un análisis de la variabilidad superficial de mesoescala en

el Golfo de California y la relación que dicha variabilidad guarda con la distribución y abundancia relativa de Mysticetos durante las épocas cálidas y frías de los años 2005 y 2006. O btuvo u n t otal 3 2 c orrelaciones d e t odos l os pa rámetros (organismos, fenomenología, clorofila “a” y temperatura superficial del mar), para las cuatro temporadas de estudio e infirió que la distribución de cetáceos muestra una correlación significativa con l as v ariables am bientales y e structuras de mesoescala.

Con respecto a Mysticetos en la Bahía de La Paz, Flores-Ramírez, *et al.* (1996), analizaron el cambio espacial y temporal de la diversidad de cetáceos y su relación c on el c ambio anual y estacional d e l a t emperatura, t ransparencia d el agua, e inferencias y reportes sobre la disponibilidad de alimento. En el estudio, se registraron seis especies de Odontocetos y seis de Mysticetos. Del Ángel (1997), estudió los hábitos alimenticios y la distribución espacio-temporal de *Balaenoptera physalus* y *B. musculus* en la bahía, donde encontró que *B. physalus* hizo un uso más amplio en tiempo y espacio del área de estudio; mientras que *B. musculus* manifiesta una distribución más restringida y propone que la segregación espacial y temporal constituyen parte de los mecanismos de repartición de recursos en esta región subtropical.

Descripción de las especies

Para analizar la distribución de las especies dentro del área de estudio, es necesario entender la biología de las mismas, por tanto, a continuación se hace una breve descripción de éstas.

Los machos adultos de *Eschrichtius robustus* (ballena gris) pesan alrededor de 16 toneladas y miden hasta 14.3 metros. Las hembras miden hasta 15 metros y preñadas pueden llegar a pesar hasta 30 toneladas. Al nacer, los ballenatos pesan media tonelada y miden 4.6 metros. Como su nombre lo indica la coloración de su piel es de un tono gris, con algunas manchas o medias lunas principalmente en el dorso. No tienen aleta dorsal sino unas jorobas bajas y redondas en la parte

posterior de su espalda (Sánchez, 1991). Se puede encontrar en el Pacífico Norte y está representada por dos poblaciones: la casi extinta población asiática y la numerosa población americana. Esta última realiza migraciones siguiendo la línea de costa desde los mares de Behring, Chukchi y Beaufort, hasta de la Península de Baja California y el Golfo de California. Entre diciembre y abril se concentra principalmente en las lagunas Ojo de liebre, San Ignacio y el complejo lagunar de Bahía Magdalena. En el Golfo de California se pueden encontrar, principalmente en el área de Yavaros, Sonora, y en la Bahía de Santa María en Sinaloa. Su alimento lo obtienen en su mayoría durante los meses de verano en el Ártico, y consiste principalmente de anfípodos y camarones. Durante su estancia en aguas mexicanas generalmente ayunan, aunque se ha documentado que en ocasiones se alimentan de sardinas (Rice y Wolman, 1971).

Balaenoptera musculus (ballena azul) es el mamífero más grande que habita en la Tierra, llega a medir hasta 30 metros y pesa alrededor de 100 toneladas, con tamaños ligeramente superiores en las hembras que en los machos. Habita todos los océanos del mundo y generalmente se la encuentra a lo largo de la plataforma continental. En el Pacífico Oriental Tropical se han identificado dos áreas, principalmente durante el invierno y la primavera, una es la denominada "domo de Costa Rica" y la otra se encuentra en las costas de la Península de Baja California. Es el balénido con barbas más largas en su boca (50 cm de ancho por 100 cm de longitud). Se alimenta de krill en aguas del antártico, donde pasan aproximadamente ocho meses del año. Durante los meses de invierno migran hacia aguas más cálidas en donde dan a luz a sus crías. (Jefferson, *et al.*, 1993). Dentro del Golfo de California, este rorcual se ha visto alimentándose del eufáusido *Nyctiphanes simplex*. Además puede consumir cardúmenes de peces pelágicos menores en la zona (Del Ángel 1997). Su tasa de natalidad es muy baja ya que les toma alrededor de 10 años desarrollarse hasta la madurez y sólo tienen una cría en un periodo de entre 2 y 5 años (Jefferson, *et al.*, 1993).

Balaenoptera physalus (Rorcual común) alcanza unos 25 metros de longitud y llega a pesar hasta 65 toneladas. Los machos son más pequeños, con longitudes entre 21 y 23 metros. Las crías al nacer pesan alrededor de 3 toneladas. El rorcual común habita todos los mares del mundo pero son muy raros en aguas tropicales. En el Pacífico Oriental Tropical sólo se conoce su presencia en aguas oceánicas muy lejanas a las costas. En el Golfo de California la población de este rorcual es residente. La relación que existe entre las poblaciones del Pacífico Norte y del Golfo de California no se ha estudiado y aunque se tienen numerosos registros de estas ballenas en el área del golfo durante todo el año, son más abundantes en invierno y primavera, principalmente en la región de las Grandes Islas (Canal de Ballenas, Canal de Salsipuedes, Puerto Libertad) y en la costa suroccidental del Golfo de California. El período de gestación es de 11 a 12 meses. Las crías permanecen junto a sus madres unos seis meses. La dieta del rorcual común es muy variada y es considerado un organismo generalista. Se conoce la importancia de los eufáusidos como alimento en la temporada fría (invierno-primavera) para este mamífero pero también puede cambiar su dieta durante la temporada cálida por organismos de mayor nivel trófico, como sardinas juveniles. Un adulto tiene entre 260 y 480 barbas en cada lado de la boca (Jefferson, *et al.*, 1993; Urbán y Ramírez, 1997; Jaume, 2004).

Balaenoptera borealis (Rorcual de Sei) llega a medir alrededor de 16 metros y pesa alrededor de 20 toneladas. Las crías al nacer miden 4 a 5 metros. Estas ballenas habitan principalmente aguas frías y templadas fuera de la plataforma continental. En comparación con otras especies, es difícil predecir los movimientos migratorios de estos rorcuales, ya que no frecuentan los mismos sitios cada año. Lo que se sabe, es que migran anualmente desde las aguas frías subpolares en verano a aguas tropicales en invierno. En el Pacífico Oriental se distribuyen durante el invierno por lo menos hasta el Archipiélago de Revillagigedo. En el Golfo de California sólo se han visto en temporada de invierno al norte de la Isla del Carmen, cerca de Los Islotes en la Bahía de La Paz y en la Bahía de Banderas, Nayarit. Este rorcual se mueve solo o en pequeños grupos. Los grupos

grandes han sido avistados muy o casualmente en bancos de alimento abundante. Esta especie se alimenta de pequeños peces, calamares y plancton (Jefferson, *et al.*, 1993; Urbán y Ramírez, 1997).

Balaenoptera edeni (Rorcual tropical) se caracteriza por habitar exclusivamente aguas tropicales y subtropicales. En el Pacífico Oriental Tropical se distribuyen ampliamente tanto cerca como lejos de la costa. En la costa occidental de la península de Baja California, se pueden observar particularmente en las aguas cercanas a Bahía Magdalena. En el Golfo de California es frecuente encontrarla, especialmente durante el verano y otoño, en la región de las Grandes Islas, especialmente en Canal de Ballenas, en las aguas cercanas a Loreto y en la Bahía de La Paz. Esta especie se alimenta con frecuencia de peces pelágicos como la sardina, el arañque, el salmonete y anchovas; sin embargo, también se alimenta de cefalópodos y crustáceos pelágicos (Jefferson, *et al.*, 1993; Urbán y Ramírez, 1997).

Balaenoptera acutorostrata (Rorcual de Minke) es una de las ballenas más pequeñas pues alcanza alrededor de los 10 metros de longitud y pesa hasta 10 toneladas. Las crías al nacer miden 2.4 a 2.8 m de longitud, pesando 300 kg y con un período de lactancia menor de seis meses. Esta especie se encuentra en todos los océanos del mundo, tiene una marcada preferencia por aguas templadas y frías y es poco frecuente en aguas tropicales. En el Pacífico Oriental Tropical no se tienen registros de esta especie. En el Golfo de California se le ha visto ocasionalmente por la Bahía de San Luis Gonzaga del Golfo de Santa Clara, cerca de San Felipe, por las islas San Pedro Mártir y del Carmen y por la región central del Golfo. Se alimenta de krill y cardúmenes de peces pequeños (Jefferson, *et al.*, 1993; Urbán y Ramírez, 1997).

Megaptera novaeangliae (Ballena jorobada) llega a medir hasta 17 metros y alcanzar un peso de hasta 45 toneladas. El ballenato mide al nacimiento entre 4 y 4.5 m y pesa aproximadamente 700 kg. La especie habita en todos los océanos.

En el Pacífico Oriental Tropical se localiza una de las zonas de agregación invernal, dentro de la cual, se pueden distinguir tres concentraciones discretas: la del Archipiélago de Revillagigedo; la de la costa continental, desde la altura de Mazatlán, Sinaloa, hasta el Golfo de Panamá; y la de las aguas adyacentes al extremo sur de la Península de Baja California. En estas áreas se puede observar desde noviembre hasta mayo, teniendo un mayor número de registros durante los meses de febrero y marzo. En el Golfo de California, en su región norte y de las Grandes Islas, existen algunos registros de esta especie durante las cuatro estaciones del año, lo que indica que algunas ballenas jorobadas permanecen dentro del golfo y no realizan la migración "normal" hacia las aguas frías del Pacífico Norte. La especie se alimenta exclusivamente durante el verano y vive de sus reservas de grasa durante el invierno. Es un depredador activo que come Krill y peces pequeños en cardumen como arenque, capelin o lanzón, ya sea por ataque directo o golpeando el agua con sus aletas para aturdirlos previamente (Jefferson, *et al.*, 1993; Clapham, 1996).

JUSTIFICACIÓN

Existen diversos estudios sobre las relaciones entre la distribución y abundancia de los cetáceos y las condiciones ambientales existentes al momento de los avistamientos. La mayoría de ellos realizados en áreas oceánicas diferentes a la de interés de éste trabajo. Además, los pocos trabajos realizados dentro de la Bahía de La Paz, no integran la dinámica propia de la bahía y sus variaciones estacionales, con la distribución de Mysticetos, por lo que la representación de sus hábitats se ha limitado a la descripción de la distribución de algunos parámetros ambientales. Aunado a esto, la Bahía de La Paz se presenta como un escenario ideal para el estudio de los mamíferos marinos, tanto desde el punto de vista ecológico, dadas las interesantes características fisiográficas y biológicas de ésta, como desde el punto de vista de manejo de recursos. Las actividades ecoturísticas y el importante desarrollo que ha sostenido en los últimos años la Ciudad de La Paz, son cada vez más intensas y el complejo problema de la interacción de los mamíferos marinos con la pesca ribereña, son ejemplos de la necesidad de estos estudios (Urbán y Ramírez, 1997), además de la alta diversidad de especies de mamíferos marinos que se presenta en la bahía, especialmente de Mysticetos.

En el presente trabajo se hace un análisis mediante imágenes de satélite de temperatura superficial del mar y de concentración de clorofila "a", en la bahía, obteniendo así una visión sinóptica de las condiciones presentes de éstos parámetros, durante las fechas de avistamientos. Lo anterior, con el fin de entender los procesos oceanográficos observables con este tipo de técnicas satelitales, ocurridos durante los años de estudio, mismos que afectan directa e indirectamente la distribución de ballenas en ésta zona. Se pretende proporcionar elementos que permitan comprender la interacción de los organismos con su ambiente y a su vez observar el efecto que tiene sobre la distribución y abundancia de estos cetáceos en el área de estudio.

Por éstas razones, es importante llevar a cabo estudios como el presente, referentes a conocer en primera instancia, algunas condiciones

generales de la bahía y por otra parte, auxiliados de la biología y distribución de los Mysticetos, contribuir a entender su presencia dentro de la bahía.

ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de la Paz, se localiza dentro del Golfo de California, entre los 24.1° y 24.8° de latitud norte y entre los 110.2° y 110.8° de longitud oeste (figura 1). Es la Bahía más grande en la Costa Oriental de Baja California. Sus aguas son profundas en una parte importante de su extensión con un umbral en la boca norte, frente a la Isla San José, presentando al noreste la parte más profunda, llamada Cuenca Alfonso, con una profundidad aproximada de 410 m. La profundidad disminuye gradualmente de la porción media hacia el sur, hasta llegar a una parte somera con pendientes suaves y playas extensas (figura 2). La comunicación con el Golfo de California ocurre a través de dos bocas, el Canal San Lorenzo (somero y estrecho) y "La Boca Norte" (de mayor tamaño y profundidad). El régimen de marea en la bahía es mixto semidiurno (Obeso, 2003). Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas (1989), mencionan que el clima de la bahía es cálido y seco, con lluvias escasas todo el año, en su mayoría presentes en verano e invierno con su máxima precipitación entre junio y octubre, asociada a vientos del sureste o huracanes. La precipitación promedio anual es de 180mm, la evaporación promedio anual es de 215mm y la humedad relativa oscila entre 62 y 70%, siendo ésta, importante en las regiones oceánicas debido a su efecto sobre la salinidad del agua de mar y su importancia en la transferencia de calor (Obeso, 2003). La radiación solar máxima se presenta al final del verano y la mínima al inicio del invierno. Los vientos dominantes durante los meses de noviembre a mayo soplan en la mañana desde el noroeste y después del crepúsculo desde el sur, el resto del año los vientos dominantes provienen del sureste y suroeste (Jiménez *et al.*, 1997).

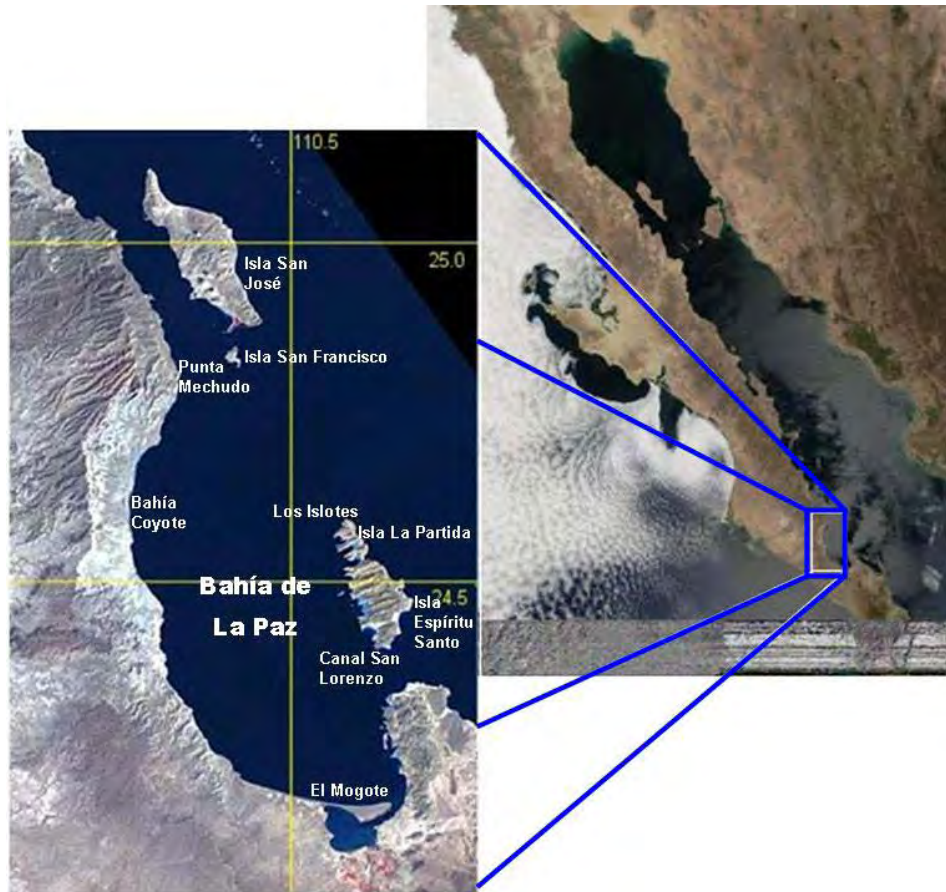


Figura 1. Ubicación geográfica de la Bahía de La Paz

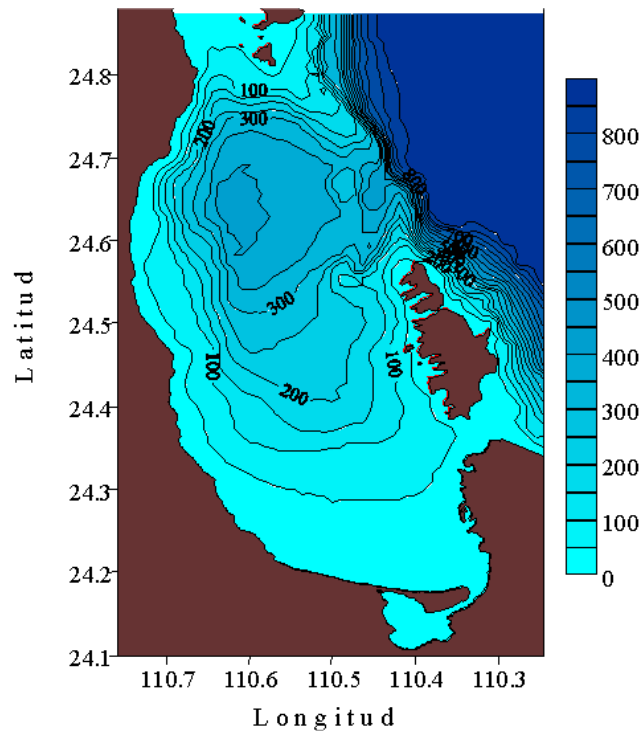


Figura 2.- Mapa batimétrico de la Bahía de La Paz (de Obeso, 2003).

OBJETIVO GENERAL

Analizar la distribución en espacio y tiempo de los Mysticetos presentes en la Bahía de La Paz y su posible relación con algunas variables ambientales durante los años 1998 a 2006.

OBJETIVOS PARTICULARES

Describir las condiciones de temperatura y clorofila “a” superficiales en la bahía, mediante imágenes de satélite.

Obtener y describir la distribución espacio-temporal de algunos Mysticetos dentro de la Bahía de La Paz.

Inferir las posibles relaciones existentes entre la distribución de los organismos y las variaciones ambientales de clorofila “a” y temperatura superficiales.

Inferir si existe relación entre la distribución de ballenas y la batimetría de la bahía.

MÉTODO

Procesamiento de imágenes de satélite.

Se contó con una base de datos históricos de imágenes de satélite en promedio semanal de la Bahía de La Paz, de donde se obtuvieron datos de temperatura y clorofila “a” superficiales.

Se realizó un análisis con imágenes de satélite NOAA/AVHRR del tipo HRPT (High Resolution Picture Transmission), formato HDF (Hierarchical Data Format) con resolución de 1.1 km². Se analizaron con el procesador de imágenes de satélite WIM 6.36 (Windows Image Manager), con el cual se obtuvieron los datos de temperatura superficial del mar, presentes en el punto y fecha del avistamiento. De igual forma, se obtuvieron imágenes del Sensor SeaWiFS del Satélite SeaStar, de 1.1 km de resolución con el mismo formato HDF, para la detección y cuantificación de clorofila “a”. Estas imágenes también fueron manipuladas y analizadas con el software WIM, para obtener los datos de concentración de clorofila “a” correspondientes a los puntos de avistamiento. Se realizaron los análisis de imágenes correspondientes a 29 muestreos de avistamientos de ballenas, realizados durante las temporadas cálida y fría, desde 1998 hasta 2006.

Simultáneamente se obtuvieron los datos de profundidad del lugar donde se localizaron los individuos, ubicando las coordenadas de avistamiento sobre un mapa batimétrico.

Avistamientos de Mysticetos.

Se obtuvieron registros de avistamientos de Mysticetos correspondientes a las temporadas cálida y fría desde 1998 hasta 2006, en la Bahía de La Paz.

Las observaciones se realizaron desde dos tipos de embarcaciones. Unas con 21 pies de eslora y motor fuera de borda, mientras que en otros casos las observaciones se realizaron desde una embarcación de 45 pies de eslora, 14 de manga y 18 de altura. En cada avistamiento se registró la posición geográfica con la ayuda de un geoposicionador global (GPS), hora inicial y final del avistamiento, algunas condiciones ambientales (como temperatura superficial del mar), así como la o las especies observadas, número de individuos y el tipo de actividad de los Mysticetos observados, asociaciones con otros organismos y observaciones en general sobre toma de fotografías. Se utilizaron cámaras fotográficas digitales para confirmar la identificación.

Mapas de distribución.

Una vez obtenidos los mapas para ambas variables (temperatura y clorofila "a"), correspondientes a las fechas de avistamiento, se elaboraron los mapas de distribución de los organismos con el programa WIM 6.36.

Los organismos de las diferentes especies que se observaron durante los días del promedio, fueron ubicados sobre los mapas, diferenciando con un símbolo específico para cada especie. El color de las marcas varió debido a la amplia gama de colores en las imágenes satelitales, guardando siempre la misma marca para cada especie. De ésta manera se obtuvieron las distribuciones por especie y por fecha y al mismo tiempo, se observaron las coincidencias que tuvieron de las especies dentro de la Bahía de La Paz, en una determinada fecha de muestreo.

Análisis estadístico.

Una vez terminado el análisis de imágenes y la elaboración de los mapas de distribución, se obtuvieron dos matrices de datos, una con los valores de los datos físicos y otra con el número de avistamientos por especie, llamada matriz de datos biológicos. Ambas matrices fueron sometidas a un análisis de correlación de matrices simple, con ayuda del paquete estadístico S tatistica v7.0.61.0, para

eliminar la redundancia; después fueron sometidas a un análisis de correlación de matrices múltiple.

Para inferir si la temperatura superficial y la concentración de clorofila "a" son factores que puedan afectar la distribución y abundancia de *Misticetos* y además, determinar que tipo de relación guardan dichas variables con las diferentes especies, se utilizó la correlación Pearson. Las mediciones de este índice corresponden de +1 a -1, pasando por el cero, donde este último significa que no existe correlación entre las variables estudiadas, mientras que los dos primeros valores denotan la correlación máxima directa e inversamente proporcional, respectivamente. Se llevó a cabo un análisis de correlación por separado para cada especie, incluyendo en cada estadístico los ocho años de muestreo. El nivel de significancia utilizado para todas las correlaciones realizadas, fue de $p < 0.05$. Lo anterior con el objetivo de inferir qué parámetros inciden con mayor significancia en la variación de la distribución y abundancia relativa de los *Misticetos* dentro del área de estudio.

RESULTADOS

Se enviaron a un anexo las 39 imágenes de temperatura y clorofila “a” en las que se obtuvieron uno o dos avistamientos de una misma especie.

Análisis de temperatura y clorofila “a” en las fechas de avistamientos.

La clorofila “a” y la temperatura no presentaron una notable variación durante las fechas de avistamientos en 1998, ambos parámetros tuvieron valores similares a lo largo de la Bahía de La Paz. En el mes de mayo se registró una concentración más alta de clorofila “a” dentro de la bahía que en las áreas aledañas (figura I, anexo), observándose valores más altos en la mitad sur, cerca de Canal San Lorenzo, obteniendo las mayores concentraciones dentro de éste. El valor máximo registrado de clorofila fue de 2.6 mg/m^3 . Referente a la temperatura, durante ésta época se observó homogénea dentro de la bahía (figura II, anexo), teniendo valores mínimos de $20.9 \text{ }^\circ\text{C}$. El 30 de mayo de 1998, se obtuvo el primer registro de la especie *Balaenoptera musculus* del presente trabajo. El avistamiento ocurrió cerca de la boca de la Ensenada de La Paz, donde se avistó 1 organismo (figuras I y II, anexo). El valor de clorofila “a” en el punto de avistamiento fue 1.2 mg/m^3 , con un registro de temperatura de $24.9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Durante junio de 1998 se registraron bajas concentraciones de clorofila “a” en la bahía, teniendo valores más altos en la zona del Canal San Lorenzo y al oeste de la Isla Espíritu Santo, donde el valor máximo obtenido fue de 1.0 mg/m^3 . En ésta época no se contó con información de temperatura. El 14 de junio de 1998 se observaron dos individuos de *Balaenoptera edeni* al sur de la Isla Espíritu Santo, en el Canal San Lorenzo (figura III, anexo). El valor registrado de clorofila “a” en el área de avistamiento fue de 1.0 mg/m^3 .

En enero de 1999 las concentraciones de clorofila “a” dentro de la Bahía de La Paz fueron bajas en la costa noroeste, donde se encontraron valores bajos, menores a 1 mg/m^3 . Los valores más altos se observaron al sur del área de estudio, cerca de El Mogote de La Paz y en Canal San Lorenzo, el valor máximo

registrado fue de 5.0 mg/m^3 (figura IV, anexo). Las concentraciones de clorofila al sureste de isla Espíritu Santo fueron las más altas durante ésta fecha, con valores alrededor de 9 mg/m^3 . Relativo a la temperatura, ésta presentó valores homogéneos a lo largo del área de estudio (figura V, anexo), observándose valores mínimos de $21 \text{ }^\circ\text{C}$ dentro y fuera de la bahía, con ligeros aumentos cerca de las costas. Se obtuvo sólo un registro de *Eschrichtius robustus* durante los años que abarca el presente estudio, éste sucedió el 24 de enero de 1999, donde se avistaron cuatro individuos, uno en la boca de la Ensenada de La Paz y tres al este de Isla Espíritu Santo (figuras IV y V, anexo). Los valores de clorofila “a” obtenidos en los puntos de avistamiento fueron de 2.3 en el punto más al norte y 2.2 mg/m^3 en el punto más al sur, obteniendo un valor de $22.3 \text{ }^\circ\text{C}$ en ambos puntos.

Durante los muestreos del 2000, las condiciones de temperatura y clorofila “a” fueron homogéneas durante los primeros meses del año, es decir, se observaron pocas variaciones en las concentraciones de clorofila y en los valores de temperatura. Para la segunda mitad del año, durante agosto y septiembre, se observó un aumento en la temperatura.

En febrero de 2000, se registró una concentración máxima de clorofila “a” de 3.9 mg/m^3 dentro de la bahía (figura VI, anexo). Se observaron valores bajos al noroeste de la misma, teniendo los valores más altos en la zona del Canal San Lorenzo y al oeste de Isla Espíritu Santo. La temperatura se presentó homogénea en el área de estudio (figura VII, anexo), con valores entre 19.0 y $23.0 \text{ }^\circ\text{C}$, con ligeros aumentos en las zonas cercanas a la costa. Se observaron dos individuos de *B. edeni* en la costa oeste de la Isla Espíritu Santo durante el 17 de febrero de éste mismo año (figuras VI y VII, anexo). En ésta fecha los valores de clorofila “a” obtenidos en los puntos de avistamiento fueron de 1.3 mg/m^3 en el punto más al norte y 1.1 mg/m^3 más al sur. Al mismo tiempo, valores de temperatura, obtenidos en los puntos de avistamiento, fueron de 21.3 (al norte) y $21.1 \text{ }^\circ\text{C}$ en el punto sur.

El 16 de marzo de 2000 se registró una concentración media de clorofila “a” dentro de la bahía (figura VIII, anexo), observándose valores más altos al sur de Punta Mechudo y al sur de la bahía, cerca de Canal San Lorenzo, observándose las mayores concentraciones dentro de éste. El valor máximo registrado de clorofila fue de 3.3 mg/m^3 . La temperatura durante esta época se observó homogénea dentro de la bahía (figura IX, anexo), registrándose valores ligeramente más altos en la zona central. Los valores mínimos registrados fueron de 19.8°C . Durante esta fecha se avistaron 2 individuos de *Balaenoptera musculus*, al noroeste de Isla Espíritu Santo (figuras VIII y IX, anexo). El valor de clorofila en el punto de avistamiento fue 0.4 mg/m^3 y se registró una temperatura de 21.5°C en el mismo.

El 25 de marzo del 2000, se observaron condiciones de clorofila “a” y temperaturas similares a las encontradas el 16 de marzo. Se registró una concentración media de clorofila “a” (figura X, anexo), en esta fecha los valores más altos se observaron al norte de la bahía, principalmente frente a Punta Mechudo y en Canal San Lorenzo, observándose una zona de bajas concentraciones al oeste de Isla Espíritu Santo. El valor máximo registrado dentro de la bahía fue de 4.5 mg/m^3 . La temperatura en esta época se observó homogénea (figura XI, anexo), obteniéndose valores ligeramente más elevados al oeste de Canal San Lorenzo. Los valores mínimos registrados fueron de 20.9°C . El primer registro de Ballena jorobada (*M. novaeangliae*) del presente trabajo fue en esta fecha, se observó un individuo al oeste de Isla La Partida (figuras X y XI, anexo). Los valores de clorofila “a” y temperatura obtenidos en el punto de avistamiento fueron de 0.6 mg/m^3 y 21.9°C , respectivamente.

Unos días después, el 01 de abril de 2000, las condiciones superficiales se observaron similares, registrando una concentración máxima de 2.0 mg/m^3 de clorofila “a” (figura XII anexo), teniendo de manera similar valores más altos al norte de la bahía y en la boca grande, presentando un lugar de alta productividad en Canal San Lorenzo. Referente a la temperatura, ésta se presentó de igual forma homogénea en el área de estudio, registrándose un valor de 20.5°C (figura

XIII, anexo). Durante este día se observaron dos individuos de *B. edeni* al noroeste de Isla Espíritu Santo (figuras XII y XIII, anexo). El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 1.0 mg/m^3 , teniendo un valor de $21.9 \text{ }^\circ\text{C}$.

En 2000 se registró una inusual alta concentración de clorofila "a" dentro de la bahía durante el mes de agosto (figura XIV, anexo). Las concentraciones más altas ocurrieron en la costa peninsular y la zona somera de la bahía y las concentraciones fueron disminuyendo en las áreas colindantes a la bahía, hacia el centro del Golfo de California. En la imagen al parecer se detecta un giro ciclónico, con mínimas concentraciones de clorofila "a" ubicadas en la Cuenca Alfonso. La máxima concentración registrada fue de 1.8 mg/m^3 . Por otro lado, la temperatura para esta fecha se observó cálida y homogénea en toda la bahía y en las áreas cercanas a ésta. Los valores observados fueron de $32.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (figura XV, anexo). No se observa en esta imagen la señal del giro ciclónico presente en la parte profunda de la bahía. Durante esta fecha se observó un individuo de *B. edeni*, al oeste de la Isla Espíritu Santo (figuras XIV y XV, anexo). El valor de clorofila "a" registrado en el punto de avistamiento fue de 4.8 mg/m^3 , observándose un valor de temperatura de $33.8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Para el 23 de septiembre de 2000 se registraron bajas concentraciones de clorofila "a", presentando los valores más altos al sur de la bahía y en Canal San Lorenzo, teniendo un valor máximo de 1.4 mg/m^3 (figura XVI, anexo). De similar forma, de los valores de temperatura se observa una bahía cálida y homogénea, donde los valores fueron alrededor de los $30.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (figura XVII, anexo). Durante estas condiciones se observaron dos individuos de *B. edeni*, al noroeste de la Isla Espíritu Santo (figuras XVI y XVII, anexo). El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 0.4 mg/m^3 y el de temperatura fue de $30.4 \text{ }^\circ\text{C}$.

El 20 de febrero de 2001 se registró una concentración alta de clorofila "a" al centro de la bahía, en la zona somera, próxima a El Mogote y cerca de la

costa. Se observó una influencia de bajas concentraciones provenientes del Golfo de California por la Boca Grande. El valor máximo de clorofila registrado dentro de la bahía en ésta fecha, fue de 5.3 mg/m^3 (figura XVIII, anexo). Éste día se avistó 1 individuo de *B. m usculus*, al sureste de Isla San José, en los linderos del giro mencionado (figura XVIII, anexo). En ésta fecha el valor de clorofila “a” en el punto de avistamiento fue 0.5 mg/m^3 .

Las concentraciones de clorofila disminuyeron durante marzo de 2001, en comparación con las registradas a finales de febrero. El 22 de marzo se registró una concentración media de clorofila “a”, encontrando los valores más altos al este de la bahía y los más bajos en la zona somera, cerca de El Mogote, observándose las mayores concentraciones en Canal San Lorenzo. El valor máximo registrado fue de 3.4 mg/m^3 (figura 3). Éste día se registraron dos especies dentro de la Bahía de La Paz. La primera se observó al norte, cerca de la costa, un individuo de *M. novaeangliae* (figura 3) y se tuvo un registro de 0.8 mg/m^3 de clorofila “a” en el punto de avistamiento. La otra especie encontrada fue *Balaenoptera physalus*, la cual tuvo alta presencia dentro de la Bahía de La Paz, durante los muestreos a partir del 2001. En ésta fecha se registraron 14 individuos en la zona central de la bahía (figura 3). El valor de clorofila “a” obtenido en los puntos de avistamiento tuvo un rango entre 0.8 y 1.0 mg/m^3 .

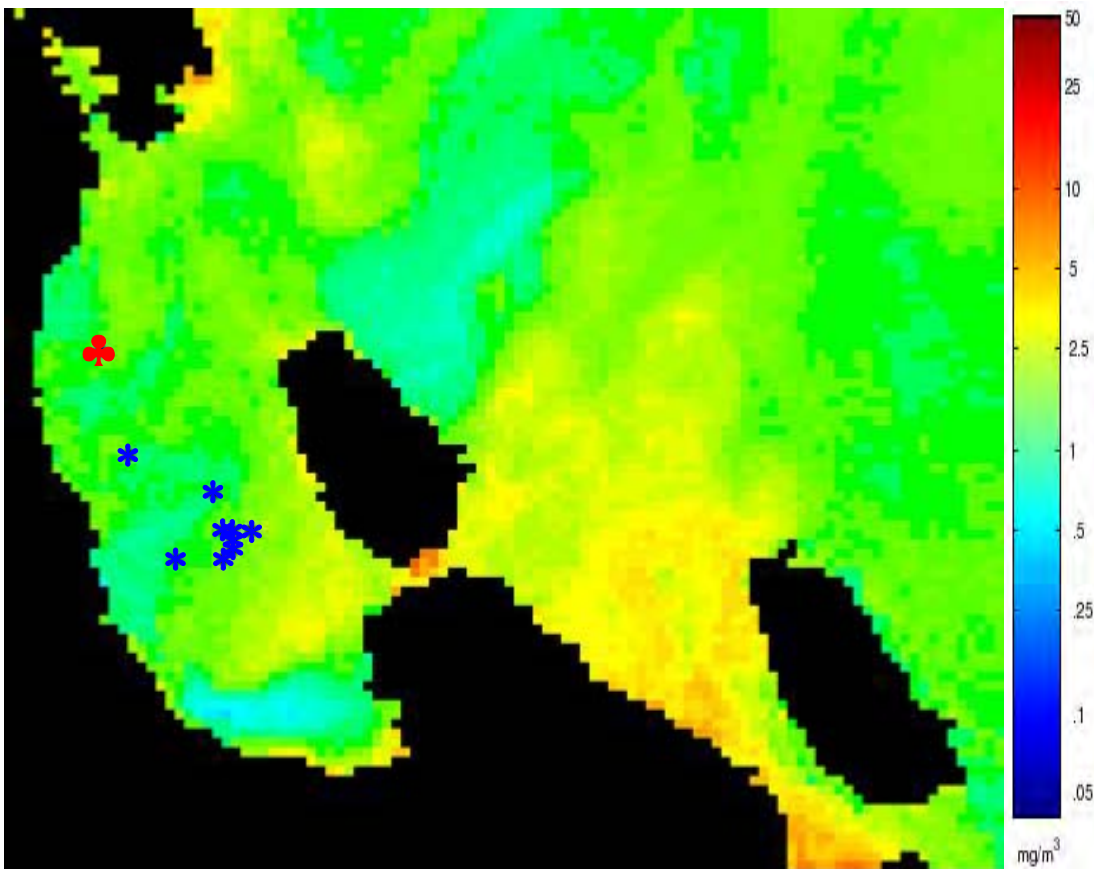


Figura 3. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) y *B. physalus* (*) el 22 de marzo de 2001, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

Casi un mes después, el 18 de mayo de 2001, se registró una concentración media de clorofila "a", encontrando los valores más altos al este de la bahía, observándose las mayores concentraciones en Canal San Lorenzo y las menores, al centro de la bahía, cerca de la costa peninsular. El valor máximo de clorofila registrado dentro de la bahía fue de $3.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ (figura XIX, anexo). Al mismo tiempo, se registró un individuo de *M. novaeangliae*, al oeste de Canal San Lorenzo (figura XIX, anexo), registrando un valor de $0.8 \text{ mg}/\text{m}^3$ en el punto de avistamiento.

Para junio de 2001 se registró una alta concentración de clorofila "a", al norte de la Bahía de La Paz cerca de la boca norte en la zona profunda, contrastando con los bajos valores presentes en la mitad sur de la bahía. Los

valores más altos registrados fueron de 4.8 mg/m^3 (figura 4). El último avistamiento de este año ocurrió el 28 de junio, se observó un individuo de *B. edeni*, al oeste de la Isla Espíritu Santo (figura 4). El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 1.6 mg/m^3 . Así mismo, se observó un individuo de *B. physalus*, al oeste de Isla Espíritu Santo (figura 4) con un valor similar de clorofila "a" (1.5 mg/m^3) en el punto de avistamiento.

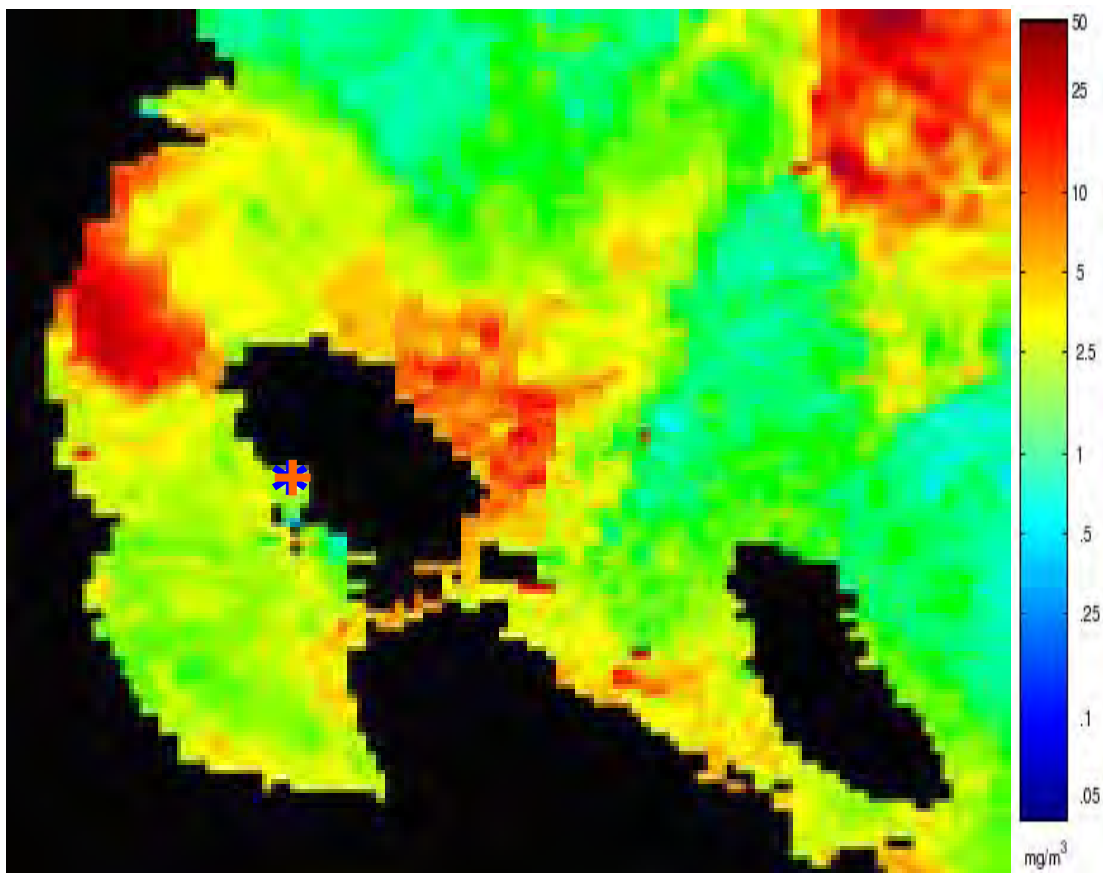


Figura 4. Distribución de *B. edeni* (+) y *B. physalus* (*) el 28 de junio de 2001, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

Durante 2002 sólo existió el registro de un avistamiento dentro de la Bahía de La Paz. En noviembre se registró una baja concentración de clorofila "a" (figura XX, anexo), los valores más altos se presentaron al sur de Isla Espíritu Santo, en Canal San Lorenzo, teniendo un valor máximo de 1.8 mg/m^3 . Referente a la temperatura (figura XXI, anexo), los valores más altos se registraron cerca de la costa peninsular, obteniendo valores máximos de $26.9 \text{ }^\circ\text{C}$. El 04 de noviembre de

2002 se observó un individuo de *B. edeni*, al norte de la Isla Espíritu Santo (figuras XX y XXI, anexo). El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 0.5 mg/m³ y la temperatura en el mismo punto fue de 26.7 °C.

En la fecha del único registro de cetáceos obtenido durante el 2003, las concentraciones de clorofila fueron muy bajas, prácticamente de cero, teniendo mayores concentraciones al sur de la bahía y en Canal San Lorenzo, con un valor máximo de 1.35 mg/m³ a la entrada de la Ensenada de La Paz (figura XXII, anexo). La temperatura superficial del mar fue templada y homogénea a lo largo del área, ésta tuvo valores máximos de 28.0 °C (figura XXIII, anexo). Para el 2003 se observaron dos individuos de *B. edeni*, al oeste de la Isla Espíritu Santo, el 16 noviembre (figuras XXII y XXIII, anexo). El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 0.2 mg/m³ y el valor de temperatura obtenido en el mismo punto fue de 27.7 °C.

Dos meses después, en enero de 2004, dentro de la Bahía de La Paz, las condiciones tanto de clorofila "a", como de temperatura cambiaron notablemente, éste mes se registró una concentración elevada de clorofila "a" (figura XXIV, anexo), encontrando valores más altos en Canal San Lorenzo, así como al sur y centro de la bahía, observándose una zona de bajas concentraciones al norte, en la zona profunda de la Bahía de La Paz. El valor máximo registrado dentro del área de estudio fue de 5.9 mg/m³. La temperatura en ésta época también presentó cambios con respecto a noviembre de 2003, aunque también se observó una distribución homogénea (figura XXV, anexo), las temperaturas se registraron más frías, con valores mínimos registrados de 19.3 °C. Después de mayo de 2001, *M. novaeangliae* no fue avistada durante 2002 y 2003, sino hasta el 16 enero de 2004 se observó un individuo al norte de la bahía, cerca de la costa peninsular (figuras XXIV y XXV, anexo). En ésta fecha se obtuvo un valor de 1.1 mg/m³ de clorofila "a" en el punto de avistamiento, mientras que la temperatura fue de 20.2 °C.

Para marzo de 2004, las condiciones de temperatura no cambiaron mucho en el área de estudio con respecto al mes de enero, sin embargo, en ésta fecha se registraron menores concentraciones de clorofila "a" (figura 5). Los valores más altos se observaron al sur de la bahía y entrando a la misma una pluma de mayores concentraciones de clorofila, originada desde Canal San Lorenzo y dispersándose al centro de la bahía, formando una estructura parecida al delta de un río. Se observó una zona de bajas concentraciones al centro y norte de la Bahía de La Paz. El valor máximo registrado dentro del área de estudio fue de 2.1 mg/m³. La temperatura en esta época se observó homogénea (figura 6), sin embargo, se pudieron localizar zonas con mayores valores al oeste de Isla Espíritu Santo y en la zona del Golfo de California, observándose valores mínimos de 19.8 °C. En este mes se avistaron 3 especies de cetáceos, entre los días 20 y 21. El 20 de marzo de 2004 se observó un individuo de *M. novaeangliae*, al sureste de Punta Mechudo, donde se obtuvieron valores de 0.5 mg/m³ y 20.7 °C de clorofila y temperatura, respectivamente en el punto de avistamiento de éste rorcual. La segunda especie, *B. edeni*, se observó durante los días 20 y 21, se localizaron cuatro individuos al este de Punta Mechudo y al centro del canal norte. Los valores de clorofila "a" obtenidos en los puntos de avistamiento fueron de 0.5 en el punto más al norte, 0.7 en el punto intermedio y 0.5 mg/m³ en el punto más al sur. La temperatura se registró muy homogénea en los puntos de avistamiento, observando valores entre 20.5 y 20.8 °C. La tercera especie observada éstos días fue *B. physalus*, de la cual se registraron 6 individuos al noreste de Punta Mechudo. Los valores de clorofila "a" obtenidos en los puntos de avistamiento estuvieron alrededor de 1.0 mg/m³, con valores de 22.3 °C de temperatura (figuras 5 y 6).

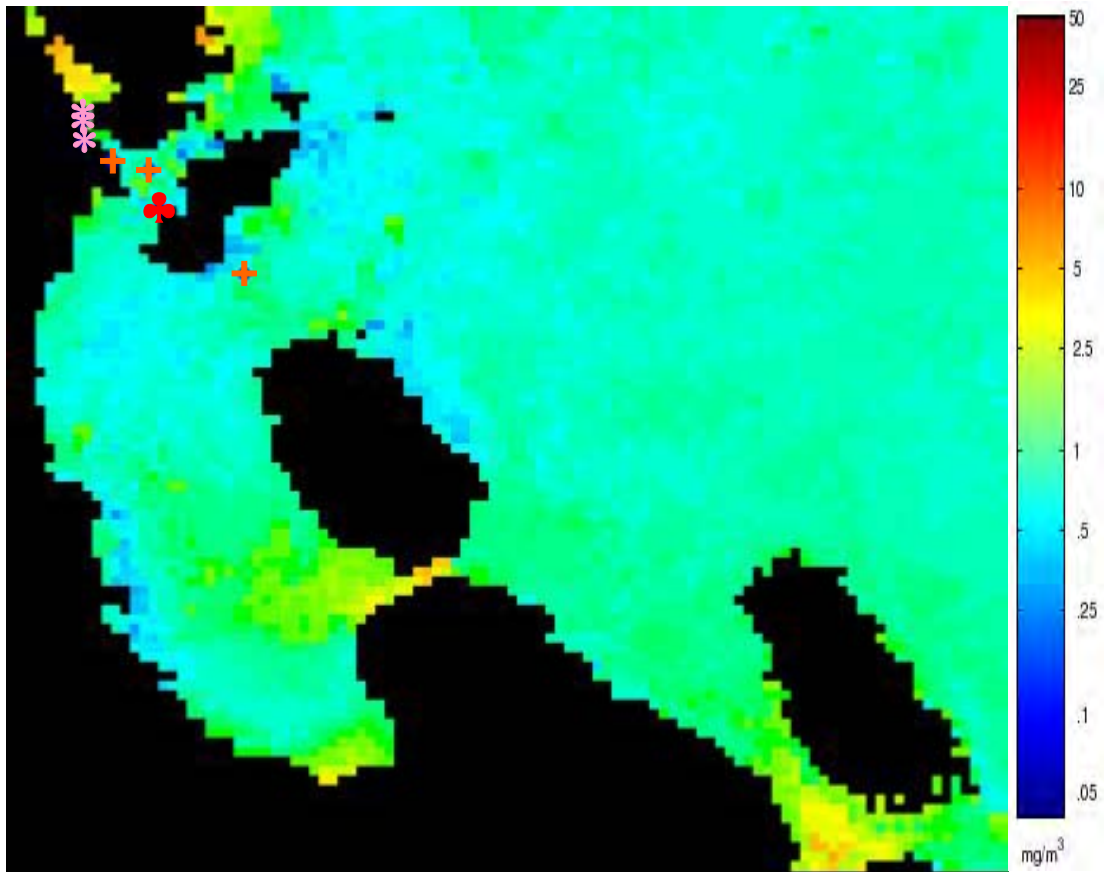


Figura 5. Distribución de *M. novaeangliae* (♣), *B. edeni* (+) y *B. physalus* (*) los días 20 y 21 de marzo de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

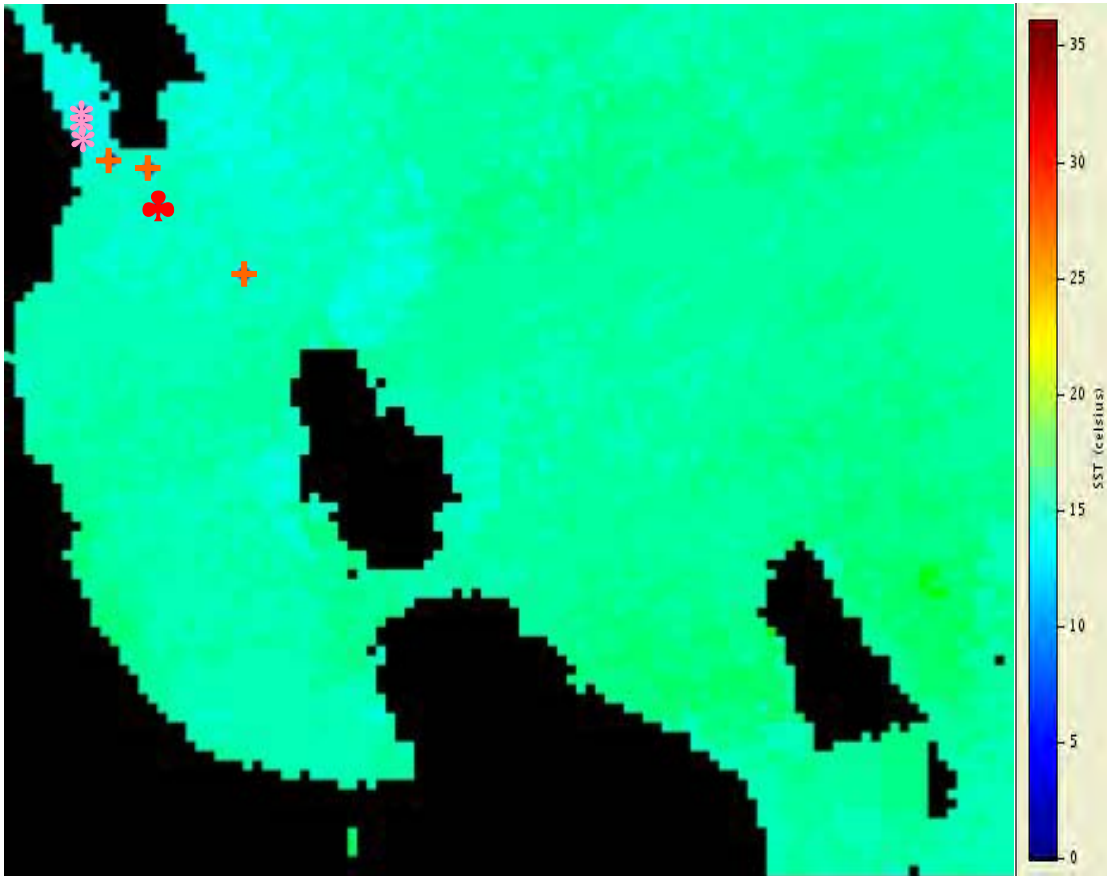


Figura 6. Distribución de *M. novaeangliae* (♣), *B. edeni* (+) y *B. physalus* (*) los días 20 y 21 de marzo de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

En mayo de 2004 las condiciones de clorofila variaron con respecto a las de marzo, en ésta fecha se registraron mayores concentraciones de clorofila “a” (figura XXVI, anexo), presentando los valores más altos al suroeste de la bahía y en ambos canales, registrándose un valor máximo de 3.8 mg/m^3 . De igual manera la temperatura también varió, observándose más cálida, sin embargo, los valores registrados durante ésta fecha fueron más bajos dentro de la bahía que en el golfo, teniendo los valores más bajos (de $23.7 \text{ }^\circ\text{C}$) en las zonas más profunda y más somera de la bahía (figura XXVII, anexo). En estas condiciones se observaron dos individuos de *B. edeni*, el 28 de mayo, al noroeste de Isla Espíritu Santo (figuras XXVI y XXVII, anexo). El valor de clorofila “a” obtenido en el punto de avistamiento fue de 1.6 mg/m^3 y el de temperatura fue de $25.5 \text{ }^\circ\text{C}$.

El 03 de agosto de 2004 se registró una baja concentración de clorofila “a” (figura XXVIII, anexo), donde los valores más altos se localizaron en Canal San Lorenzo y en la costa norte de El Mogote, teniendo un valor máximo de 1.9 mg/m³. En la subimagen se logra apreciar que las condiciones dentro de la bahía son diferentes a las ocurridas en el Golfo de California, manifestándose valores ligeramente más altos dentro del área de estudio y en zonas próximas a ésta, en contraste con las concentraciones observadas al centro del golfo. La temperatura se observó cálida en toda la bahía, encontrando valores más bajos en la costa peninsular y los más altos en toda la costa oeste de Isla Espíritu Santo. Los valores mínimos registrados fueron de 26.5 °C (figura XXIX, anexo). De similar forma al ocurrido con la clorofila, las condiciones de temperatura fueron diferentes dentro y fuera de la bahía, encontrándose valores más altos en el golfo que dentro de la misma. Cuando las condiciones anteriores ocurrieron dentro de la bahía, se hizo el único registro del Rorcual de Sei (*Balaenoptera borealis*) al norte de Punta Mechudo (figuras XXVIII y XXIX, anexo). El valor de clorofila “a” obtenido en el punto de avistamiento fue de 0.6 mg/m³, con una temperatura de 28.5 °C.

Las condiciones de clorofila y temperatura tuvieron un ligero cambio dentro de la bahía 13 días después. El 16 de agosto de 2004 se registró una concentración de clorofila “a” muy baja (figura XXX, anexo), en general se observaron las concentraciones más altas en la zona profunda y sur de la bahía, presentándose las más bajas cerca de la costa peninsular. Los valores más altos se localizaron al sur de la Isla Espíritu Santo, registrando un valor máximo de 0.9 mg/m³. La temperatura se observó cálida, con valores mínimos de 28.9 °C, éstos se localizaron en la zona profunda, al norte y en la zona somera, al sur, observándose más cálida en el centro de la bahía y en las costas. En ésta fecha, las condiciones fueron similares a las observadas fuera de la bahía (figura XXXI, anexo). Durante ésta fecha se observó un individuo de Rorcual tropical, al norte de la bahía (figuras XXX y XXXI, anexo). La concentración de clorofila “a” observada en el punto de avistamiento fue de 0.2 mg/m³, obteniendo 29.8 °C de temperatura.

Durante el 2005 se observaron valores bajos de clorofila a principios del año, en marzo se registró una concentración baja de clorofila "a" (figura 7), los valores más altos se observaron en Canal San Lorenzo, así como al sur de la bahía, observándose las menores concentraciones al norte de la misma. El valor máximo registrado dentro del área de estudio fue de 2.4 mg/m^3 . La temperatura en esta época se observó homogénea dentro de la bahía y en el área adyacente (figura 8). Los valores mínimos registrados fueron de $21.0 \text{ }^\circ\text{C}$, en la zona profunda del área. En 2005 se dio el mayor número de avistamientos de *M. novaeangliae*, con un total de 9 organismos repartidos en 6 días. Los primeros registros ocurrieron los días 19 y 20 de marzo, donde se observaron dos individuos en la parte central inferior de la Bahía de La Paz (figuras 7 y 8). En esta fecha el valor de clorofila obtenido fue de 0.5 mg/m^3 en ambos puntos de avistamiento, mientras que la temperatura fue de $22.0 \text{ }^\circ\text{C}$.

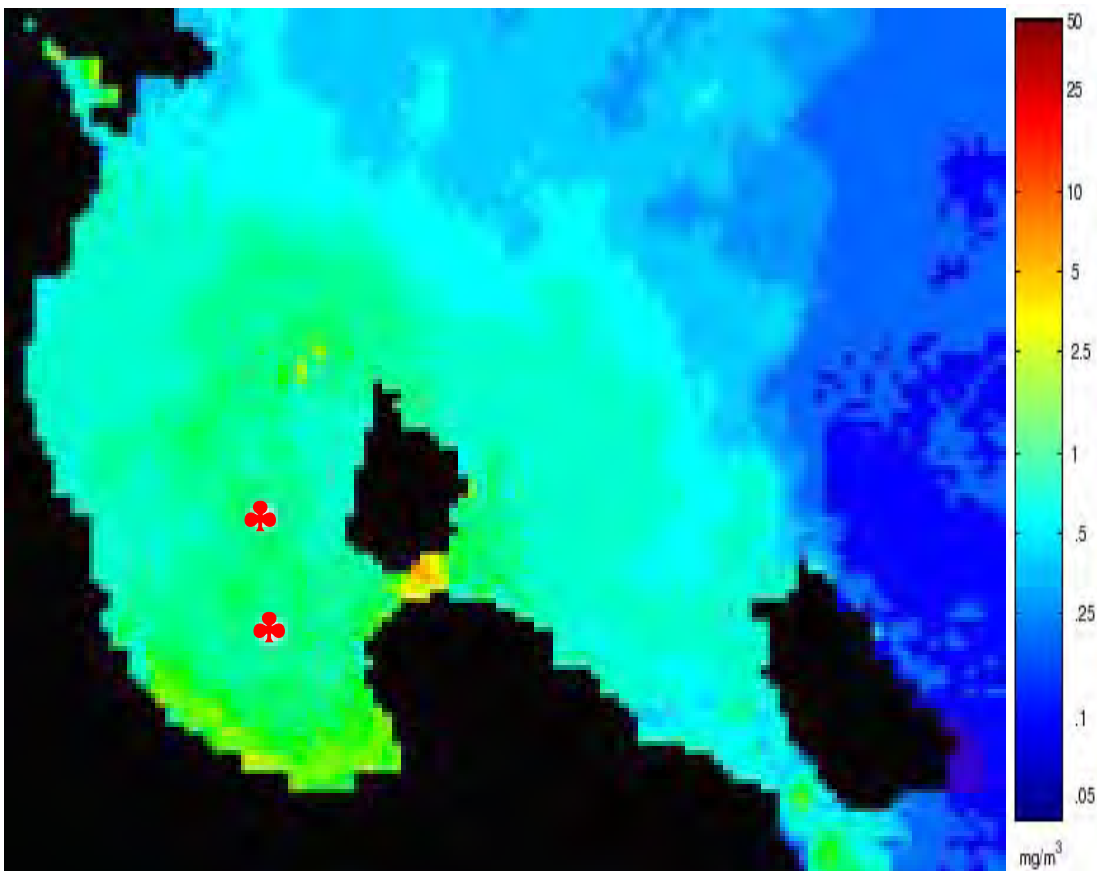


Figura 7. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) los días 19 y 20 de marzo de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

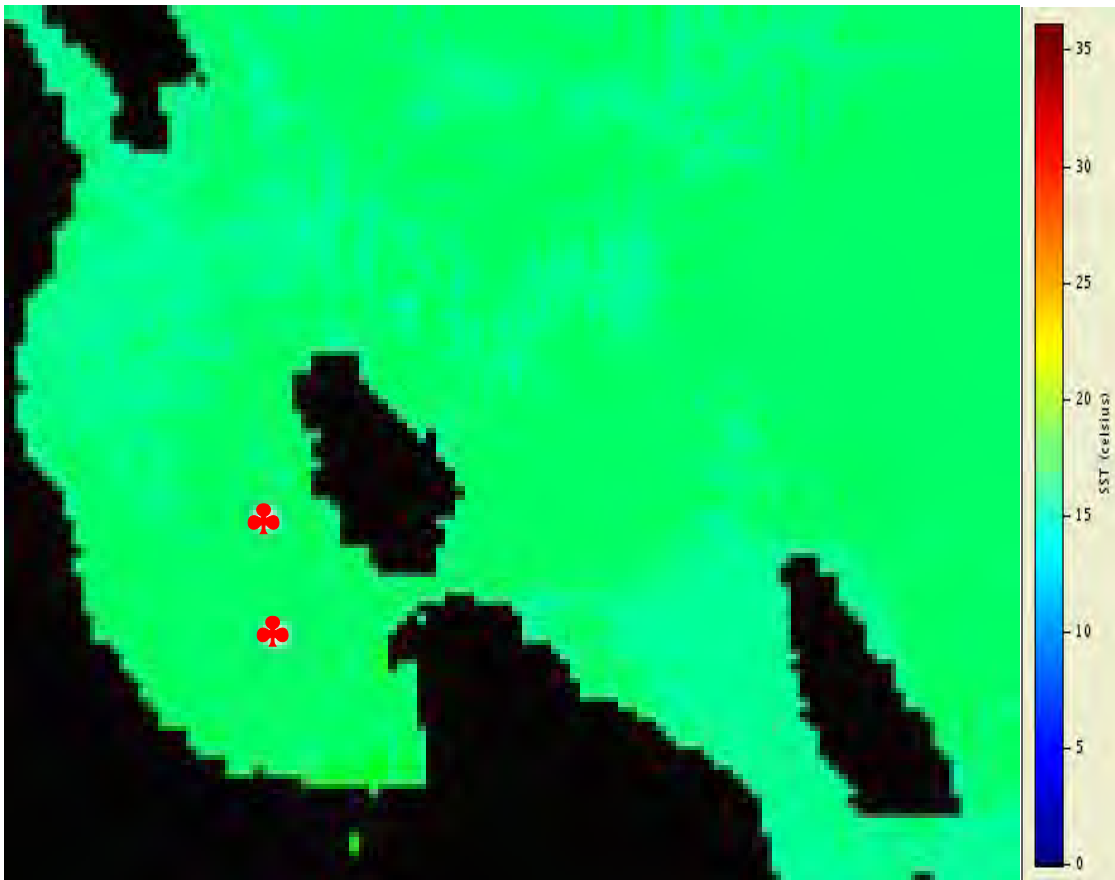


Figura 8. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) los días 19 y 20 de marzo de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Las concentraciones de clorofila fueron disminuyendo hacia abril, mes en el que se registró homogénea la bahía, con una concentración baja de clorofila “a” (figura 9). Los días 06 y 07 se observaron valores más altos en Canal San Lorenzo y al noroeste de Punta Mechudo. El valor máximo registrado dentro del área de estudio fue de 1.2 mg/m^3 . De forma similar, la temperatura se observó homogénea en éstas fechas (figura 10), con valores ligeramente más altos en la mitad sur de la bahía. Los valores mínimos registrados fueron de 21.1°C . El 06 de abril se observaron dos individuos de *B. edeni*, al sureste de Punta Mechudo. El valor de clorofila “a” obtenido en el punto de avistamiento fue de 0.5 mg/m^3 , mientras la temperatura fue de 20.5°C . El día 7 se observaron dos individuos de *M. novaeangliae*, al este de Punta Mechudo, con un valor registrado de 0.4 mg/m^3 de clorofila “a” y 22.0°C de temperatura.

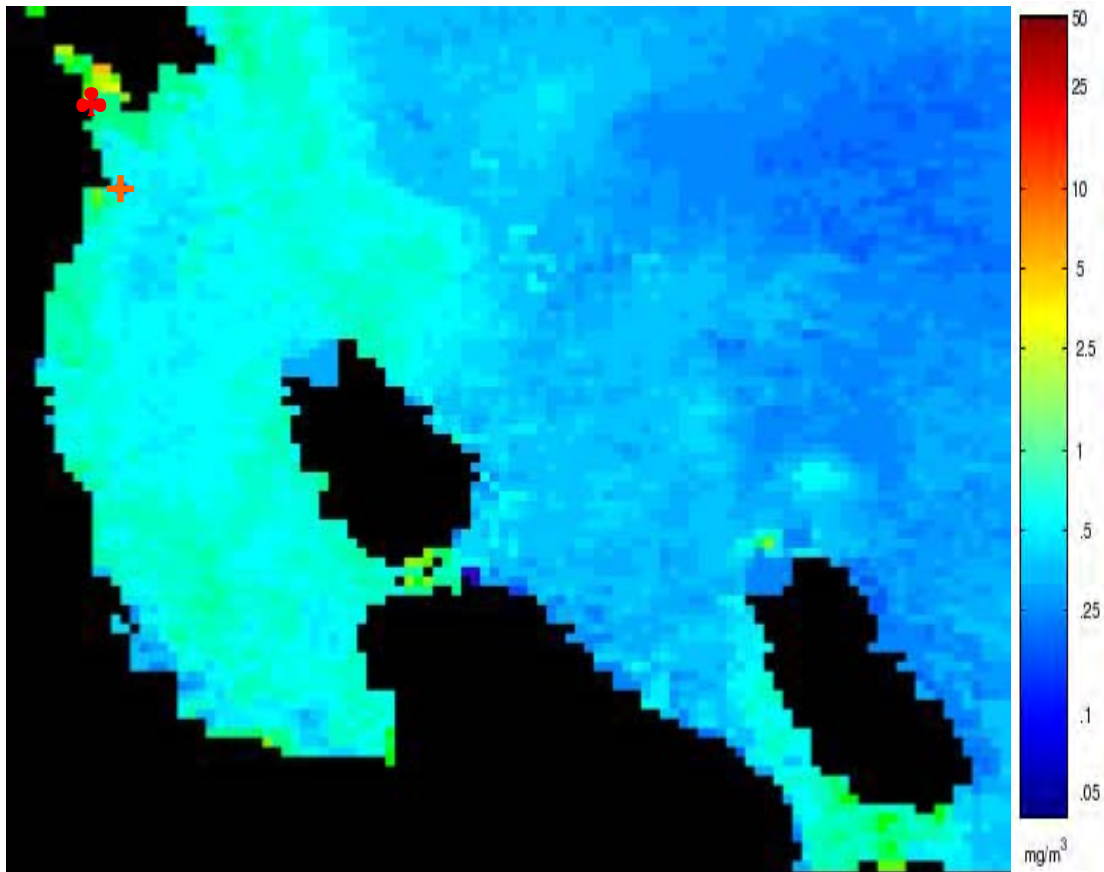


Figura 9. Distribución de *B. edeni* (+) y *M. novaeangliae* (♣) los días 06 y 07 de abril de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

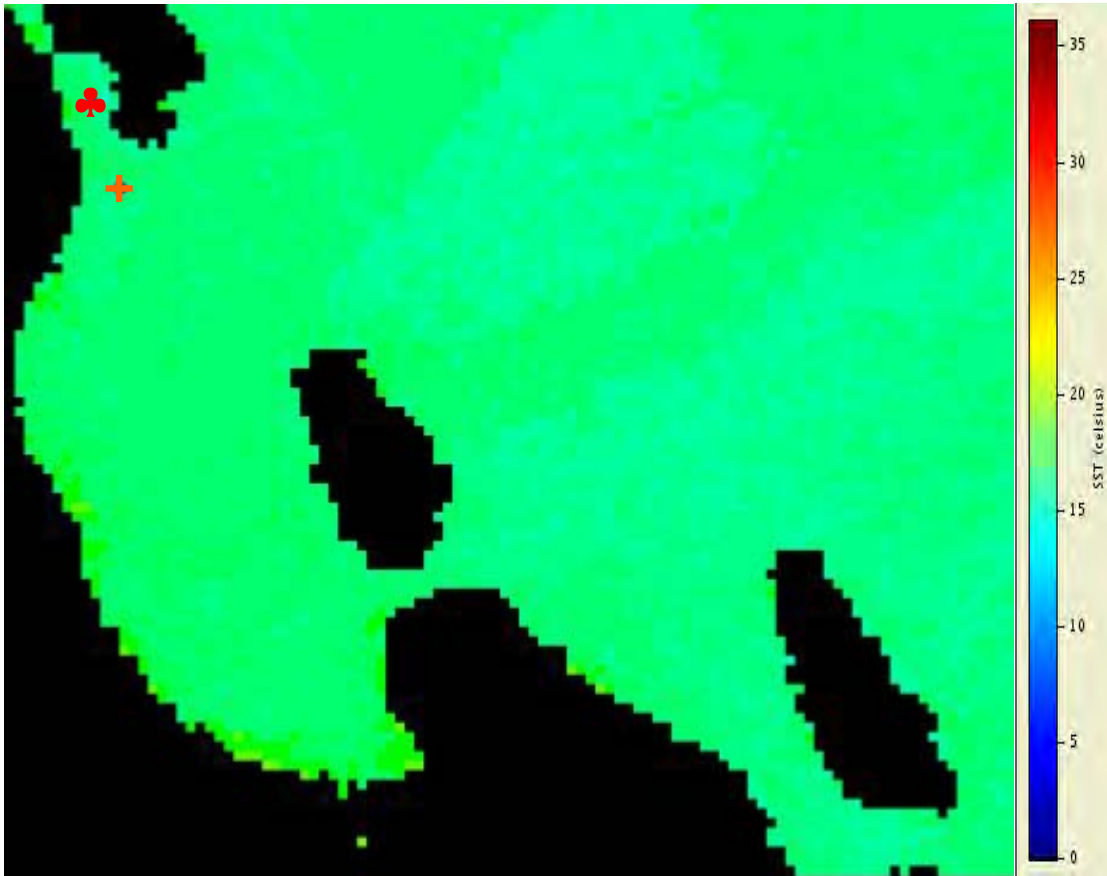


Figura 10. Distribución de *B. edeni* (+) y *M. novaeangliae* (♣) los días 06 y 07 de abril de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

Durante el 16 de abril de 2005 las condiciones de clorofila "a" y de temperatura no variaron mucho con respecto a las observadas el 7 de abril del mismo año, se registró una concentración baja de clorofila "a" (figura XXXI I, anexo), donde los valores más altos se observaron en Canal San Lorenzo. El valor máximo registrado dentro del área de estudio fue de 1.2 mg/m³. La temperatura en esta época se observó homogénea (figura XXXIII, anexo), con valores ligeramente más altos en la mitad sur de la bahía. Los valores mínimos registrados fueron de 21.1 °C. Se observaron dos individuos de ballena jorobada en estas condiciones, ubicados en Canal San Lorenzo (figuras XXXII y XXXIII, anexo), donde los valores particulares de clorofila y temperatura en el área de avistamiento fueron de 0.4 mg/m³ y 22.0 °C.

En mayo de 2005 se observó en general dentro de toda la bahía, un aumento en las concentraciones de clorofila "a", con respecto a las observadas el mes de abril. En esta fecha se registró una concentración de clorofila "a" media (figura 11), con valores más altos en la costa sur y al norte de la bahía, donde el valor máximo registrado fue de 9.6 mg/m^3 , observándose menores concentraciones en la zona central de la bahía. La temperatura en esta fecha se mostró ligeramente más fría dentro de la bahía, que en el área adyacente del golfo (figura 12), presentó valores ligeramente más altos en el centro de la bahía ($24.4 \text{ }^\circ\text{C}$), mientras que valores menores ($22.5 \text{ }^\circ\text{C}$) se presentaron al norte y sur de ésta. Las áreas donde se observó ligeramente más fría la temperatura superficial, correspondieron a las zonas donde las concentraciones de clorofila se observaron mayores. Durante el 2005 se avistó un gran número de individuos de *B. physalus*, un total de 46 organismos registrados en 8 días. El primer avistamiento durante éste año ocurrió el 30 de mayo, se observaron 10 individuos de Rorcual común al sur de la bahía. El valor de clorofila "a" obtenido en los puntos de avistamiento estuvo entre 1.1 y 1.4 mg/m^3 . Las temperaturas en los puntos de avistamiento fueron $23.8 \text{ }^\circ\text{C}$ en el punto ubicado más oeste y $22.9 \text{ }^\circ\text{C}$ en el punto este. En esta fecha también se registraron dos individuos de *M. novaeangliae*, éstos fueron observados al suroeste de la bahía. Los valores registrados de clorofila en los puntos de avistamiento fueron de 1.7 y 1.9 mg/m^3 . Asimismo, los valores de temperatura obtenidos fueron de 23.5 y $23.7 \text{ }^\circ\text{C}$. De igual manera, éste día se obtuvo el único registro de *Balaenoptera acutorostrata*, al sur de la Bahía de La Paz. El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 3.2 mg/m^3 , registrándose un valor de temperatura de $22.6 \text{ }^\circ\text{C}$.

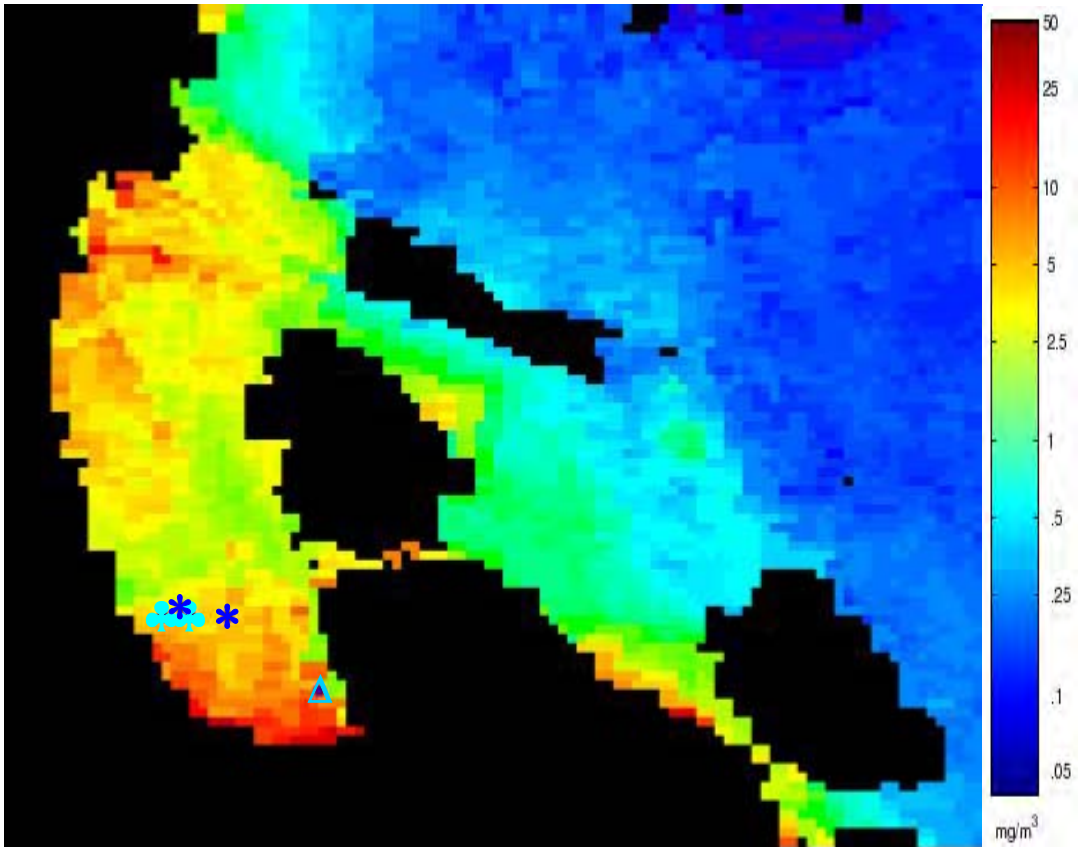


Figura 11. Distribución de *B. physalus* (*), *M. novaeangliae* (*) y *Balaenoptera acutorostrata* (Δ), el 30 de mayo de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

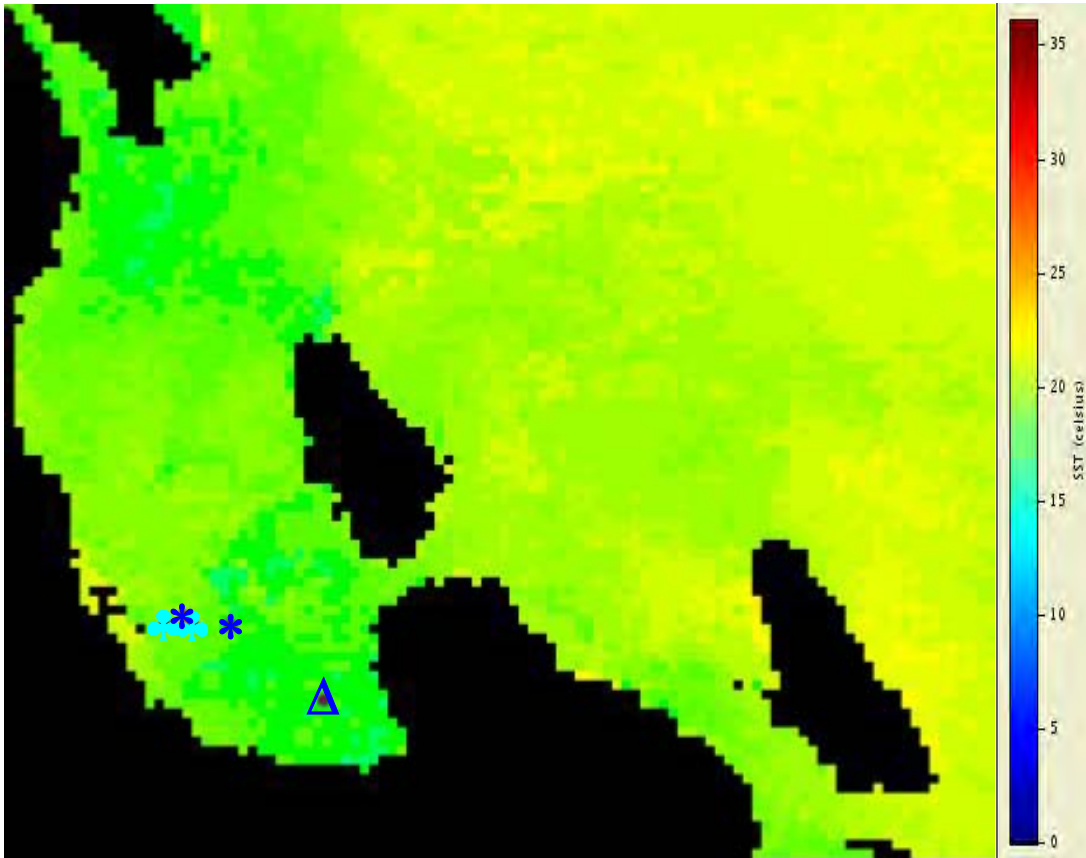


Figura 12. Distribución de *B. physalus* (*), *M. novaeangliae* (✱) y *Balaenoptera acutorostrata* (Δ), el 30 de mayo de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

En junio las condiciones de clorofila no fueron muy diferentes, en la fecha de avistamiento, con respecto a mayo. Se registraron los valores más altos en la parte somera de la bahía, principalmente cerca de la Ensenada de La Paz y en Canal San Lorenzo. El dato más alto registrado ocurrió en el canal antes mencionado (6.6 mg/m^3). En esta época las condiciones observadas fuera de la bahía fueron contrarias, donde se observaron muy bajas concentraciones, prácticamente de 0.5 mg/m^3 (Figura 13). De similar forma, las condiciones de temperatura presentaron diferencia dentro y fuera de la bahía, observándose valores ligeramente más bajos dentro de la bahía obteniéndose los mínimos (20.7 °C) entre Canal San Lorenzo y la Ensenada de La Paz (Figura 14). En junio de 2005 se observó un individuo de *B. edeni*, al suroeste de Isla Espíritu Santo. El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 1.1 mg/m^3 , mientras que la temperatura se registró en 24.3 °C para el mismo caso. Éste día también se observaron 2 individuos de *B. musculus*, al sur de la bahía,

obteniéndose valores de 1.3 mg/m^3 de clorofila "a" y $23.1 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura, en el punto de avistamiento.

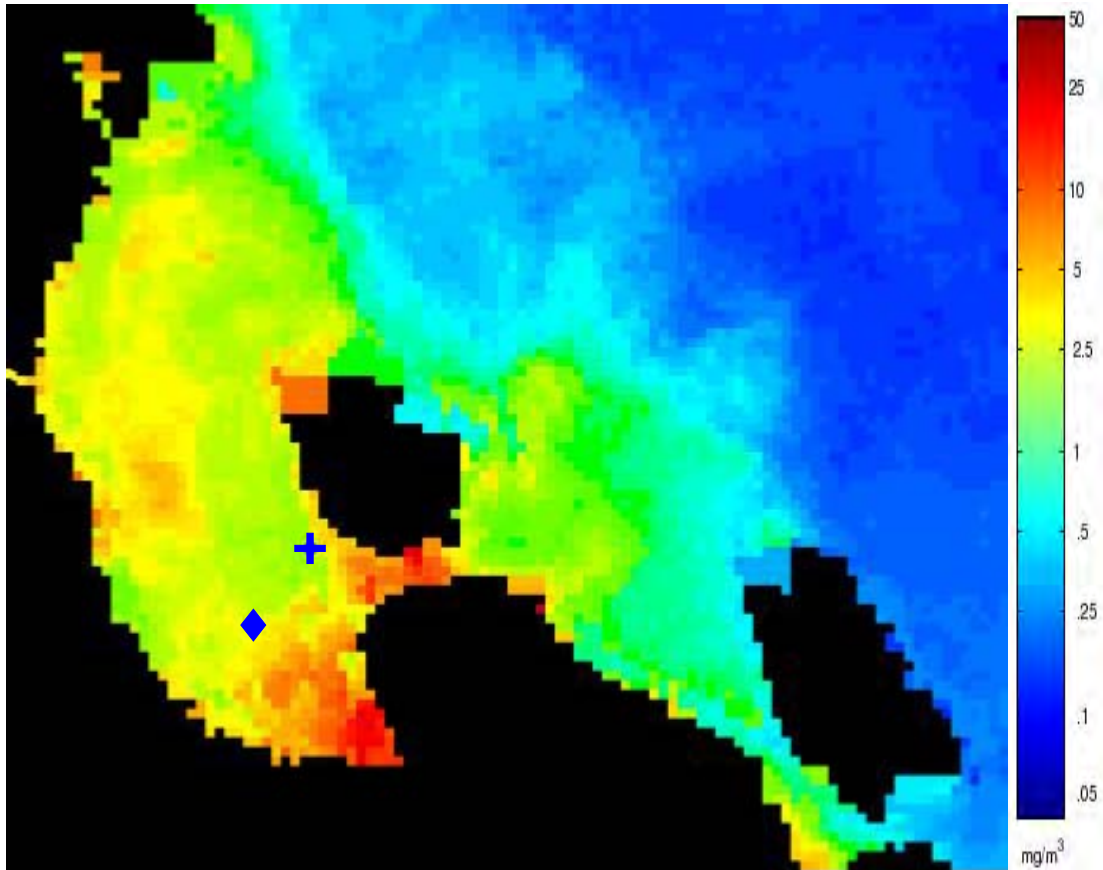


Figura 13. Distribución de *B. edeni* (+) y *B. musculus* (♦) el 01 de junio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

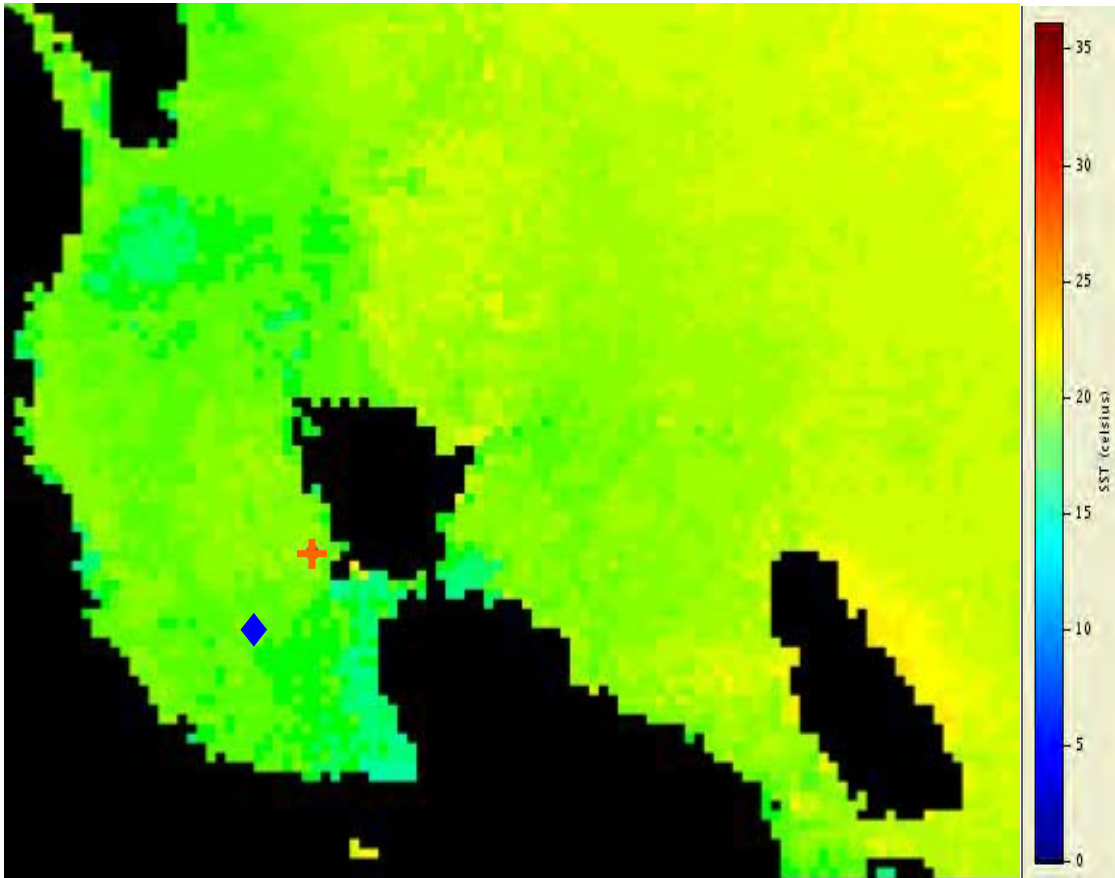


Figura 14. Distribución de *B. edeni* (+) y *B. musculus* (◆) el 01 de junio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

Una semana después, las condiciones de clorofila no variaron mucho, se observaron los valores más altos en la zona costera occidental y oriental, así como en Canal San Lorenzo y se registró un valor máximo de 6.5 mg/m^3 (figura 15). Referente a la temperatura (figura 16), se observaron valores homogéneos y ligeramente más bajos dentro de la bahía que en el golfo, obteniéndose los mínimos ($22.1 \text{ }^\circ\text{C}$) en la zona sur. El día 05 de junio se observó un individuo de *B. edeni*, al sur de la bahía. El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 1.3 mg/m^3 , mientras la temperatura fue de $22.8 \text{ }^\circ\text{C}$. Ese mismo día se observaron cinco individuos de *B. musculus* también al sur de la bahía. Los valores de clorofila obtenidos en los puntos de avistamiento estuvieron alrededor de 1.3 mg/m^3 , mientras que los de temperatura estuvieron alrededor de los $22.7 \text{ }^\circ\text{C}$. El 07 de junio se avistaron 06 individuos de *B. physalus*, uno al norte, cerca de la zona más profunda y los demás al sur de la bahía, en zonas más

someras. La clorofila “a” registrada en los puntos de avistamiento fue de 1.3, 1.4, 1.2 y 1.4 mg/m^3 , anotados de sur a norte. Las temperaturas estuvieron registradas entre los 22.8 y 23.7 °C en los mismos puntos.

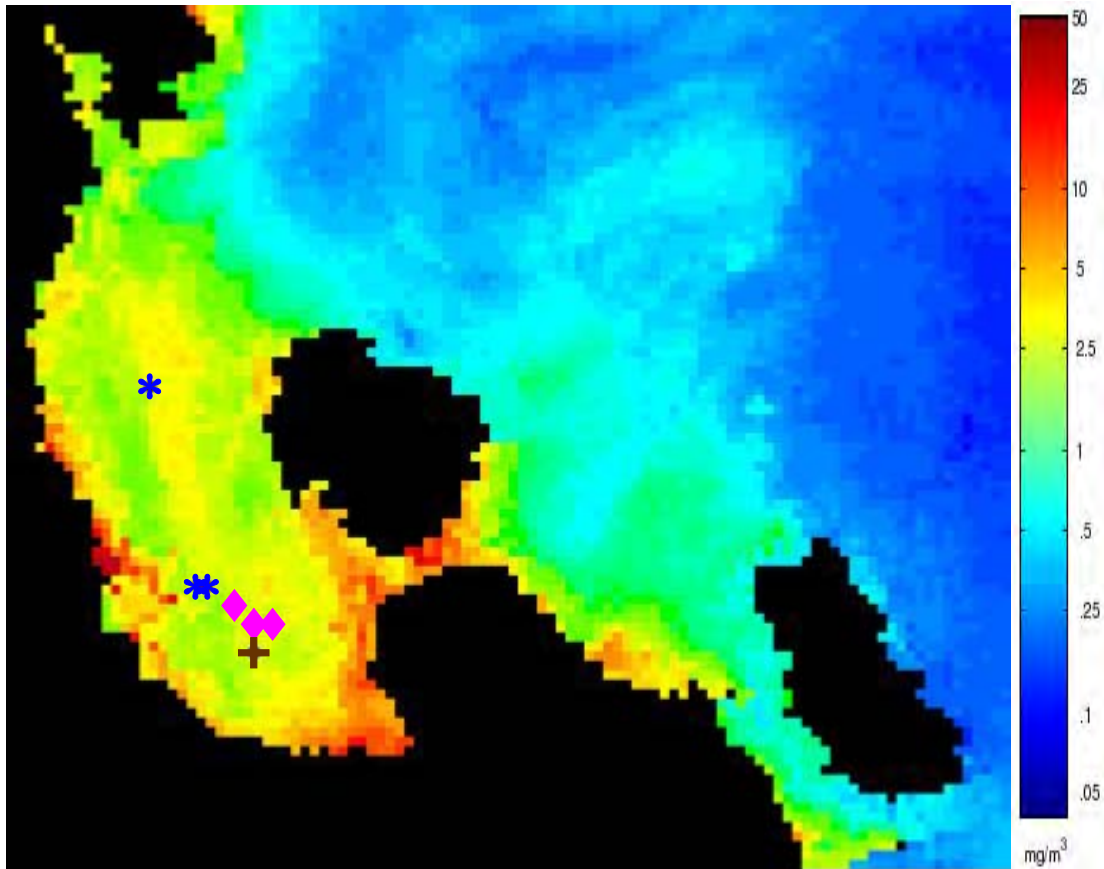


Figura 15. Distribución de *B. edeni* (+), *B. musculus* (♦) y *B. physalus* (*), los días 05 y 07 de junio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m^3).

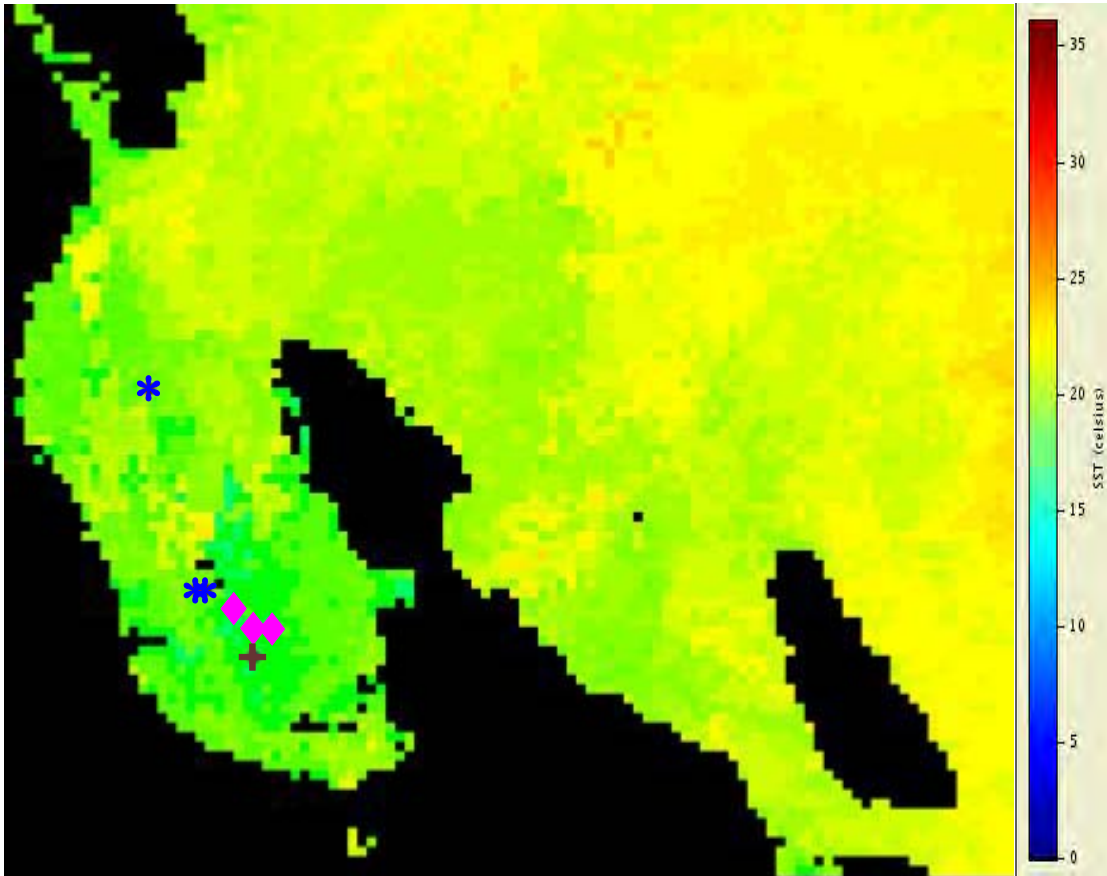


Figura 16. Distribución de *B. edeni* (+), *B. musculus* (◆) y *B. physalus* (*), los días 05 y 07 de junio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

Un mes después, a principios de julio de 2005, se registró una concentración de clorofila “a” en general más baja que la ocurrida un mes antes (figura 17), observándose valores más altos en la mitad sur y en Canal San Lorenzo, con una clara disminución de los valores desde la zona central al norte y teniendo un registro máximo dentro del área de estudio de 2.8 mg/m^3 . La temperatura durante esta época, al contrario que la clorofila, presentó un ligero aumento, con respecto al mes anterior. Aunque este parámetro, en general presentó pocas y bajas variaciones dentro de la bahía (figura 18). El valor mínimo registrado fue de $24.3 \text{ }^\circ\text{C}$. Mientras estas condiciones prevalecían en la bahía, se avistó el mayor número de individuos de rorcual común, entre los días 06, 07 y 08 de julio. Un total de 20 organismos fueron avistados, principalmente en la zona central de la bahía, aunque hubo registros al norte, cerca de la costa (figuras 17 y 18). Los valores de clorofila registrados en los puntos de avistamiento estuvieron

entre 0.5 y 1.2 mg/m³. Por otro lado, el registro de temperaturas en los puntos de avistamiento estuvo alrededor de 25.5 °C. El último avistamiento de *M. novaeangliae* del presente estudio, se realizó el 06 de julio de 2005, donde se observó un individuo cerca de Canal San Lorenzo (figuras 17 y 18). En ésta fecha se registró un valor de clorofila “a” de 0.5 mg/m³ en el punto de avistamiento, mientras la temperatura en el mismo punto fue de 25 °C.

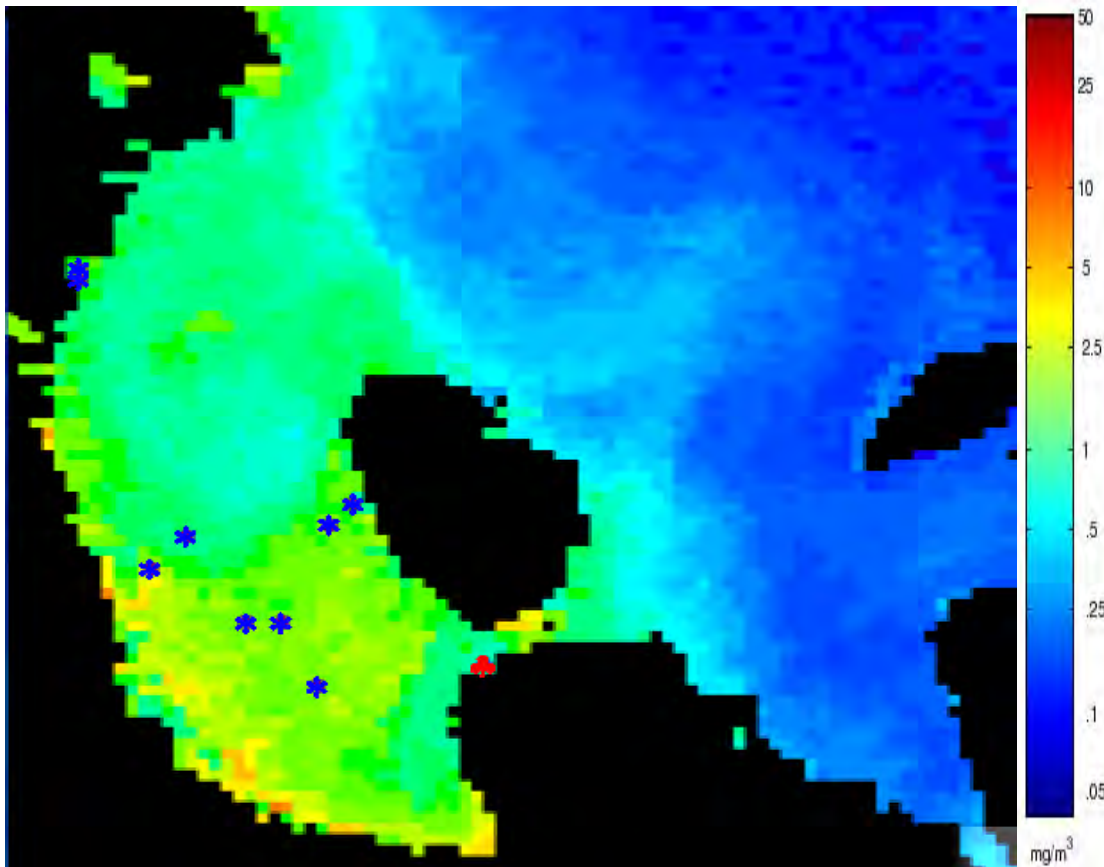


Figura 17. Distribución de *B. physalus* (*) y *M. novaeangliae* (♣), los días 06, 07 y 08 de julio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila “a” (mg/m³).

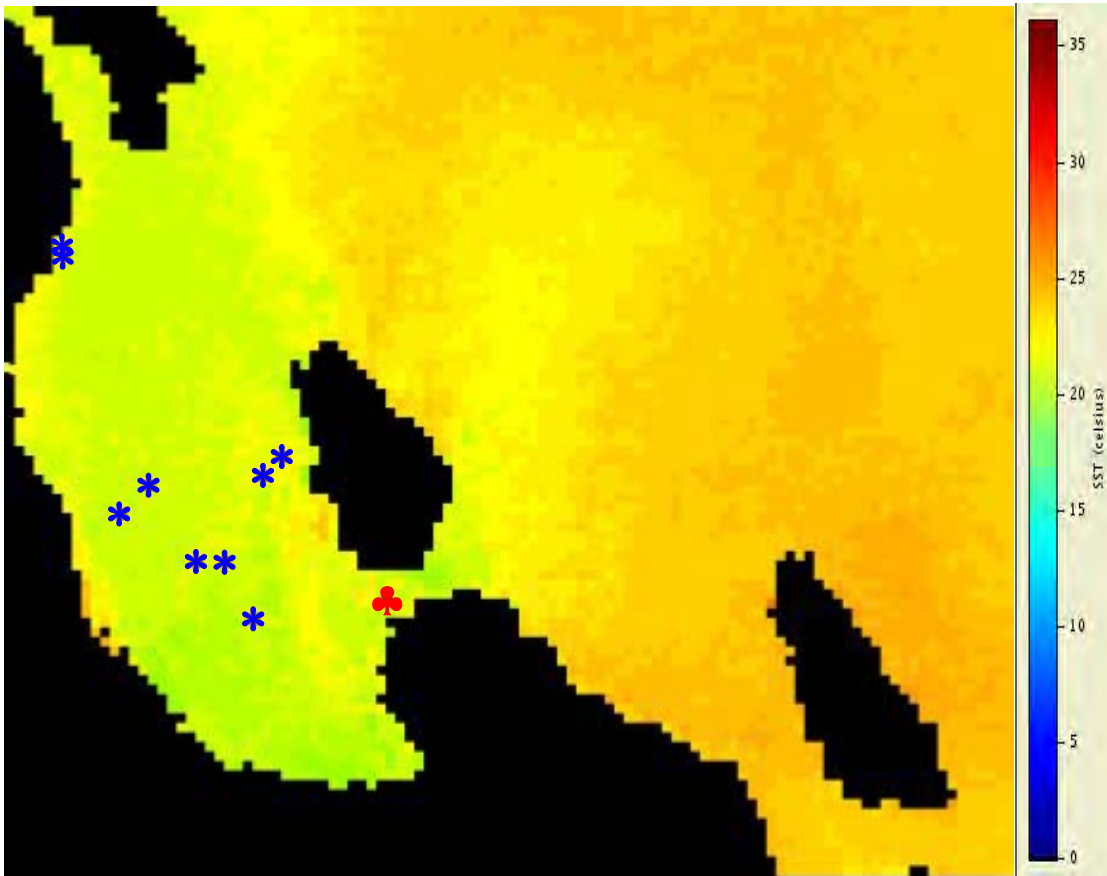


Figura 18. Distribución de *B. physalus* (*) y *M. novaeangliae* (♣), los días 06, 07 y 08 de julio de 2005, sobrepuesto en su imagen de promedio semanal de temperatura (°C).

Unos días después, el 19 de julio, las concentraciones de clorofila "a" siguieron disminuyendo, pero se mantuvieron mayores concentraciones dentro de la bahía que en el golfo, durante esta época. En esta fecha se registraron bajas concentraciones de clorofila "a", presentándose los valores más altos en la zona somera de la bahía, así como en Canal San Lorenzo. El valor máximo registrado fue de 2.1 mg/m^3 (figura 19). De igual manera, la temperatura tuvo valores diferentes dentro y fuera de la bahía, observándose datos más bajos dentro de la misma. Con respecto a los días anteriores, se registró más cálida el área de estudio, con valores mínimos de 25 °C (figura 20), pero con pocas variaciones a lo largo de la bahía. En esta fecha se observaron dos individuos de *B. edeni*, en la zona somera, al sur de la bahía (figuras 19 y 20). El valor de clorofila "a" obtenido en el punto de avistamiento fue de 0.6 mg/m^3 , obteniendo un registro en el punto

de avistamiento de 25.8 °C. Cerca de la zona donde se encontraron los individuos de rorcual tropical, pero un poco más al oeste, se avistaron 9 individuos de *B. physalus*, en varios puntos de avistamiento (figuras 19 y 20). Los valores de clorofila registrados en los puntos, estuvieron entre 0.5 y 0.7 mg/m³. Por su lado, la temperatura osciló entre los 25.0 y 25.8 °C en los mismos puntos.

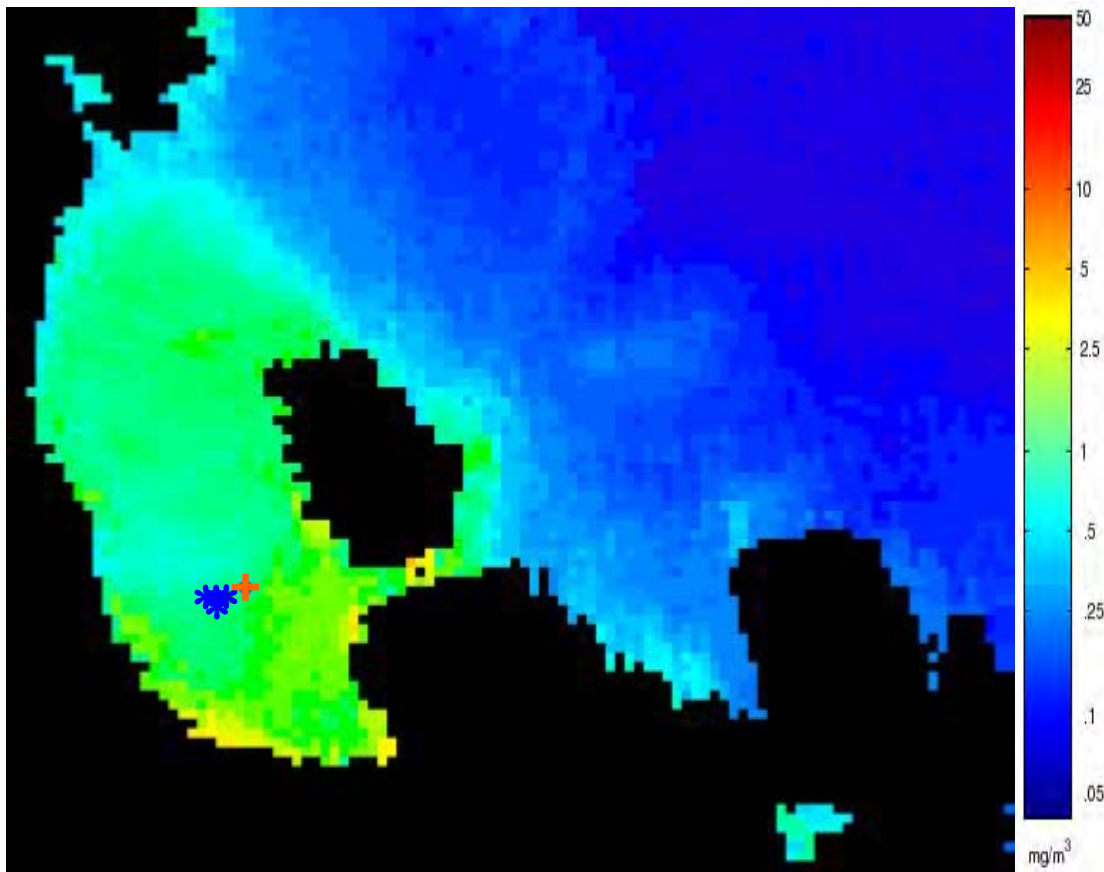


Figura 19. Distribución de *B. edeni* (+) y *B. physalus* (*), el 19 de julio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m³).

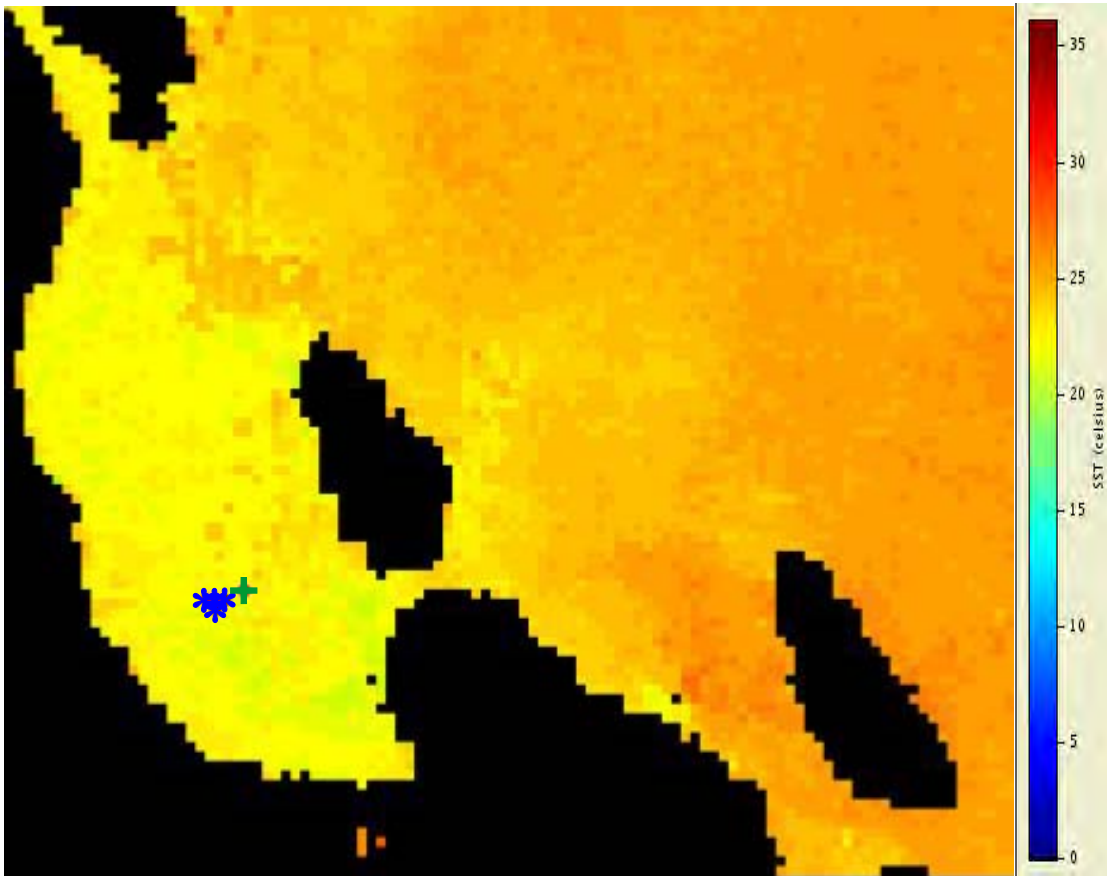


Figura 20. Distribución de *B. edeni* (+) y *B. physalus* (*), el 19 de julio de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

Durante los meses siguientes, la productividad dentro de la bahía fue disminuyendo, hasta encontrar en octubre pocas concentraciones de clorofila “a”. En éste mes se observaron valores ligeramente más altos al sur, donde se observó el valor máximo, que fue de 0.8 mg/m^3 (figura XXIV, anexo). La temperatura durante ésta época presentó un aumento, en comparación con meses anteriores, observándose cálida, con valores mínimos de $27.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (figura XXXV, anexo). El 08 de octubre se avistó 1 individuo de *B. physalus* al sur, en la entrada a la Ensenada de La Paz, donde se registró valor de clorofila de 0.5 mg/m^3 . El registro de temperatura en el punto de avistamiento fue de $28.6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Las concentraciones de clorofila mostraron valores altos durante los primeros meses del 2006, a finales de febrero e inicio de marzo, las concentraciones disminuyeron un poco, volviendo a aumentar los valores a finales

de marzo. Las condiciones de clorofila “a” observadas durante el 18 de febrero de 2006, se consideraron altas en el área del golfo cercana al sur de la bahía (figura XXXVI, anexo), así mismo, se observaron valores altos en Canal San Lorenzo y en la zona central de la bahía, los valores más bajos se observaron al sur de la bahía, cerca de la costa. El valor máximo registrado fue de 5.8 mg/m³. Referente a la temperatura, ésta se observó homogénea dentro del área, así como en los meses muestreados durante éste año. En este día, presentó pocas variaciones, con valores mínimos de 18.9 °C (figura XXXVII, anexo). El 18 de marzo se avistó 1 individuo de *B. physalus*, cerca del centro de la bahía, donde el valor de clorofila registrado fue de 3.3 mg/m³ y la temperatura fue de 20.1 °C.

Unos días después, se observó una disminución en los valores de clorofila “a”, notándose menores concentraciones sur de la bahía, en la zona costera, cercano a El Maguey de La Paz. Las condiciones en el resto de la bahía presentaron concentraciones más altas, presentando valores máximos (de 2.2 mg/m³) al norte de la bahía, así como en Canal San Lorenzo (figura 21). La temperatura tuvo un ligero aumento con respecto a los días anteriores, observándose en general homogénea, pero observándose valores ligeramente más bajos que los registrados en el golfo. Los valores mínimos dentro de la bahía fueron de 19.5 °C (figura 22). Durante 2006 se observaron 9 individuos de Rorcual tropical, diferidos en 4 días. El primer avistamiento se hizo el 26 de febrero de 2006, se observaron cinco individuos, al sureste de Punta Mechudo (figura 21). El valor de clorofila “a” obtenido en el punto de avistamiento fue de 1.9 mg/m³, mientras que la temperatura fue de 21.5 °C. También éste día se registró un individuo de *B. musculus*, al norte de la bahía, cerca de la zona más profunda de la bahía. Con valores de clorofila y temperatura de 0.9 mg/m³ y 21.3 °C, respectivamente.

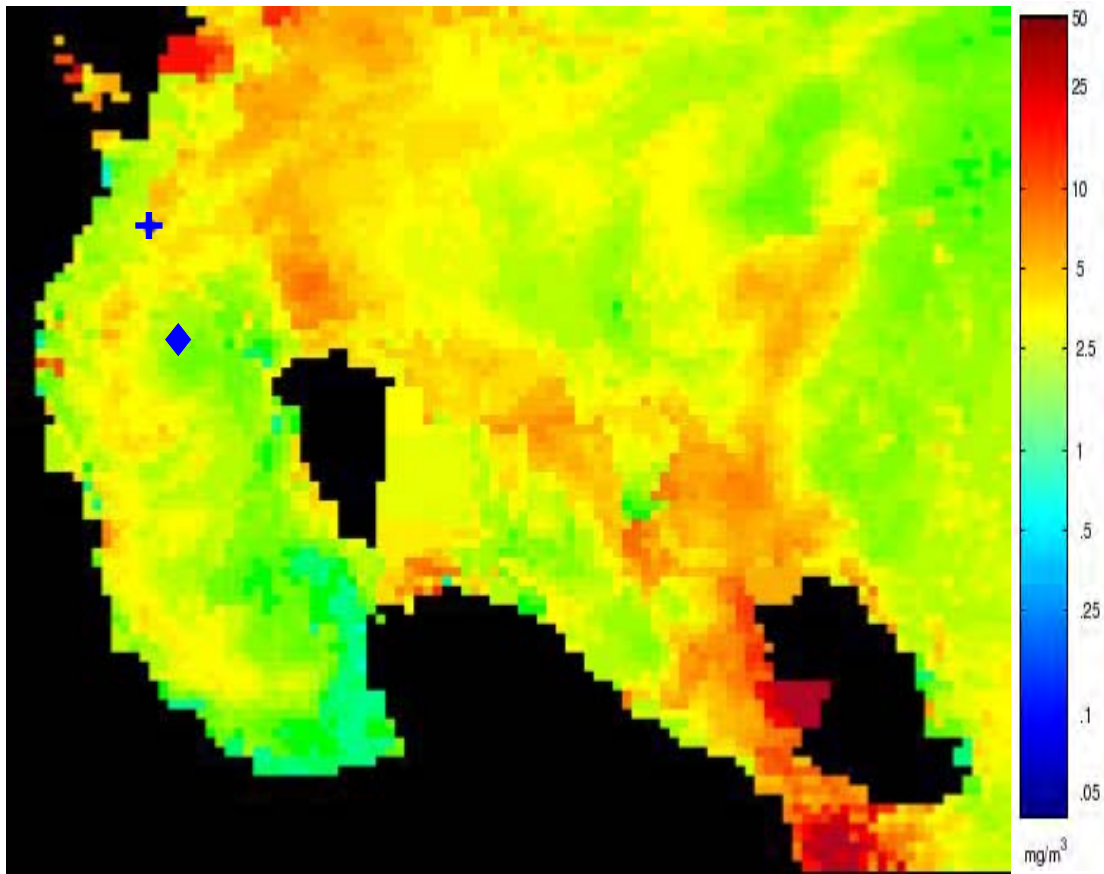


Figura 21. Distribución de *B. edeni* (+) y *B. musculus* (◆), el 26 de febrero de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

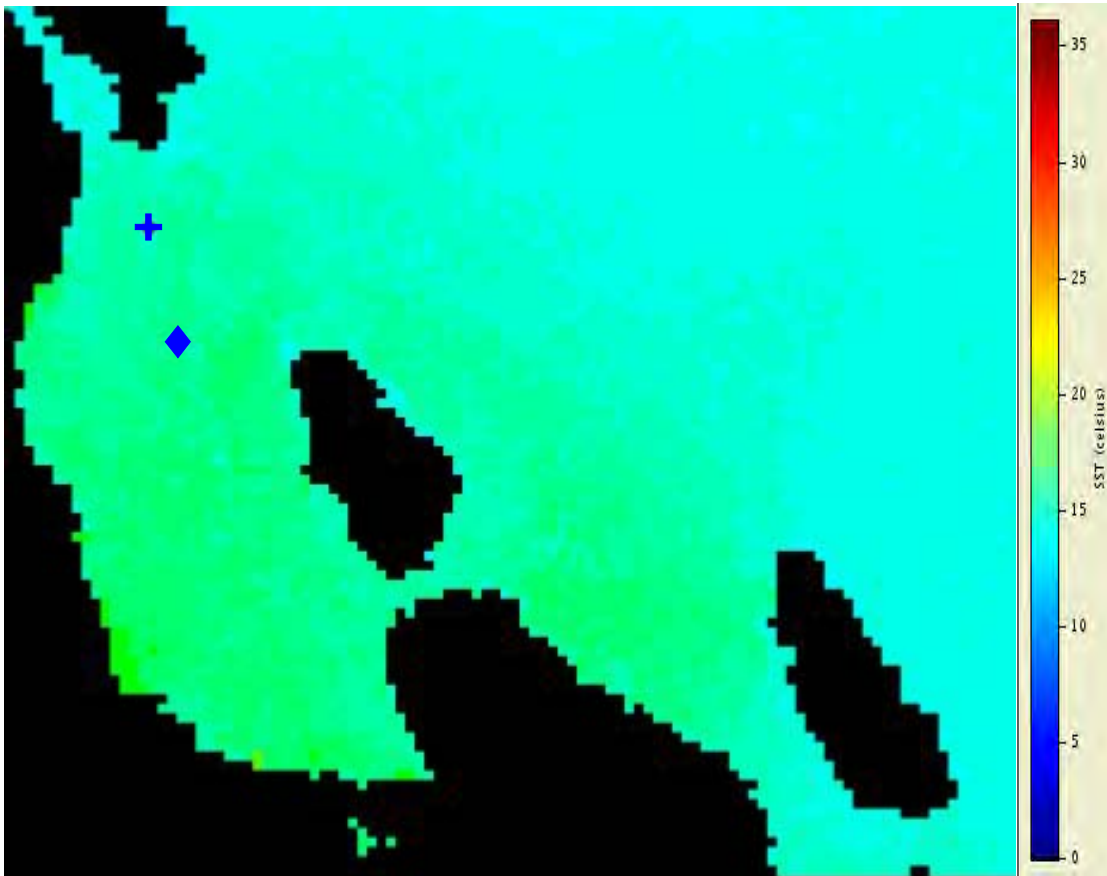


Figura 22. Distribución de *B. edeni* (+) y *B. musculus* (◆), el 26 de febrero de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

En marzo de 2006 las concentraciones de clorofila siguieron disminuyendo en la zona somera de la bahía, de similar forma que en el mes de febrero, los registros de concentraciones más altas, se observaron al norte frente a Punta Mechudo, así como en Canal San Lorenzo, registrando un valor máximo de 2.7 mg/m^3 (figura 23). Durante ésta época se registraron valores bajos de temperatura con respecto al mes anterior (figura 24), observándose ligeramente más alta la temperatura al sur de la bahía. El valor mínimo registrado fue de 19.1°C . Los días 3 y 4 de marzo de 2006 se observaron tres individuos de *B. edeni*, dos al sur de Isla San José y uno al suroeste de Isla Espiritu Santo. La clorofila “a” y temperatura registradas en el punto de avistamiento cercano a Isla San José fueron de 2.1 mg/m^3 y 20.1°C y en el punto cercano a Isla Espiritu Santo fueron de 1.3 mg/m^3 y 22.8°C . El 03 de marzo se observaron tres individuos de *B. musculus*, al norte de Isla Espiritu Santo y al este de Punta Mechudo. Los valores

registrados de clorofila en los puntos, estuvieron alrededor de 1 mg/m^3 . El valor de temperatura obtenido en los puntos de avistamiento estuvo entre 20.1 y $21.1 \text{ }^\circ\text{C}$. También se registró un individuo de *M. novaeangliae*, a l e s t e de Isla E espíritu Santo, con valores de 0.8 mg/m^3 y $20.8 \text{ }^\circ\text{C}$ de clorofila y temperatura.

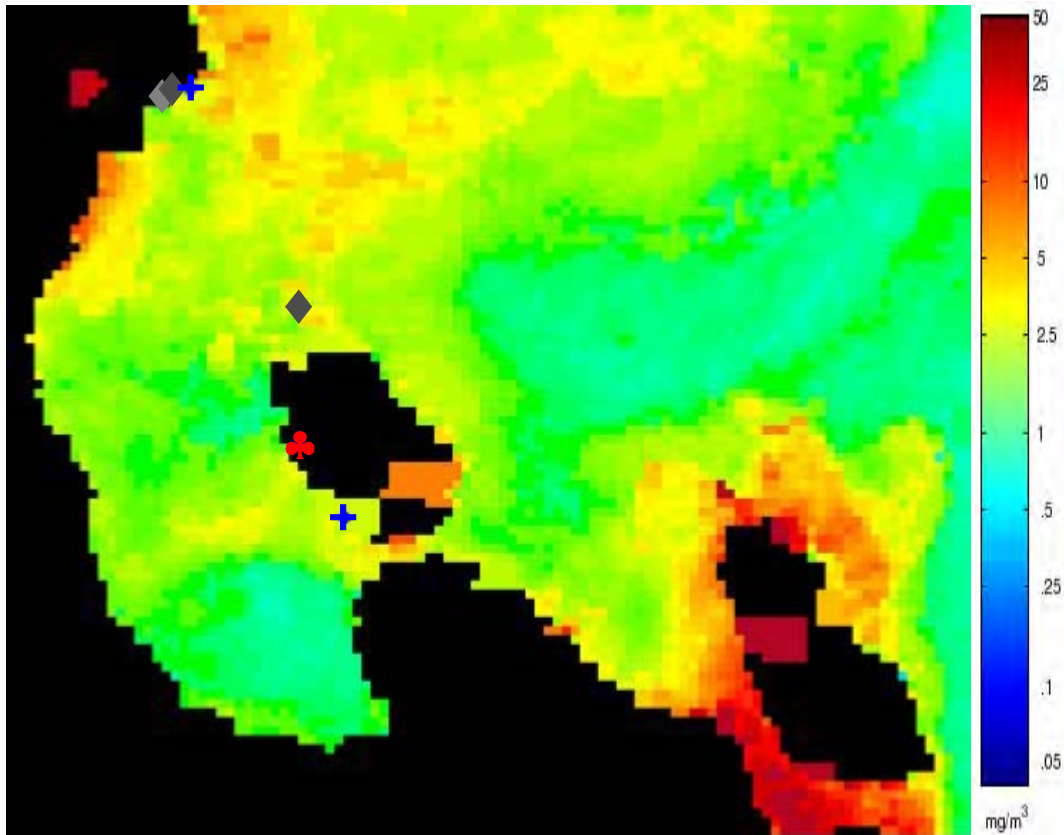


Figura 23. Distribución de *B. edeni* (+), *B. musculus* (◆) y *M. novaeangliae* (♣) los días 03 y 04 de marzo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

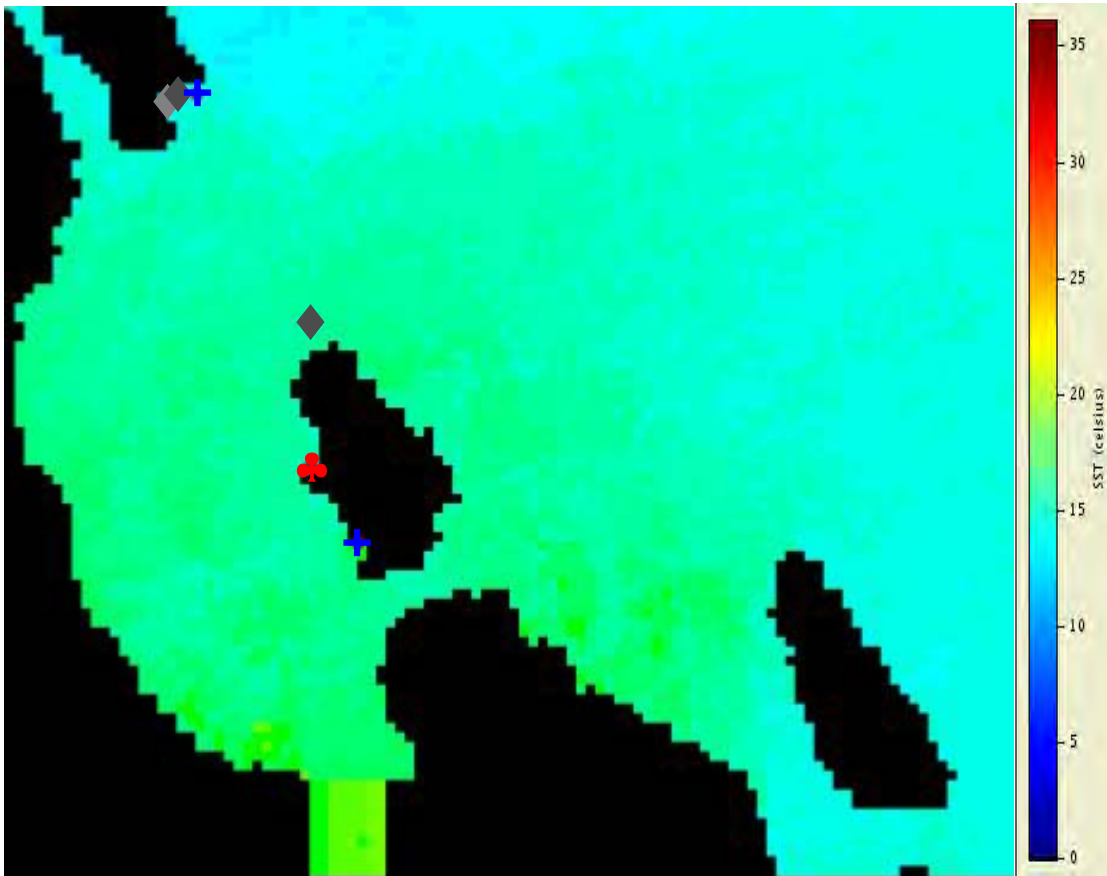


Figura 24. Distribución de *B. edeni* (+), *B. musculus* (◆) y *M. novaeangliae* (♣) los días 03 y 04 de marzo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

A mediados de marzo, se registró un aumento en las concentraciones de clorofila “a” dentro y fuera de la bahía, observándose valores más altos en la mitad norte y cerca de Isla San José. El valor máximo registrado de clorofila fue de 7.9 mg/m³ (figura 25). La temperatura durante ésta época se observó homogénea dentro de la bahía (figura 26), observándose valores ligeramente más bajos en la parte norte. La mínima registrada fue de 19.0 °C. El último registro de *B. physalus* ocurrió el 18 de marzo, donde se avistaron 3 individuos cerca del centro de la bahía, el valor de clorofila en los puntos de avistamiento fue de 2.2 y 1.9 mg/m³, con una temperatura de 20.4 y 20.8 °C. Éste día también se observó un individuo de *M. novaeangliae* en la parte somera, cerca del punto donde se localizó uno de los individuos de *B. physalus*, las condiciones de temperatura y clorofila fueron similares.

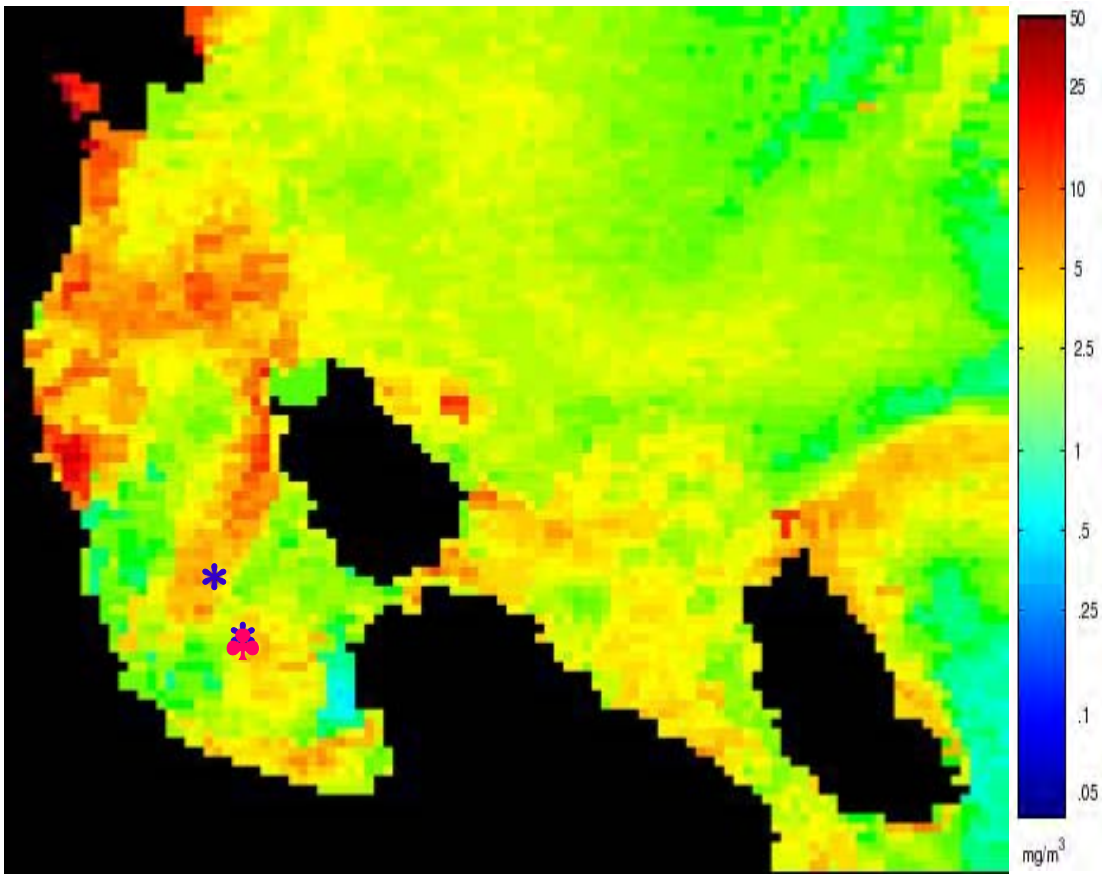


Figura 25. Distribución de *B. physalus* (*) y *M. novaeangliae* (♣) el 18 de marzo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

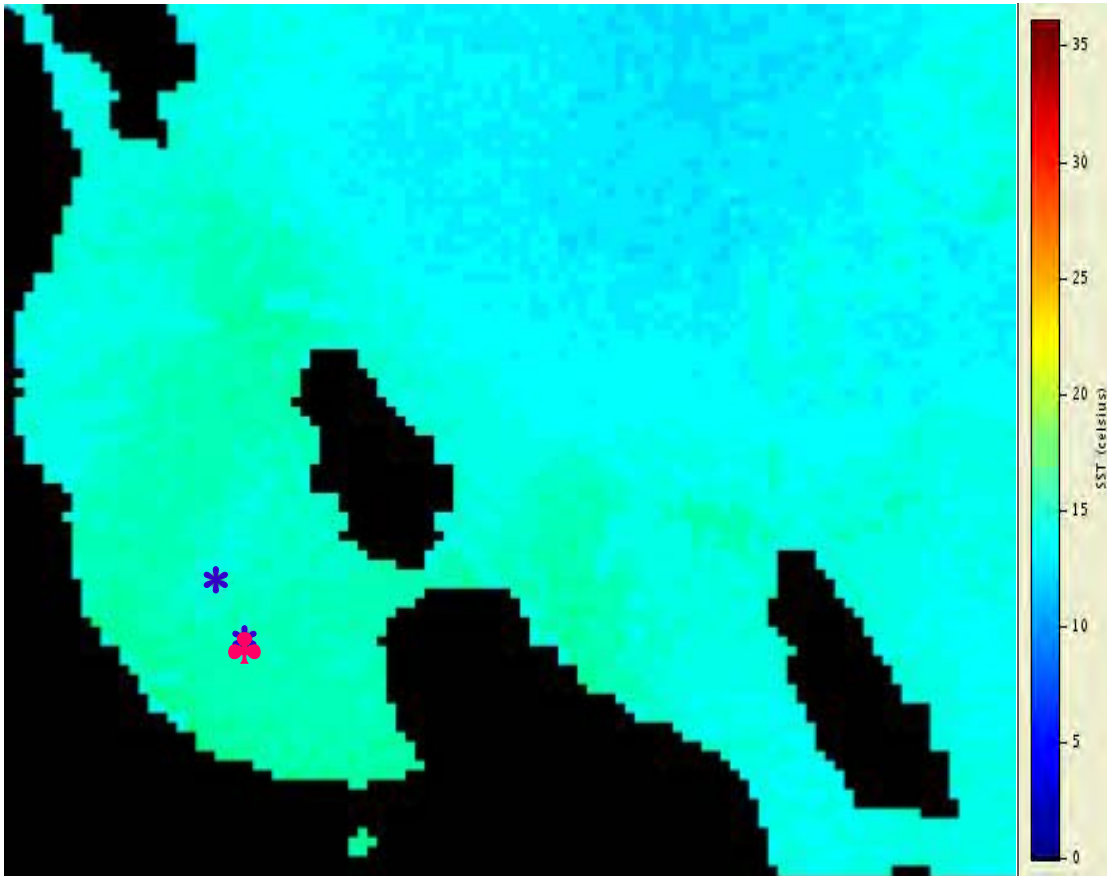


Figura 26. Distribución de *B. physalus* (*) y *M. novaeangliae* (♣) el 18 de marzo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

Finalmente, a principios de mayo, las concentraciones de clorofila volvieron a disminuir. En ésta fecha se registró una baja concentración de clorofila “a” (figura XXXVIII, anexo), donde los valores más altos se observaron en Canal San Lorenzo, registrando un valor máximo de 2.1 mg/m^3 . La temperatura se mostró homogénea durante ésta época, observándose valores al rededor de los $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (figura XXXIX, anexo). El primero de mayo sólo se observó un individuo de *B. edeni*, al este de Isla Espíritu Santo. El valor de clorofila “a” obtenido en el punto de avistamiento fue de 1 mg/m^3 y la temperatura presentó un valor de $24.6 \text{ }^\circ\text{C}$.

En la tabla 1 se puede observar un resumen de los avistamientos ocurridos durante la época de muestreo, encontrando que en el 2005 se registró el mayor número de especies (5), donde sólo faltó observar *E. robustus* y *B. borealis*. Así mismo, en éste año se observó el mayor número de organismos, con un total de

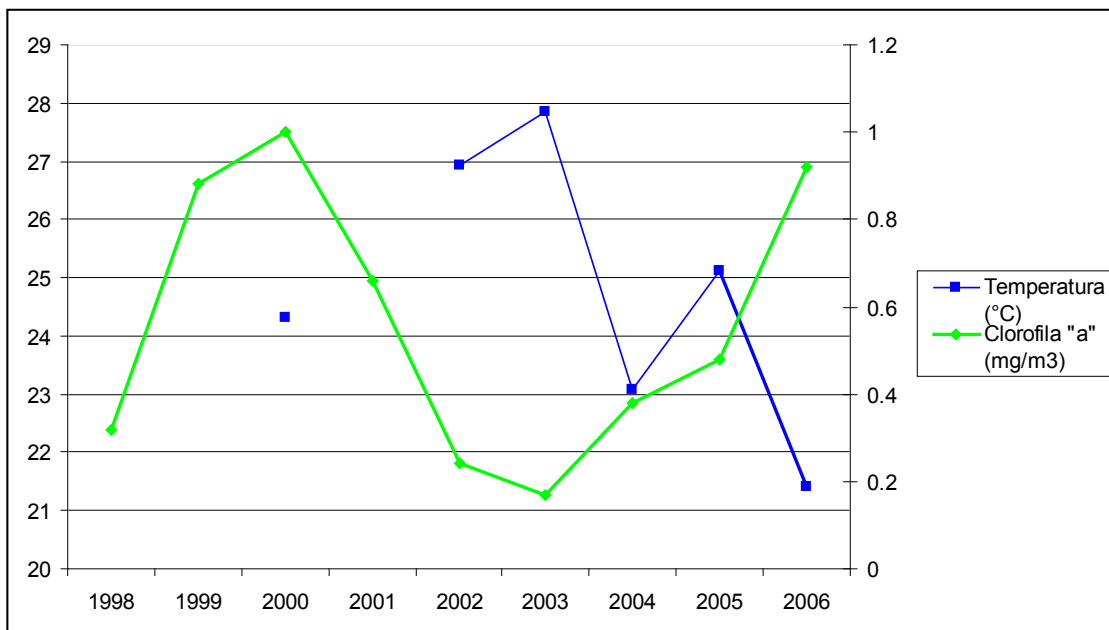
69 individuos. Observando que en 1999 no hubo registros de cetáceos dentro de la Bahía de La Paz

Tabla 1.- Resumen de avistamientos de cetáceos por año, por especie desde 1998 hasta 2006, en la Bahía de La Paz.

Año / Número de organismos por especie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Balaenoptera edeni</i>	2	0	7	1	1	2	7	6	9
<i>B. physalus</i>	0	0	0	15	0	0	6	46	4
<i>B. musculus</i>	1	0	2	1	0	0	0	7	4
<i>Megaptera novaeangliae</i>	0	0	1	1	0	0	2	9	0
<i>Eschrichtius robustus</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. borealis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>B. acutorostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0

En el gráfico 1, se observa el promedio de las temperaturas y concentraciones de clorofila "a", obtenidas durante las fechas de muestreo. Se nota un aumento en los promedios de clorofila "a" desde 1998 a 2000, observándose un decremento constante hasta el 2003, aumentando de nuevo a partir de éste año, hasta el 2006. Referente a la temperatura, se observa que el promedio disminuye 5°C de 2003 a 2004, aumentando 2 grados de 2004 a 2005 y disminuyendo de nuevo en el último año 3.5 °C.

Gráfico 1.- Promedio anual de temperatura y Clorofila "a" durante los años de muestreo en la Bahía de La Paz.



Estadísticos

Los análisis de correlación sólo fueron efectuados con 4 especies (*Balaenoptera edeni*, *B. physalus*, *B. musculus* y *Megaptera novaeangliae*), debido a que tres especies sólo fueron registradas una vez dentro de la Bahía de la Paz (*Eschrichtius robustus*, *B. borealis* y *B. acutorostrata*), por lo que no tuvieron el número de avistamientos suficientes para efectuar dicho análisis estadístico.

El análisis de correlación múltiple efectuado para *B. edeni*, dio como resultado una correlación estadísticamente significativa de forma negativa para temperatura, con un valor de -0.60 . De manera contraria, no existieron correlaciones estadísticamente significativas con clorofila "a" ni con profundidad, durante los 8 años de muestreo (tabla 2).

Tabla 2.- Correlación efectuada para *B. edeni*.

	<i>B. edeni</i>	Clorofila "a"	Temperatura	Profundidad
<i>B. edeni</i>		0.07	-0.60	-0.12
Clorofila "a"	0.07		0.33	-0.15
Temperatura	-0.60	0.33		0.07
Profundidad	-0.12	-0.15	0.07	

Para *B. physalus*, el análisis de correlación múltiple efectuado, no presentó alguna relación estadísticamente significativa entre dicha especie y los parámetros analizados durante los años de muestreo. Sin embargo, se observó una correlación negativa estadísticamente significativa con un valor de -0.81 entre temperatura y clorofila "a" (tabla 3).

Tabla 3.- Correlación efectuada para *B. physalus*.

	<i>B. physalus</i>	Clorofila "a"	Temperatura	Profundidad
<i>B. physalus</i>		-0.39	0.27	-0.21
Clorofila "a"	-0.39		-0.81	-0.09
Temperatura	0.27	-0.81		0.10
Profundidad	-0.21	-0.09	0.10	

Como se puede observar en la tabla 4, el análisis de correlación múltiple realizado, no presentó correlaciones estadísticamente significativas entre *B. musculus* y los parámetros analizados durante los años de muestreo. De igual forma no existieron correlaciones estadísticamente significativas con el mismo valor de “p”, entre los parámetros obtenidos durante los avistamientos de ésta especie, sólo existió una correlación negativa entre profundidad y el valor de clorofila “a” obtenido en el punto de avistamiento.

Tabla 4.- Correlación efectuada para *B. musculus*.

	<i>B. musculus</i>	Clorofila “a”	Temperatura	Profundidad
<i>B. musculus</i>		0.35	0.49	-0.19
Clorofila “a”	0.35		0.39	-0.65
Temperatura	0.49	0.39		0.01
Profundidad	-0.19	-0.65	0.01	

Finalmente, los análisis estadísticos efectuados entre *M. novaeangliae*, temperatura, clorofila “a” y profundidad, sólo presentaron correlaciones estadísticamente significativas entre la especie y la profundidad, no existió correlación entre los demás parámetros y la especie durante los años de muestreo. De la misma manera no hubo correlaciones estadísticamente significativas con el mismo valor de “p”, entre los parámetros obtenidos durante los avistamientos de ésta especie, excepto entre temperatura y profundidad (tabla 5).

Tabla 5.- Correlación efectuada para *M. novaeangliae*.

	<i>M. novaeangliae</i>	Clorofila “a”	Temperatura	Profundidad
<i>M. novaeangliae</i>		-0.02	0.07	-0.53
Clorofila “a”	-0.02		0.09	0.08
Temperatura	0.07	0.09		-0.58
Profundidad	-0.53	0.08	-0.58	

DISCUSIÓN

El análisis de las imágenes de satélite correspondientes a las épocas de muestreo en la Bahía de La Paz, permitió identificar la variabilidad estacional e interanual de los parámetros estudiados. También se puede inferir que los procesos presentes en el litoral se ven influenciados en gran parte por el ambiente existente en el Golfo de California, aunque también existen condiciones propias de la bahía en las diferentes temporadas, que le confieren propiedades intrínsecas.

A lo largo de los años, se observó que la temperatura superficial del mar mostró una variabilidad anual, estacional y espacial, donde en general los valores máximos se registraron en verano y los mínimos en invierno. Es importante resaltar que durante los muestreos de invierno se observaron condiciones homogéneas, con respecto a la distribución horizontal de la temperatura. Esta situación contrastó con las condiciones encontradas en la temporada cálida, donde se apreciaron temperaturas diferentes a lo largo de la bahía, esto concuerda en su mayor parte con los análisis que realizó Obeso-Nieblas (2003) quien menciona que la estructura de temperatura que existe para dicha época, está influenciada por la alta radiación solar, los vientos débiles del sur y sureste y las frecuentes calmas en la región. Debido a estas condiciones prevalecientes, se pudo observar en los resultados de temperatura, la existencia de gradientes en la horizontal durante los avistamientos de verano. Durante el invierno se observaron datos más homogéneos a lo largo de la bahía, para esto, Obeso (2003), explica que lo anterior es producido por la menor radiación solar de la época, los fuertes vientos del noroeste y norte, lo cual produce una importante capa de mezcla.

Referente a la clorofila "a", se pudo observar que su distribución espacial varía en ambas épocas. Las concentraciones más altas de clorofila se registraron durante la época fría y las mínimas en la época cálida, exceptuando lo ocurrido en Agosto de 2000 (figura XIV, anexo), donde se registró una elevada concentración de clorofila "a", inusual para la época. En general, las condiciones observadas de clorofila fueron en incremento desde febrero, hasta principios de abril. A nivel

superficial se observó que la distribución de dicho pigmento mostró una correspondencia inversa con la temperatura en la mayoría de las fechas de avistamiento, es decir, a mayor temperatura, menor concentración de clorofila "a". En las diferentes épocas las concentraciones de clorofila "a" fueron mayores en la zona somera y dentro del Canal San Lorenzo, lo que fue más evidente durante la época fría. Con respecto a lo anterior Sánchez-Avelar (2005), menciona que dichas concentraciones pueden ser generadas por la producción propia de la bahía, combinada con la influencia de la producción proveniente del Golfo de California. En invierno, la distribución pareció depender de los vientos del noroeste presentes en dicha época, que provocaron por una parte un arrastre de fitoplancton y por consecuencia altas concentraciones al Sur Sureste y Este. Martínez-López *et al.* (2001), mencionan que la clorofila tiene un comportamiento estacional inverso a la temperatura y a la transparencia del agua, que sus valores están asociados con los procesos de mezcla de la columna de agua y con la disponibilidad de nutrientes en la zona eufótica en la bahía y que además, parece ser que las variaciones en volumen referido al total de mg/m^3 en la columna, no son importantes, sino más bien, es la distribución.

Debido a las diferentes condiciones que se presentaron entre épocas (cálida y fría) y en los diferentes años de muestreo, la distribución de *Misticetos* presentó diferencias tanto espacial, como temporalmente.

Pese a las coincidencias visuales que existen en la distribución espacial y temporal de *Misticetos* con la distribución de los parámetros ambientales, esto no es suficiente indicativo para determinar una dependencia directa y única entre ellos, por lo que el análisis de correlación múltiple indicó que tipo de relaciones existieron entre los parámetros analizados y las diferentes especies de ballenas encontradas dentro de la Bahía de La Paz. Lo anterior, debido a que el índice de correlación permite establecer si entre dos variables existe o no una relación o dependencia matemática.

La única especie que presentó correlación con la temperatura, fue *Balaenoptera edeni* (-0.60), la cual fue una relación inversa, es decir, a mayor temperatura, menor incidencia de individuos. Sin embargo, no fue la única especie que presentó una correlación con alguno de los parámetros estudiados, *Megaptera novaeangliae* también presentó una relación negativa, pero en su caso fue con la profundidad. La falta de correlaciones entre las demás especies y los parámetros, tal vez es debido a que la estructura espacial y temporal de las comunidades de cetáceos está influenciada en menor o mayor medida por muchas variables Jaquet (1996), menciona que la contribución relativa de cada uno de éstos parámetros en la distribución de dichos organismos, es en general difícil de estimar cuantitativamente. Sin embargo, la correlación de las variables ambientales con la presencia de cetáceos mediante técnicas estadísticas modernas de ordenación multidimensional, permite incrementar nuestro conocimiento de su ecología e indicar cuantitativamente en términos relativos cuales variables oceanográficas influyen principalmente en la distribución de cetáceos (Smith *et al.*, 1986; Reilly, 1990; Davis *et al.*, 2002; Palacios, 2003; Chávez, 2006).

De las especies estudiadas en el presente trabajo, algunas se consideran residentes, mientras que otras llegan a ésta región temporalmente como parte de su comportamiento migratorio, sin embargo, las especies *Eschrichtius robustus*, *Balaenoptera borealis* y *B. acutorostrata* fueron registradas sólo una vez dentro de la bahía en los ocho años de muestreo, lo que puede estar reflejando otro tipo de comportamiento, que no sea alguno de los antes mencionados. En los demás casos, la mayoría de las especies (exceptuando a *B. borealis*) estuvieron presentes durante la época fría (Noviembre a Mayo), lo que concuerda con lo mencionado por Chávez (2006), quien reportó una mayor presencia de algunas especies como ballena azul (*Balaenoptera musculus*), ballena de aleta (*B. physalus*), ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y ballena de Bryde (*B. edeni*), en la temporada fría dentro del Golfo de California, por lo que se puede

inferir que existe una relación entre los organismos vistos dentro de la Bahía de La Paz y los organismos encontrados en el golfo.

En 2005 se observó el mayor número de organismos (69), así como el mayor número de especies registradas (7) para un año, disminuyendo ambos números en 2006 (Tabla 1). Esto es contrario a lo encontrado por Garcia-Morales (2008), quien menciona que para 2006 hubo una mayor cantidad de organismos registrados en el Golfo de California con respecto al 2005. Debido a esto y a que las condiciones oceanográficas dentro de la Bahía de La Paz, e especialmente temperatura y clorofila "a" sufren un desfase con respecto a las condiciones prevalecientes en el bajo golfo, se podría inferir que ésta área es utilizada por algunos Misticetos como zona de amortiguamiento y/o protección, teniendo movimientos al interior de la bahía, cuando las condiciones prevalecientes en el golfo no son las aptas para dichos organismos.

Balaenoptera edeni

Esta especie presentó en general una distribución más cercana a la zona de las bocas de la bahía y al complejo insular Espíritu Santo – La Partida durante las fechas de muestreo. El análisis de correlación múltiple con $p < 0.05$ mostró que existieron correlaciones estadísticamente significativas con la temperatura, durante las fechas de muestreo (tabla 2). Este parámetro cambia notablemente en las dos épocas presentes en la bahía. La correlación encontrada fue de tipo negativa, es decir, los mayores números de avistamientos correspondieron con las menores temperaturas. Chávez (2006), menciona que se han registrado dos formas de *B. edeni*, una en el Atlántico Sur y la otra en el Pacífico Norte; la primera se alimenta principalmente de peces y presenta una distribución predominantemente costera, mientras que la otra forma tiende a ser planctófaga (principalmente eufáusidos) y habita preferentemente en aguas oceánicas. Dicha especie ha sido observada ingiriendo cardúmenes de sardinias mezcladas con agregaciones del eufáusido *N. simplex* en la zona cercana a la Bahía de La Paz (Gendron, 1993) y aunque no existe evidencia, es posible que la ballena de Bryde

distribuida en el Golfo de California sea una forma costera análoga a la registrada en el Atlántico Sur, con preferencias predominantemente costeras dentro de la bahía, encontrada frecuentemente en zonas con profundidades entre 50 y 100 metros dentro de la Bahía de La Paz. A pesar de no haber encontrado una correlación estadísticamente significativa en el análisis estadístico (tabla 2), se puede apreciar una baja relación negativa entre la profundidad y la presencia de organismos, lo que es corroborado visualmente con las imágenes, donde se observa una preferencia por zonas cercanas a las islas, cercana a la costa y a la zona sur de la bahía.

Así mismo, la presencia de *B. edeni* en la bahía, puede ser explicada por la distribución de sardina monterey (*Sardinops sagax*), que se reproduce en invierno y primavera (en aguas frías de surgencia) y no tanto por la distribución de clorofila "a", tomando en cuenta que su alimento no es el fitoplancton, sino peces y/o zooplancton (Lluch-Belda *et al.*, 1986; Hammann *et al.*, 1988). En verano, cuando la temperatura del agua se incrementa, las sardinas adultas tienden a migrar hacia el norte del Golfo de California, y los huevecillos y larvas son transportados hacia ésta misma región. Sin embargo, la distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina, como indicadores de la presencia de organismos adultos (Hammann *et al.*, 1988), pueden encontrarse desde el extremo norte hasta la boca del Golfo, llegándose a introducir en la bahía (Moser *et al.*, 1974).

Referente a la correlación negativa con la temperatura (-0.60 con $p < 0.05$), Urbán y Flores (1996) mencionan que en la Bahía de La Paz la abundancia anual del rorqual tropical al parecer está relacionada con la temperatura del agua, ya que durante El Niño (ENSO) 1986-1987 se registró una baja abundancia, mientras que conforme el fenómeno desaparecía (junio 1988-abril 1989), el número de organismos registrados aumentó, incrementándose durante las condiciones templadas de La Niña (mayo 1989-abril 1990), seguido por una disminución drástica de animales durante un periodo anormal caliente (mayo 1990-abril 1991).

Lo anterior, tal vez sea debido a los hábitos alimenticios de la ballena de Bryde, la cuál ha sido encontrada alimentándose en áreas de surgencia costeras, donde la temperatura es más fría (Gallardo *et al.*, 1983; Tershy, 1992) y su patrón de distribución, parece ser similar al patrón de la migración de las sardinas, por lo que Tershy (1992) sugiere que la distribución de *B. edeni* en el Golfo podría estar determinada por la distribución de los cardúmenes de sardina, lo que a su vez, podría estar relacionado con las mayores abundancias dentro de la bahía, que ocurrieron durante las temporadas frías de los años analizados. Además, igual que en el alto golfo, la presencia de ésta especie dentro de la bahía, pudiera estar influenciada por las características propias de la región: aguas someras y relativamente frías, en la época fría (Chávez, 2006).

Balaenoptera physalus

B. physalus se presentó en mayores ocasiones durante la temporada fría, principalmente durante el mes de mayo y tuvo una distribución preferente en la zona central de la bahía. Lo anterior coincide con lo mencionado por Flores-Ramírez *et al.* (1996), quienes mencionan que el rorcual común se presenta todo el año en el área, se distribuye principalmente en la zona media de la bahía y su abundancia no cambia entre estaciones, pero que sin embargo, la serie anual muestra que su abundancia aumenta ligeramente en marzo y repunta significativamente en mayo. Lo anterior podría indicar que un grupo ingresa a la bahía en dos pulsos espaciados, o que dos grupos distintos ocupan la bahía en secuencia.

Por otro lado, no existieron evidencias estadísticamente significativas que pudieran relacionar la presencia de los organismos con las variables analizadas. Dicha falta de correlación puede ser explicada por la dieta de la especie, que presenta una alimentación omnívora, es decir, el rorcual común tiene un a de las dietas más variadas entre los Misticetos, y a que es capaz de alimentarse prácticamente de cualquier organismo adecuado que encuentre, puede ingerir

diferentes especies de crustáceos y de pequeños peces, así como ocasionalmente cefalópodos (Borobia *et al.*, 1995; Guerrero *et al.*, 2006; Doniol-Valcroze *et al.*, 2007), por lo que se puede sugerir que la temperatura no es un factor que afecte su distribución, ya que debido a su omnivoría, su alimento no está restringido a un intervalo de temperatura. En el estuario de San Lorenzo, al noroeste del Atlántico, Marchand *et al.* (1999), observaron que los patrones de distribución del capelán, pez presa de ésta especie, no coincide exactamente con la distribución del krill y sus patrones de agregación son probablemente menos influidos por frentes térmicos. Al no existir una correlación directa entre la distribución de éste pez y la temperatura del mar, se esperaría que éste parámetro no afecte de manera significativa o directa la distribución de la ballena de aleta. Por otro lado, pese a que los eufáusidos se alimentan de fitoplancton, existe un desfase en los picos de producción, por lo que tampoco se esperaría que ésta condición ambiental influya directamente en la distribución de *B. physalus*, razón por la cual puede no existir alguna correlación estadísticamente significativa de las concentraciones de clorofila “a” con la presencia de ésta especie. Lo anterior implicaría que los organismos no estén directamente afectados por la variación de temperatura o clorofila “a” para su distribución. Esto es similar a lo encontrado por Salvadeo (2008) para odontocetos, quien observó un desfase temporal entre los picos de productividad y una mayor presencia de dichos cetáceos. Finalmente, Díaz (2006), menciona que la población residente del Golfo de California no presenta una distribución uniforme en el espacio y tiempo y no encontró diferencias notables en las abundancias de ésta especie entre verano e invierno, lo que nos hace suponer que los cambios climáticos estacionales no afectan su distribución.

Balaenoptera musculus

Referente a *Balaenoptera musculus*, ésta especie se observó en zonas relativamente someras, registrada preferentemente en profundidades no mayores a 150 metros. No presentó correlaciones estadísticamente significativas con las variables analizadas, sin embargo, aunque no existieron dichas relaciones, Doniol-Valcroze *et al.* (2007), mencionan que la ballena azul es una especie altamente

relacionada con frentes. Moore *et al.* (2002), mencionan que dicha especie suele ser encontrada en localidades con agua fría y zonas con fuertes gradientes de temperatura, o frentes y que tales frentes térmicos a menudo corresponden con las zonas de mayor productividad y mayores concentraciones de zooplancton, además mencionan que esta especie suele asociarse con altas concentraciones de clorofila “a” durante la primavera, en el noroeste del Pacífico, pero no así en otras temporadas.

Aunque en el presente trabajo no hubo correlaciones estadísticamente significativas con clorofila “a”, visualmente se puede observar una asociación entre algunos organismos de ballena azul y altas concentraciones de clorofila, como se observa en las figuras. Aunque esto no coincide con lo observado en la primavera del Pacífico mencionada por Moore *et al.* (2002), quienes encontraron que los individuos se localizaban en aguas relativamente frías y productivas, si lo hace con lo mencionado por Flores-Ramírez *et al.* (1996), quienes encontraron que los avistamientos de dicha especie fueron más abundantes en la estación templada, cuando ingresan a la bahía durante sus marcadas migraciones. Además, esto puede estar influenciado por el comportamiento propio de la bahía, que difiere al Noroeste del Pacífico, ya que dentro de dicha bahía ocurren procesos físicos locales, como un mayor calentamiento y vientos locales, que afectan su dinámica y alteran las características del agua en esta región (Obeso, 2003). Durante 1998, 2000 y 2001, en la temporada fría, la ballena azul pareció estar asociada a zonas con bajas concentraciones de clorofila “a”, Chávez (2006), menciona que ha y ocasiones en las que la especie está más asociada con aguas que presentan elevadas abundancias de eufáusidos que con zonas con elevada producción primaria.

Megaptera novaeangliae

M. novaeangliae presentó correlación estadísticamente significativa con la profundidad (tabla 5), con un valor de $p < 0.05$. Durante los 8 años de muestreo, se observó una distribución preferentemente en profundidades no mayores a 150

metros. Guerrero *et al.* (2006), mencionan que la ballena jorobada se encuentra comúnmente en aguas costeras y/o sobre la plataforma continental y que además, es posible llegar a observar a la especie alimentándose cerca de bajos. Ellos mismos mencionan que su distribución radica en la composición del grupo y en la extensión de la plataforma continental, lo cuál es confirmado con la correlación negativa obtenida en el presente trabajo, es decir, el mayor caso de avistamientos obtenidos de ésta especie, se dio donde la profundidad fue menor. Lo anterior se puede explicar por la composición del grupo, Guerrero *et al.* (2006), mencionan que en Bahía de Banderas, los grupos con crías se distribuyen en profundidades menores a los 100 metros y distancias entre 1 y 4 kilómetros de la costa. Al igual que *B. musculus*, ésta especie fue más abundante en la estación templada, cuando ingresa a la bahía durante su migración. Sus registros fueron en su mayoría cerca de las bocas y fue observada por lo general en la época fría, principalmente en el mes de marzo, lo que puede indicar que la bahía no es un lugar de permanencia en general para los individuos de ésta especie, sino por el contrario, es una especie que utiliza el área sólo de paso.

En varias ocasiones se observaron individuos solos, en el caso que hayan sido machos, Calambokidis *et al.* (2000), informan que los machos frotos identificados en el área de alimentación de California (Pacífico nororiental) tienen una mayor probabilidad que las hembras de ser observados en el área de reproducción de México. Respecto a esto, Urbán *et al.* (2000), mencionan que la población mexicana de ballena jorobada exhibe una alta filopatría hacia áreas específicas de alimentación y consistentes retornos migratorios a la región de reproducción en invierno.

Por otro lado, se observaron individuos en la época de transición entre la época fría y la cálida dentro de la bahía, incluso algún individuo durante el mes de julio de 2005. Algunos autores han planteado la hipótesis de que existen individuos, probablemente hembras, que permanecen en las áreas de alimentación durante todo el año (Chittleborough, 1958; Brown *et al.*, 1995; Craig

& Herman, 1997) y aunque dicha hipótesis no ha sido comprobada, se podría suponer que de igual manera, si existen las condiciones ideales dentro del Golfo de California y en la Bahía de La Paz, se podrían encontrar individuos que permanezcan todo el año en la bahía y/o sus alrededores, como fue el caso del 6 de julio de 2005, donde las condiciones de clorofila máximas dentro de la bahía fueron de 2.8 mg/m³.

B. acutorostrata*, *B. borealis* y *Eschrichtius robustus

Las 3 especies restantes encontradas en la Bahía de La Paz (*B. acutorostrata*, *B. borealis* y *Eschrichtius robustus*) solo fueron registradas una vez durante los ocho años de muestreo, Flores-Ramírez *et al.* (1996), mencionan que *Balaenoptera acutorostrata* se presentó esporádicamente en la transición entre las estaciones cálida y templada, lo que coincide con el avistamiento obtenido en el presente trabajo, que fue visto durante mayo de 2005, en condiciones con altas concentraciones de clorofila “a” y temperaturas. Respecto a *B. borealis*, Guerrero *et al.* (2006), apuntan que esta especie se ha encontrado esporádicamente en aguas mexicanas, asimismo, mencionan que en la costa occidental de la Península de Baja California, la ballena gris, *E. robustus*, se distribuyó dentro de los 4km de distancia a la costa, entre los años de 1996 a 2000. Por lo anterior, se considera que el área de estudio fue utilizada como paso por estas últimas especies.

Finalmente, cabe aclarar que son muchos los factores que pueden establecer la distribución de los organismos. La interacción de fenómenos físicos, biológicos y las características propias de cada especie, determinan las rutas de suministro de nutrientes a los productores primarios en la mayoría de los ambientes marinos, lo que a su vez, determina la distribución de los cetáceos. En general, la distribución de las especies está regularmente asociada a la compleja oceanografía generada por variables físicas, biológicas y topográficas, así como a las interacciones biológicas, físicas y las relaciones tróficas de sus presas en cualquier nivel trófico: fitoplancton, zooplancton, micronecton y necton.

(Baumgartner *et al.*, 2001; Chávez, 2006). Para poder entender cómo varía espacio-temporalmente la densidad de cetáceos, es necesario conocer la variabilidad de las condiciones climáticas y oceanográficas del ambiente, permitiendo así definir las características que componen el hábitat o nicho, el cual se define como el conjunto de recursos y condiciones ambientales bióticas y abióticas que favorecen la presencia, supervivencia y reproducción de una población (Caughley y Gunn, 1995; Etnoyer *et al.*, 2004 y 2006; Ferguson, 2005; Chávez, 2006).

CONCLUSIONES

La temperatura superficial de la muestra muestra una variabilidad anual, estacional y espacial, donde en general, los valores máximos se registraron en verano y los mínimos en invierno. Asimismo, las condiciones superficiales de temperatura se mostraron más homogéneas en invierno que en verano, esto debido a los vientos débiles y la alta radiación solar propia del verano.

La distribución espacial de la clorofila "a" varió en ambas épocas, presentando dicha distribución los valores mínimos en la época cálida y los máximos en la época fría. Las condiciones observadas fueron en incremento desde febrero, hasta principios de abril. En las diferentes épocas las concentraciones de clorofila "a" fueron mayores en la zona somera y dentro del Canal San Lorenzo, lo que fue más evidente durante la época fría.

La distribución de Mysticetos presentó diferencias espacial y temporalmente, así como a través de los diferentes años de muestreo, dentro de la Bahía de La Paz.

Sólo *Balaenoptera edeni* presentó una correlación estadísticamente significativa con temperatura, dicha relación fue inversa, es decir, a mayor temperatura, menor incidencia de individuos. *Megaptera novaeangliae* también presentó una correlación negativa, pero en éste caso fue con profundidad.

Eschrichtius robustus, *Balaenoptera borealis* y *B. acutorostrata* fueron registradas sólo una vez dentro de la bahía en los ocho años de muestreo y no se pueden considerar especies residentes dentro de la Bahía de La Paz.

Balaenoptera musculus, *B. physalus*, *Megaptera novaeangliae* y *B. edeni* estuvieron presentes durante la temporada fría dentro del área de estudio (Noviembre a Mayo).

Balaenoptera edeni presentó en general una distribución más cercana a la zona de las bocas de la bahía y al complejo insular Espíritu Santo-La Partida.

Balaenoptera p hysalus se presentó en mayores ocasiones durante la temporada fría, principalmente durante el mes de mayo y tuvo una distribución preferente en la zona central de la bahía.

Balaenoptera m usculus se observó en zonas relativamente someras, registrada preferentemente en profundidades no mayores a 150 metros.

Megaptera novaeangliae durante los 8 años de muestreo presentó una distribución preferentemente en profundidades no mayores a 150 metros.

En general las condiciones influyen en la distribución de los Mysticetos, por lo que la distribución de los organismos no está determinada por un solo parámetro ambiental, sino por el conjunto de todos ellos y de la biología propia de cada especie.

RECOMENDACIONES

Es recomendable continuar con investigaciones que impliquen a los Mysticetos y su relación con los diferentes aspectos ambientales, haciendo énfasis en la parte correspondiente a la oceanografía física, haciendo una combinación de datos *in situ* y datos obtenidos mediante imágenes de satélite e incluyendo las condiciones prevalecientes en el Golfo de California, las cuales influyen a las de la bahía. También se recomienda hacer análisis donde se incluya la actividad realizada por los organismos al momento del avistamiento, así como si se observaron en años anteriores. Finalmente, sería invaluable determinar rutas de migración por medio de rastreadores satelitales en diferentes organismos, para determinar sus desplazamientos y al mismo tiempo, hacer un seguimiento de las

condiciones superficiales de temperatura y clorofila "a" mediante imágenes de satélite, lo cual permitiría inferir algunas respuestas de los organismos a dichas condiciones oceanográficas.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo J., A. Aguayo-Lobo y L. Pastene. 2006. Filopatría de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781), al área de alimentación del estrecho de Magallanes. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. 41(1): 11 – 19.

Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California, 427-450. En: Ketchum, B.K. (Ed.) Ecosystems of the world 26. **Estuaries and enclosed areas**. Elsevier, Amsterdam.

Bakun A., 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. **Univ. Calif. Sea Grant**, San Diego, In cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México. 323 p.

Baumgartner, M.F., K.D. Mullin, L.N. May y T.D. Leming. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin** 99:219-239.

Bernal G., P. Ripa, J. C. Herguera. 2001. Oceanographic and climatic variability in the lower gulf of California: links with the tropics and north pacific. **Ciencias Marinas**. 27(4): 595–617.

Brown C. W. y H. E. Winn. 1989. Relationship between the distribution pattern of right whales, *Eubalaena glacialis*, and satellite-derived sea surface thermal structure in the Great South Channel. **Continental Shelf Research**. 9(3): 247-260.

Brown M. R., P. J. Corkeron, P. T. Hale, K. W. Schultz and M. M. Bryden. 1995. Evidence for a sex-segregated migration in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). **Proceeding of the Royal Society of London, Serie B, Biological Science**. 259: 229-234.

Calambokidis J., G. H. Steiger, K. Rasmussen, J. Urbán, K. C. Balcomb, P. Ladrón de Guevara, M. Salinas, J. K. Jacobsen, C. S. Baker, L. M. Herman, S. Cerchio & J. D. Darling. 2000. Migratory destinations of humpback whales that feed off California, Oregon and Washington. **Marine Ecology Progress Series**. 192: 295-304.

Calambokidis J., G. Steiger, D. Ellifrit, B. Troutman y E. Bowlby. 2004. Distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) and other marine mammals off the northern Washington coast. **Fishery Bulletin**. 102: 563–580.

Castro R., A. Mascarenhas, R. Durazo y Collins C. 2000. Seasonal variation of the temperature and salinity at the entrance to the Gulf of California, México. **Ciencias Marinas**. 26(4): 561–583.

Caughley, G. & A. Gunn. 1995. Conservation biology in theory and practice. Massachusetts. **Blackwell Science**.

Chávez A. 2006. Caracterización del hábitat de grandes cetáceos del Golfo de California durante invierno. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 65 pp.

Chávez R. 1995. Estimación poblacional del rorcual tropical *Balaenoptera edeni* (Anderson, 1878) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 71 pp.

Chittleborough R G. 1958. The breeding cycle of the female humpback whale, *Megaptera n odosa* (Bonneterre). **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**. 6: 3-29.

Cisneros-Mata M., M. Nevarez M., M. Martínez, J. Santos, A. Godínez y G. Montemayor. 1997. Sinopsis de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California de 1991/1992 a 1995/1996. **Instituto Nacional de Pesca, CRIP** Guaymas, 89 pp.

Clapham, P. 1996. Humpback Whales. **Vogageur Press**. USA. 103 pp.

Craig A. S. and L. M. Herman. 1997. Sex differences in site fidelity and migration of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to the Hawaiian Islands. **Canadian Journal of Zoology**. 75: 1923-1933.

Davis, R.W., J.G. Ortega-Ortiz, C.A. Ribic, W.E. Evans, D.C. Biggs, P.H. Ressler, R.B. Cady, R.R. Leben, K.D. Mullin & B. Würsig. 2002. Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico. **Deep-Sea Research I**. 49:121-142.

Del Ángel R. 1997. Hábitos alimentarios y distribución espacio-temporal de los rorcuales común (*Balaenoptera physalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 68 pp.

De Silva-Dávila, R. & R. Palomares-García. 2002. Distributional patterns of the euphausiid community in Bahía de La Paz, B.C.S., México. pp. 109-125, en: M.E. Hendrickx (ed.). **Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans** [Contribuciones al Estudio de los Crustáceos del Pacífico Este]. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 383 pp.

Díaz G., C.F. 2006. Abundancia y movimientos del rorcual común, *Balaenoptera physalus*, en el Golfo de California. **Tesis de Maestría**. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 49 pp.

Doniol-Valcroze T., D. Berteaux, P. Larouche and R. Sears. 2007. Influence of thermal fronts on habitat selection by four rorcual whale species in the Gulf of St. Lawrence. **Marine Ecology Progress Series**. Vol. 335: 207-216.

Etnoyer, P., D. Canny, B. Mate & L. Morgan. 2004. Persistent pelagic habitats in the Baja California to Bering Sea (B2B) Ecoregion. **Oceanography** 17(1):90-101.

Etnoyer, P., D. Canny, B.R. Mate, L.E. Morgan, J.G. Ortega-Ortiz & W.J. Nichols. 2006. Sea-surface temperature gradients across blue whale and sea turtle foraging trajectories off the Baja California Peninsula, Mexico. **Deep-Sea Research II**. 53: 340-358.

Ferguson, M.C. 2005. Cetacean population density in the Eastern Pacific Ocean: analyzing patterns with predictive spatial models. **Ph.D. Thesis**. University of California, San Diego. 203 p.

Fiedler, P. C., S. B. Reilly, R. P. Hewitt, D. Demer, V. A. Philbrick, S. Smith, W. Armstrong, D. A. Croll, B. R. Tershy y B. R. Mate. 1998. Blue whale habitat and prey in the California Channel Islands. **Deep-Sea Research II**. 45: 1781-1801.

Flores-Ramírez S., R. Urbán, G. Villareal-Chávez y R. Valles-Jiménez. 1996. Cambios espaciales y temporales de la estructura comunitaria de los cetáceos en Bahía de La Paz, B.C.S., México (1988-1991). **Ciencias Marinas**. 22(2): 151-173.

Gallardo, V. A., D. Arcos, M. Salamanca y L. Pastene. 1983. On the occurrence of Bryde's whales (*Balaenoptera edeni* Anderson, 1878) in an

upwelling area off central Chile. **Report International Whaling Commission**. 33: 481-8.

García M. 2008. Análisis de la variabilidad superficial de mesoescala en el Golfo de California y su relación con la distribución y abundancia relativa de Mysticetos (2005-2006). **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 115 pp

García-Pámanes J. y J. R. Lara-Lara. 2001. Pastoreo por el microzooplancton en el Golfo de California. **Ciencias Marinas**. 27(1): 73-90.

Gaskin. D.E. 1982. **The ecology of whales and dolphins**. Heinemann editors. Londres. 459 pp.

Gendron D. 1990. Relación entre la abundancia de eufáusidos y de ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 64 pp

Gendron, D. 1992. Cambios en la abundancia y composición específica de mamíferos marinos en la Bahía de La Paz en relación al fenómeno ENSO 1992. **Resúmenes: IV Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés**. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., septiembre 1992.

Gómez G. 2004. Uso de la Laguna San Ignacio por la ballena gris *Eschrichtius robustus*, durante las temporadas invernales 1996 y 1997. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 86 pp.

Guerrero-Ruiz, M.A. 2005. Estado actual de las grandes ballenas en el Golfo de California. **Tesis de maestría**. UABCS, La Paz. 321 pp.

Guerrero R. M., J. Urbán y L. Rojas. 2006. Las ballenas del Golfo de California. **INE-SEMARNAT**. 524 pp.

Jaquet, N. 1996. How spatial and temporal scales influence understanding of sperm whale distribution: a review. **Mammal Review**. 26(1):51-65.

Jaume S. 2004. Hábitos alimentarios del orca común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 64 pp

Jefferson, T.A., S. Leatherwood and M.A. Webber. 1993. Marine Mammals of the World. **FAO Species Identification Guide**. UNEP, Rome. 320 pp.

Jiménez I.A.R., M. Obeso y M.A. Alatorre. 1994. Hidrología de la Bahía de la Paz. **Oceanología**. Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología de Mar. 1(2): 115-131.

Jiménez-Illescas, A.R., M. Obeso-Nieblas, D.A. Salas-De León. 1997. Oceanografía Física de la Bahía de la Paz, B.C.S. en: Urbán, R.J. y M. Ramírez R. (Edits). La Bahía de La Paz, UABCS-CICIMAR. 31-42 pp.

Kenney, R. D., and H. E. Winn. 1986. Cetacean high-use habitats of the northeast United States continental shelf. **Fishery Bulletin**. 84: 345-357.

Lavín M. F., E. Beier y A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: escalas estacionales e interanual. **Contribuciones a la Oceanografía Física en México**, Capítulo 7. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana. 272 pp.

Lockyer, C. 1981. Growth and energy budgets of large baleen whales from the Southern Hemisphere. In **FAO Advisory Committee on Marine Resource Research, Mammals in the Sea, vol. III**, General papers and large cetaceans. FAO, Rome. 379-487.

Maluf, L.Y. 1983. The Physical Oceanography, 26-45. *En: Case, T. J. y M. L. Cody (Eds.) Island Biogeography in the Sea of Cortes*. University of California Press, Berkeley.

Marinone S. G. 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. **Journal of Geophysical Research**, vol 108 NO. C10, 3325. 2003. 23(1): 23-27.

Marinone, S.G. and Ripa, P. (1988). Geostrophic flow in the Guaymas Basin, central Gulf of California. **Continental Shelf Research**, 8: 159-166.

Martínez-López A., Cervantes-Duarte, A. Reyes-Salinas y J.E. Valdez-Holguín. 2001. Cambio estacional de clorofila "a" en la Bahía de La Paz, BCS, México. **Hidrobiología**. 11(1): 45-52.

Martínez S. 2005. Asociaciones entre individuos de ballena azul (*Balaenoptera musculus*) en el suroeste del Golfo de California, México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 105 pp.

Monreal-Gómez, M. A., A. Molina-Cruz y D. A. Salas-de-León. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during June 1998. **Journal of Marine Systems**. 30 (2001): 305-315.

Moore S., W. Watkins, M. D'Adger, J. Davies y M. Dahlheim. 2002. Blue Whale Habitat Associations in the Northwest Pacific: analysis of remotely-sensed data using a Geographic Information System. **Oceanography**. 15(3): 20-25.

Nava-Sánchez E., D. Gorsline y A. Molina-Cruz. 2001. The Baja California Peninsula Borderland: Structural and sedimentological characteristics. *En* Halfar J. y E. Nava-Sánchez (eds.), *Sedimentation and Tectonics along a Rift Basin Margin: The Gulf of California*. **Sediment. Geol., Spec. Issue**. 144: 1-2.

Obeso N. M. 1987. Propagación de la constituyente M_2 de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., México, mediante un modelo hidrodinámico numérico. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 123 pp.

Obeso-Nieblas, M. y A. Jiménez-Illescas. 1989. Propagación de la constituyente M_2 de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. **Investigación Marina**. CICIMAR. 4(2): 241-256.

Obeso-Nieblas M., J.H. Gaviño-Rodríguez, B. Shirasago-Germán, M.A. Alatorre-Mendieta, y L. Sánchez-Velasco. 2001. Análisis de la estructura hidrográfica en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Unión Geofísica Mexicana*, A.C. Reunión Anual.

Obeso N. M. 2002. Caracterización de las condiciones hidrográficas en la Bahía de La Paz durante en ENSO 1997-1998. **Examen Predoctoral**. CICIMAR. La Paz, B.C.S. México. 94 pp.

Obeso N. M. 2003. Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. **Tesis de Doctorado**. CICIMAR. México. 337 pp.

Obeso N. M., J.H. Gaviño, I.A. Jiménez y B. Shirasago. 2002. Simulación numérica de la circulación por marea y viento del noroeste y sur en la Bahía de La Paz, B.C.S. **Oceánides**. 17(1): 1-12.

Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago, J. H. Gaviño-Rodríguez, E. L. Pérez-Lezama, Obeso-Huerta H., Jiménez-Illescas Á. R. 2008. Variabilidad hidrográfica

en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). **Revista de Biología Marina y Oceanografía** (ISSN 0717-3326). Vol. 43: 559-567.

Palacios, D.M. 2003. Oceanographic conditions around the Galápagos Archipelago and their influence on cetacean community structure. **Ph.D. Thesis**. Oregon State University. 173 pp.

Reilly, S.B. 1990. Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in the Eastern Tropical Pacific. **Marine Ecology Progress Series**. 66:1-11.

Rice, D. W. y A. A. Wolman, 1971. The life history and ecology of the grey whale (*Eschrichtius robustus*) Special publication No. 3. **The American Society of Mammalogists**.

Ripa, P. and Marinone, S.G. (1989). Seasonal variability of temperature, salinity, velocity, vorticity and sea level in the central Gulf of California, as inferred from historical data. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**., 115: 887-913.

Salvadeo C. 2008. Análisis de la comunidad de odontocetos y la relación con su ambiente, en el extremo sur-occidental del Golfo de California, México (2003-2006). **Tesis de Maestría**. CICIMAR. México. 75 pp.

Sánchez-Avelar, L. 2005. Distribución de la biomasa zooplanctónica en la Bahía de La Paz, B. C. S., México y su relación con parámetros ambientales, durante dos épocas extremas (verano 2001- invierno 2002). **Tesis de Licenciatura**. UABCS. México. 75pp.

Sánchez, J. A., 1991. Distribución espacio-temporal de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) en la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México. **Tesis de licenciatura**. U.A.B.C.S., La Paz, Baja California Sur. 73 pp.

Sánchez-Velasco L., Flores-Coto y B. S. Hirasago. 1996. Fish larvae abundance and distribution in the coastal zone off Terminos Lagoon, Campeche (Southern Gulf of México). **Estuarine, coastal and shelf science**. 43 (6):707-721.

Smith, G. J. D., and D. E. Gaskin. 1974. The diet of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) in coastal waters of eastern Canada with special referenceto the Bay of Fundy. **Canadian Journal of Zoology**. 52:777-782.

Smith, R.C., P. Dustan, D. Au, K.S. Baker & E.A. Dunlap. 1986. Distribution of cetaceans and sea-surface chlorophyll concentrations in the California Current. **Marine Biology**. 91:385-402.

Soto-Mardones, L., S.G. Marinone y A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. **Ciencias Marinas**, 25(1): 1-30.

Tershy, B. R. 1992. Body size, diet, habitat use, and social behavior of Balaenoptera whales in the Gulf of California. **Journal of Mammalogy**. 73(3): 477-486.

Urbán, J. y S. Flores R. 1996. A note on Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) in the Gulf of California, México. **Report International Whaling Commission**. 453-457.

Urbán R. J. y R. M. Ramírez (Edits). 1997. **La Bahía de la Paz, investigación y conservación**. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. México. 345 pp.

Urbán J., A. Jaramillo, A. Aguayo, P. Ladrón de Guevara, M. Salinas, C. Álvarez, L. Medrano, J. K. Jacobsen, K. C. Balcomb, D. E. Claridge, J. Calambokidis, G. H. Steiger, J. M. Straley, O. Von Ziegesar, J. M. Waite, S. Mizroch, M. E. Dahlhem, J. D. Darling and C. S. Baker. 2000. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. **Journal of Cetacean Research and Management**. 2 (2): 101-110.

Urbán R. J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruiz, A. Jaramillo-Legorreta & L. Findley. 2005. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California, 276-297. En: Cartron, J. L. E., G. Ceballos & R. S. Felger. (Eds.) **Biodiversity, ecosystems and conservation in northern Mexico**. Oxford University Press.

ANEXO

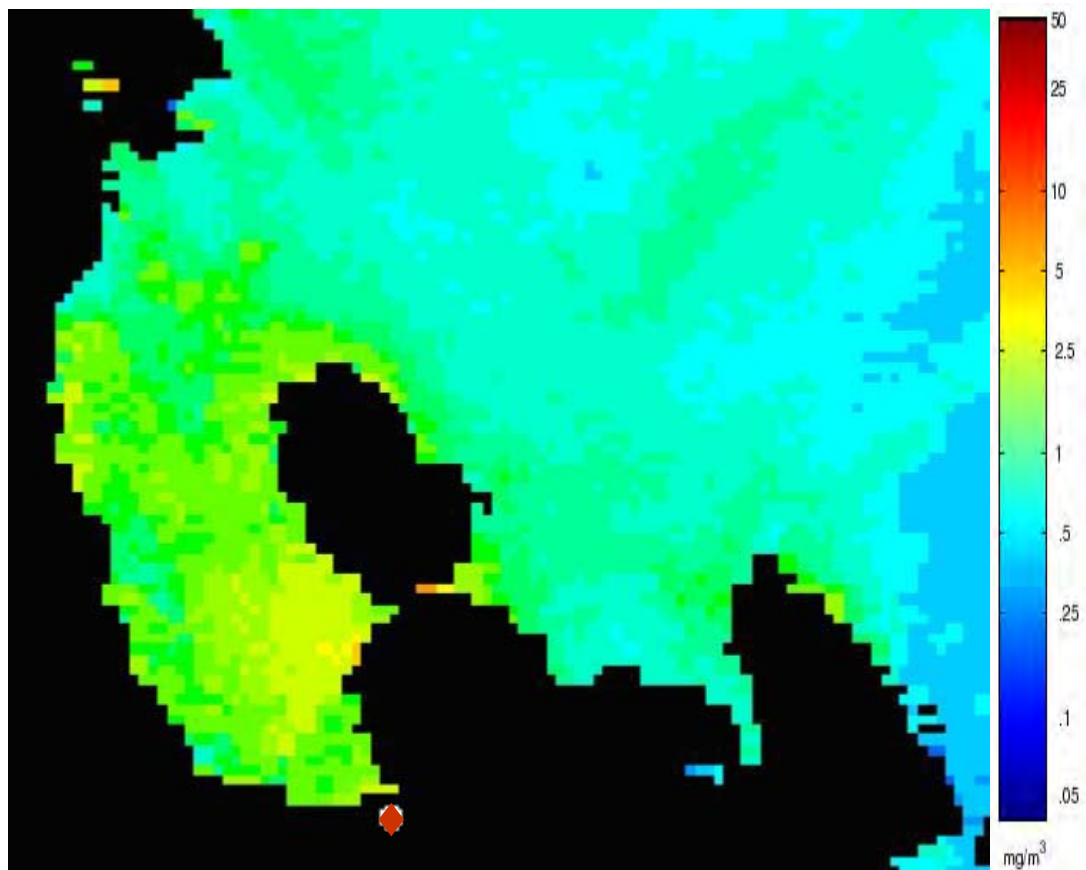


Figura I. Distribución de *B. musculus* (♦) el 30 de Mayo de 1998, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m³).

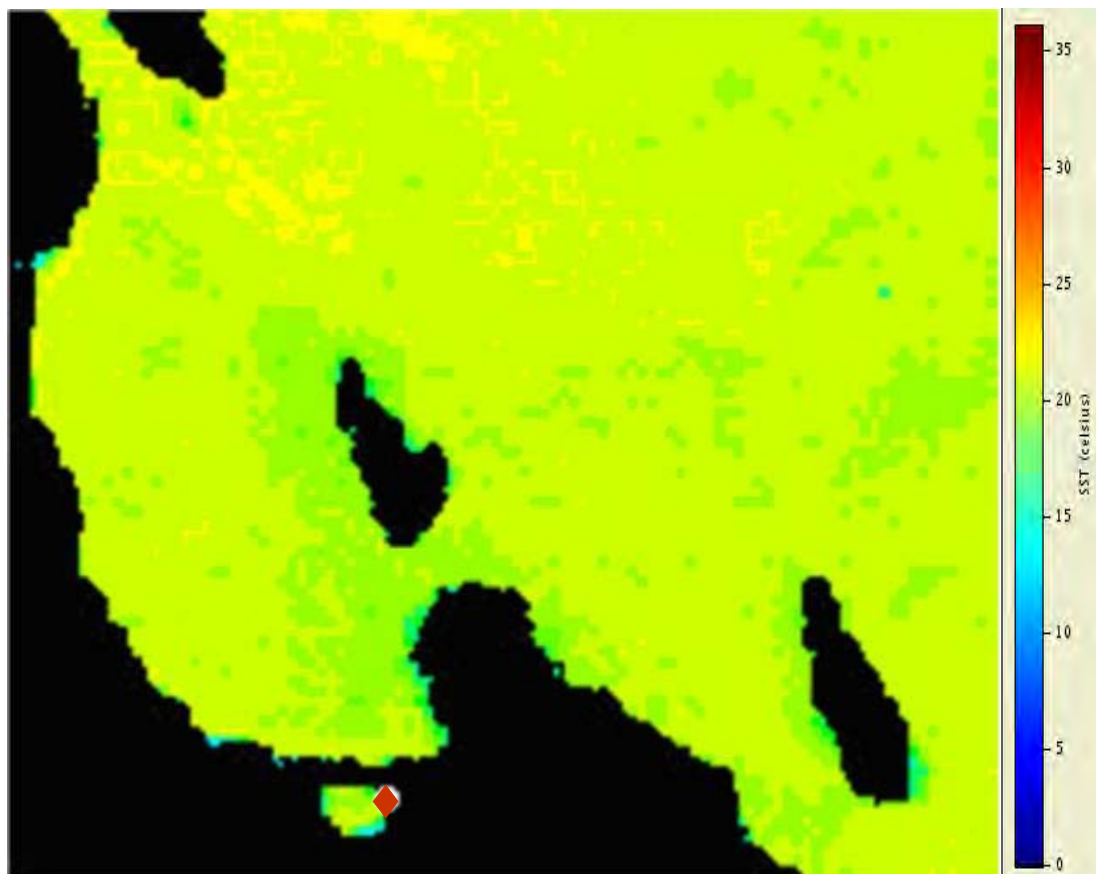


Figura II. Distribución de *B. musculus* (♦) el 30 de Mayo de 1998, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

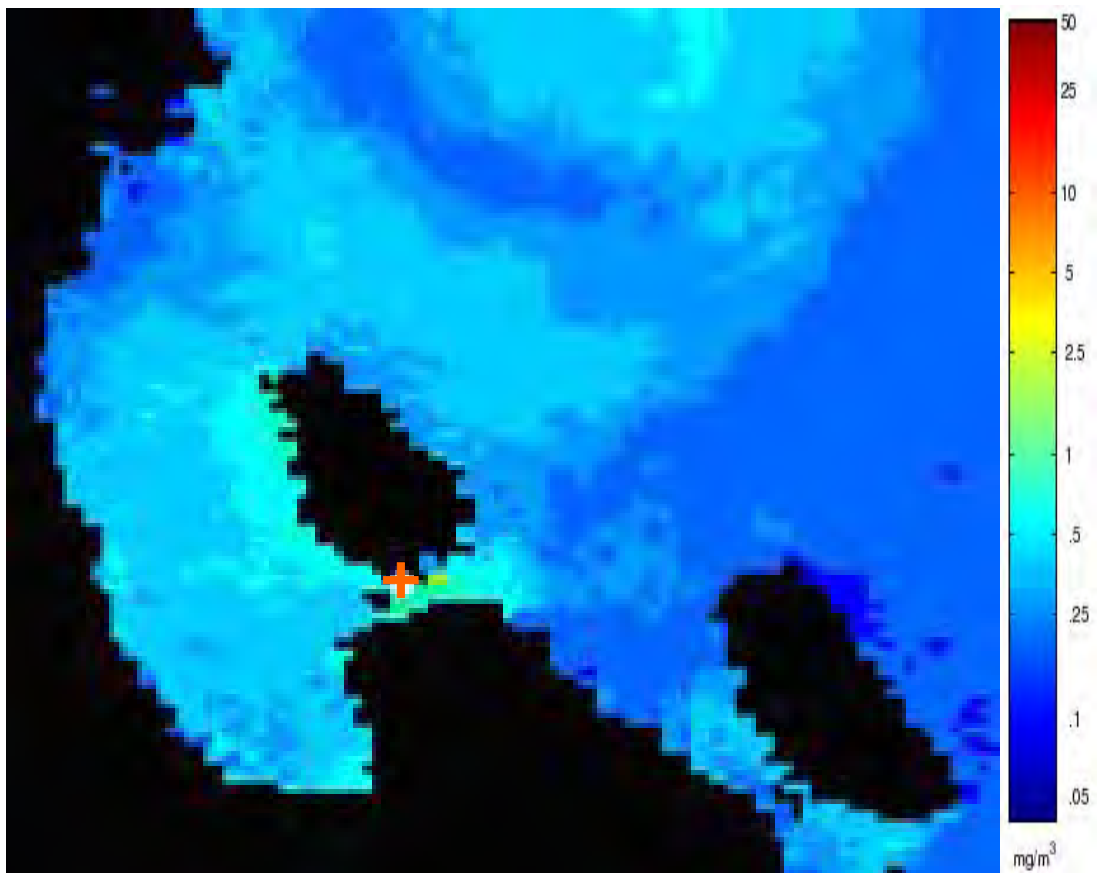


Figura III. Distribución de *B. edeni* (+) el 14 de junio de 1998, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

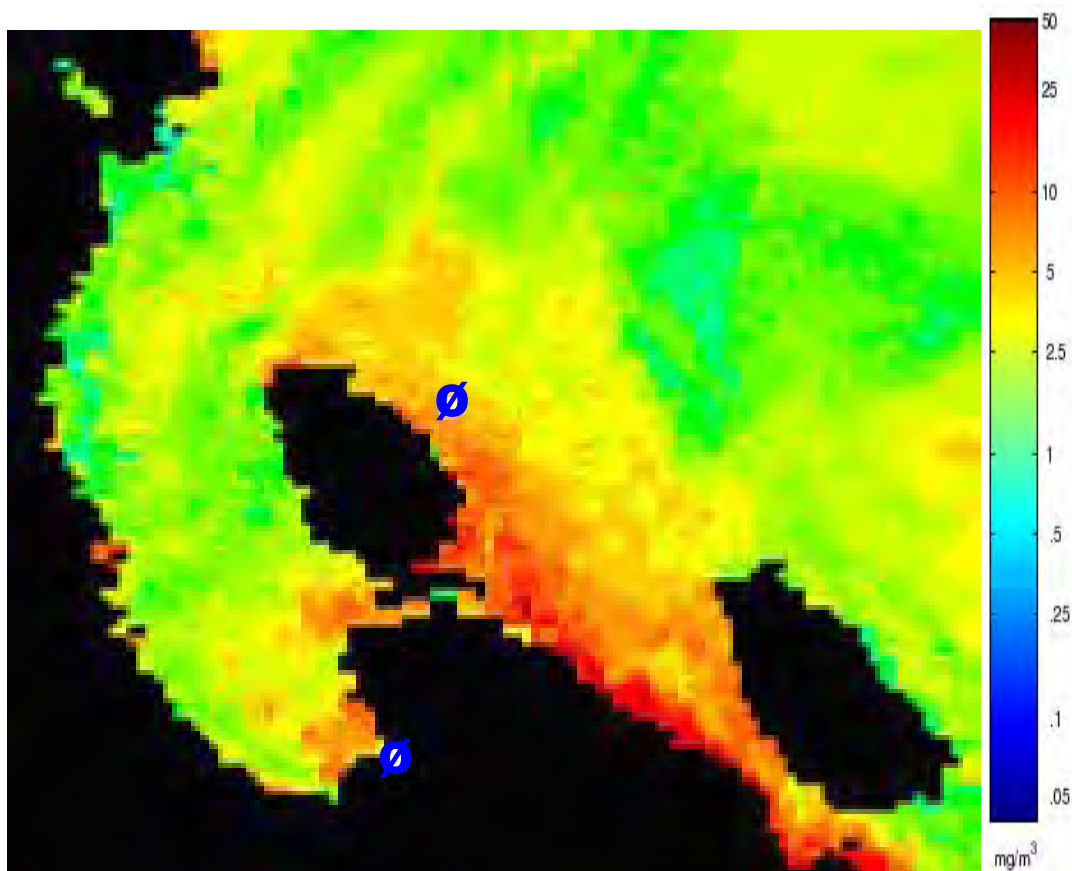


Figura IV. Distribución de *E. robustus* (ø) el 24 de enero de 1999, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

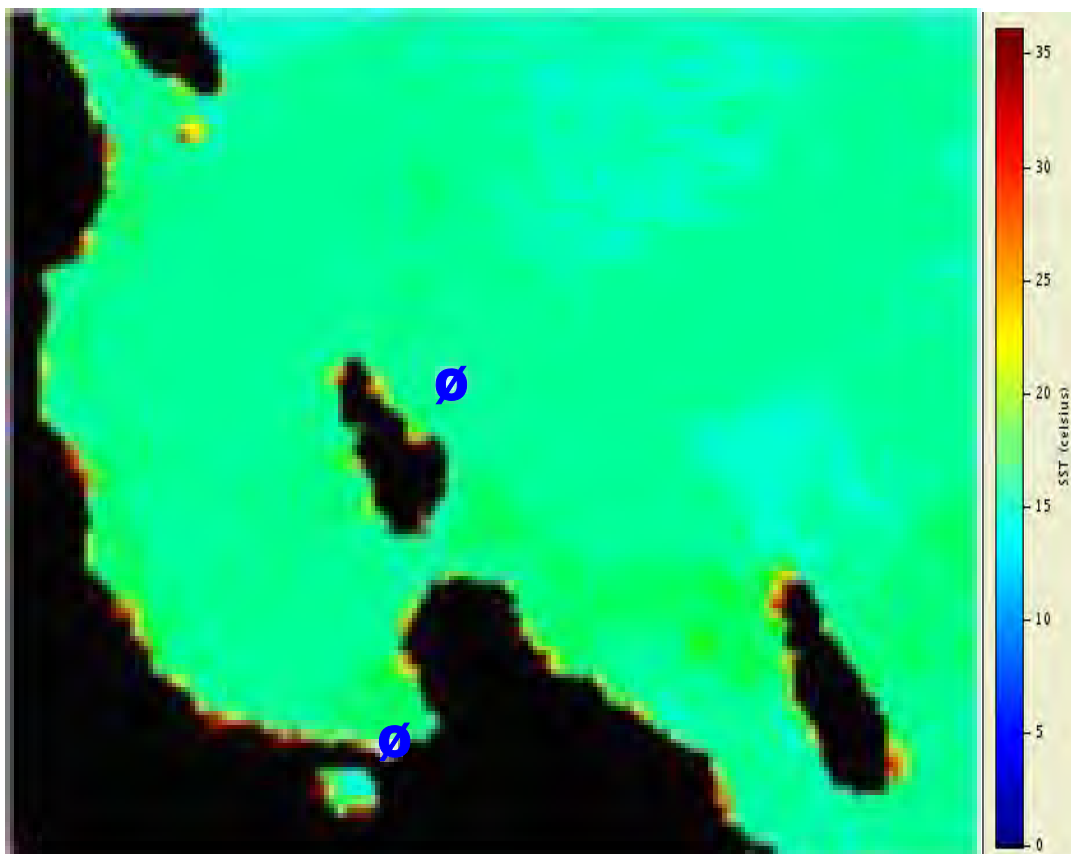


Figura V. Distribución de *E. robustus* (ø) el 24 de enero de 1999, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

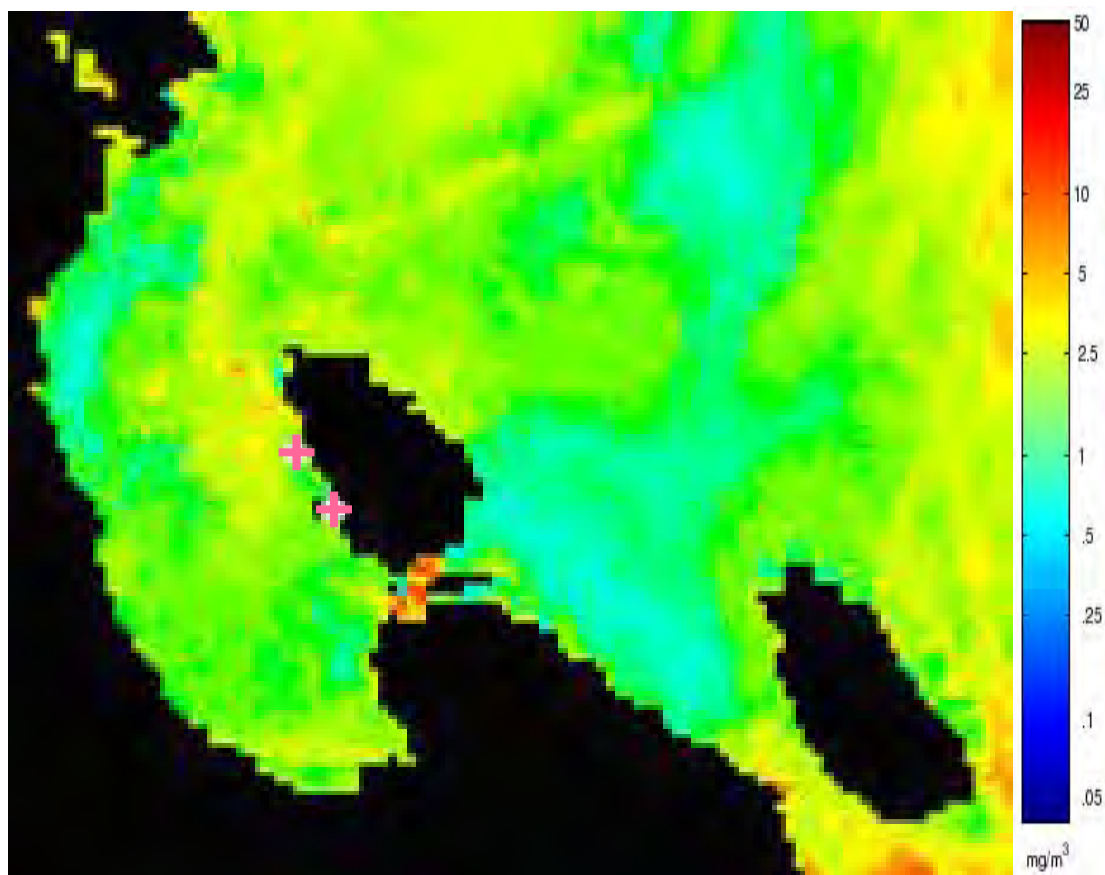


Figura VI. Distribución de *B. edeni* (+) el 17 de febrero de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila (mg/m^3).

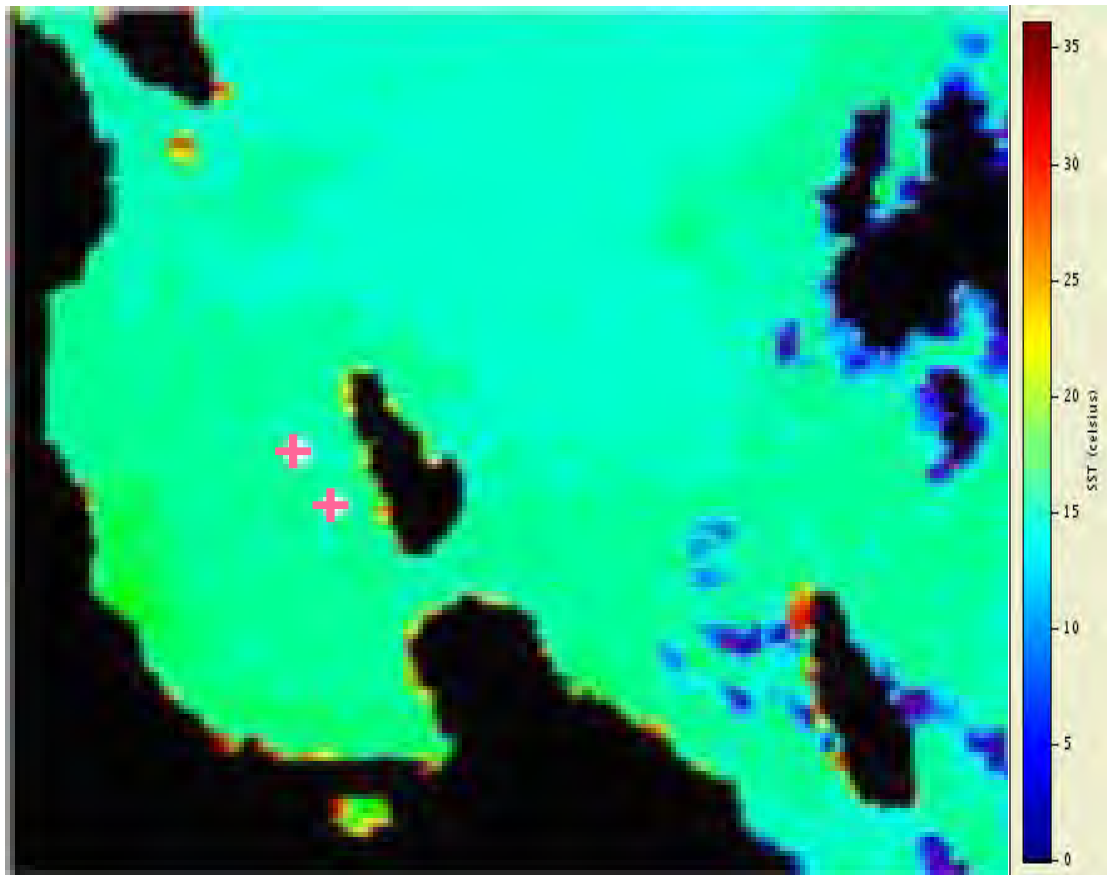


Figura VII. Distribución de *B. edeni* (+) el 17 de febrero de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

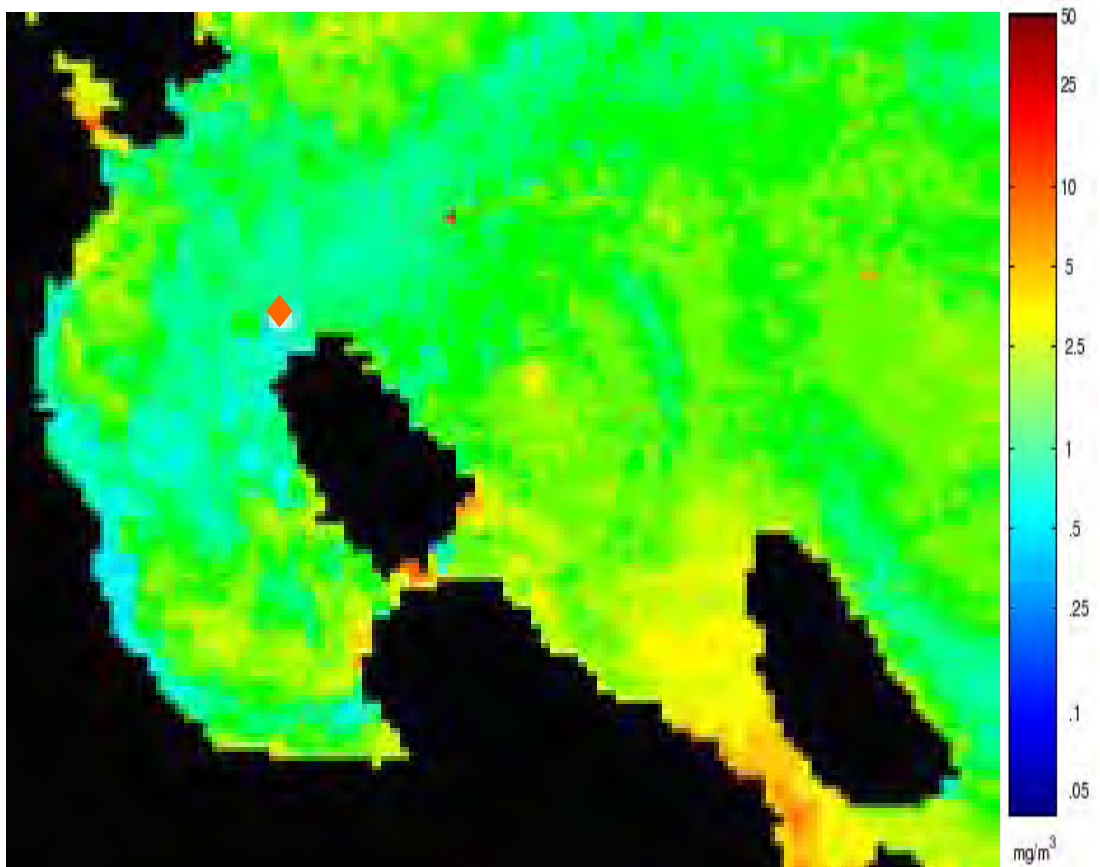


Figura VIII. Distribución de *B. musculus* (♦) el 16 de marzo de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal clorofila "a" (mg/m^3).

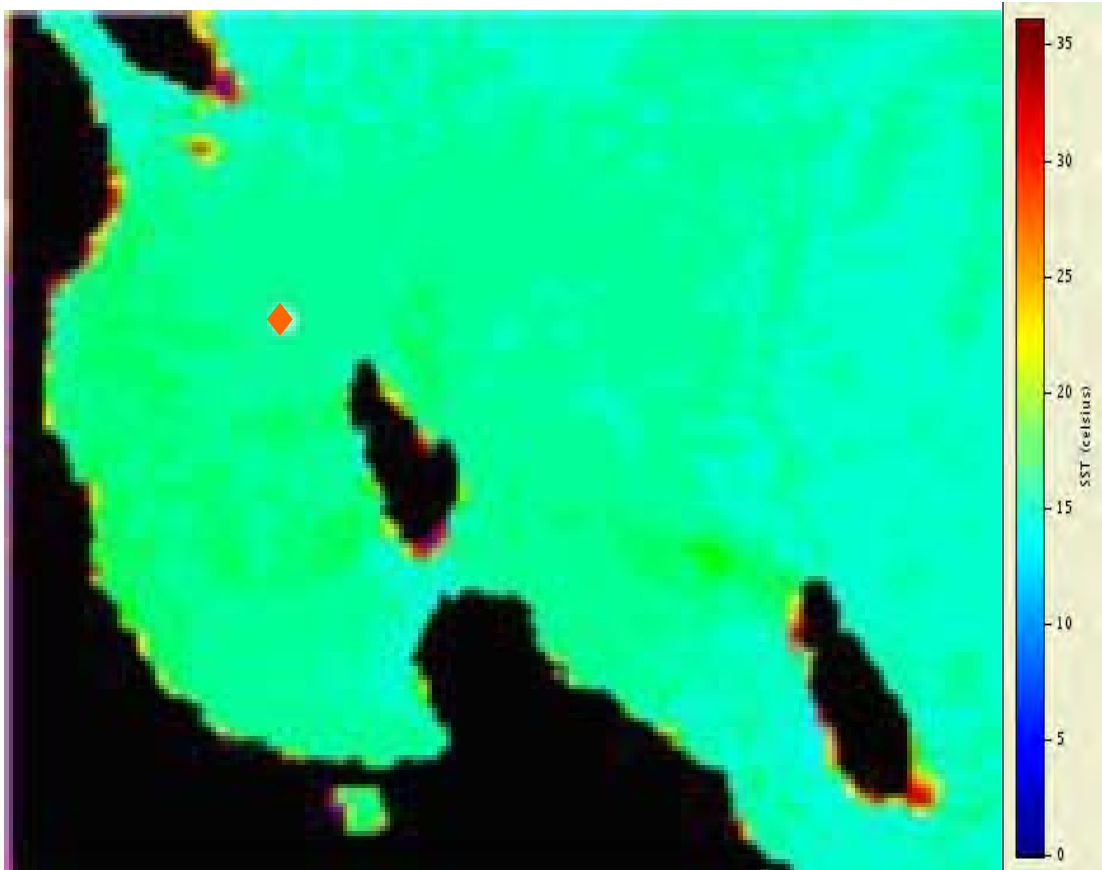


Figura IX. Distribución de *B. musculus* (♦) el 16 de marzo de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

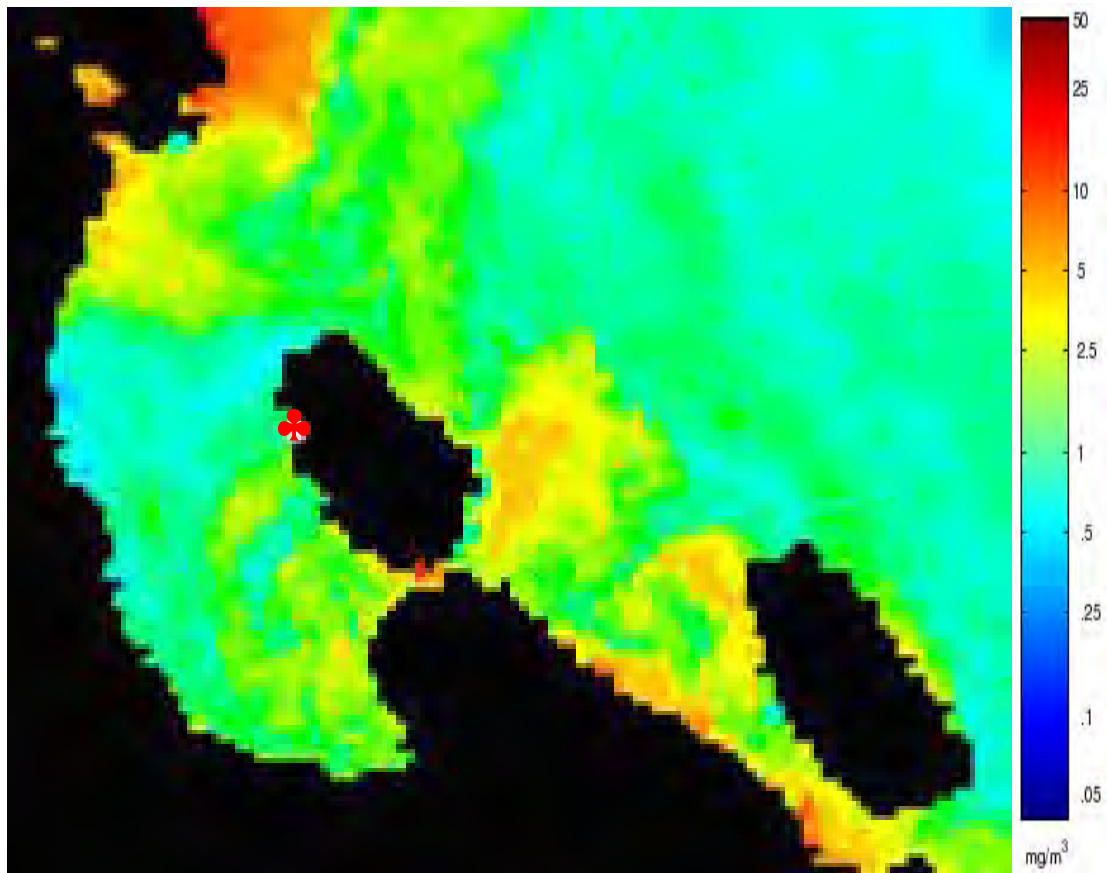


Figura X. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) el 25 de marzo de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m³).

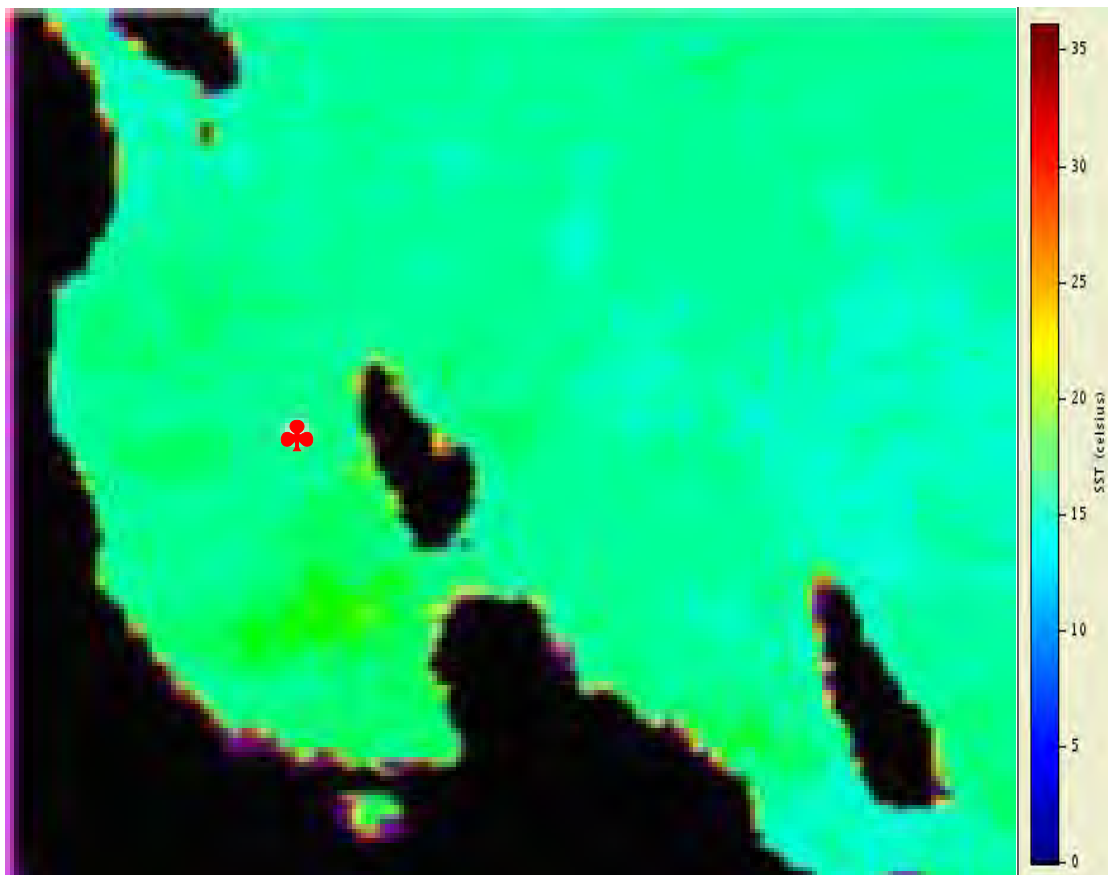


Figura XI. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) el 25 de marzo de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

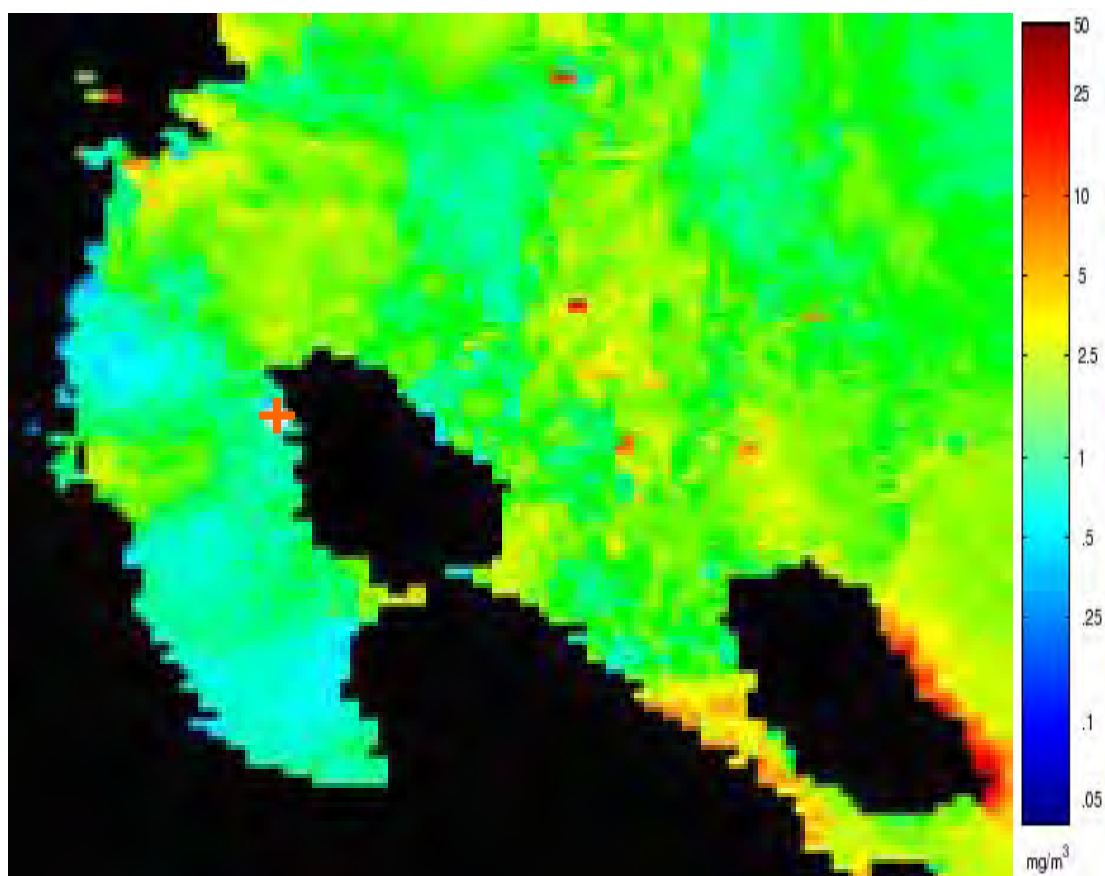


Figura XII. Distribución de *B. edeni* (+) el 01 de abril de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

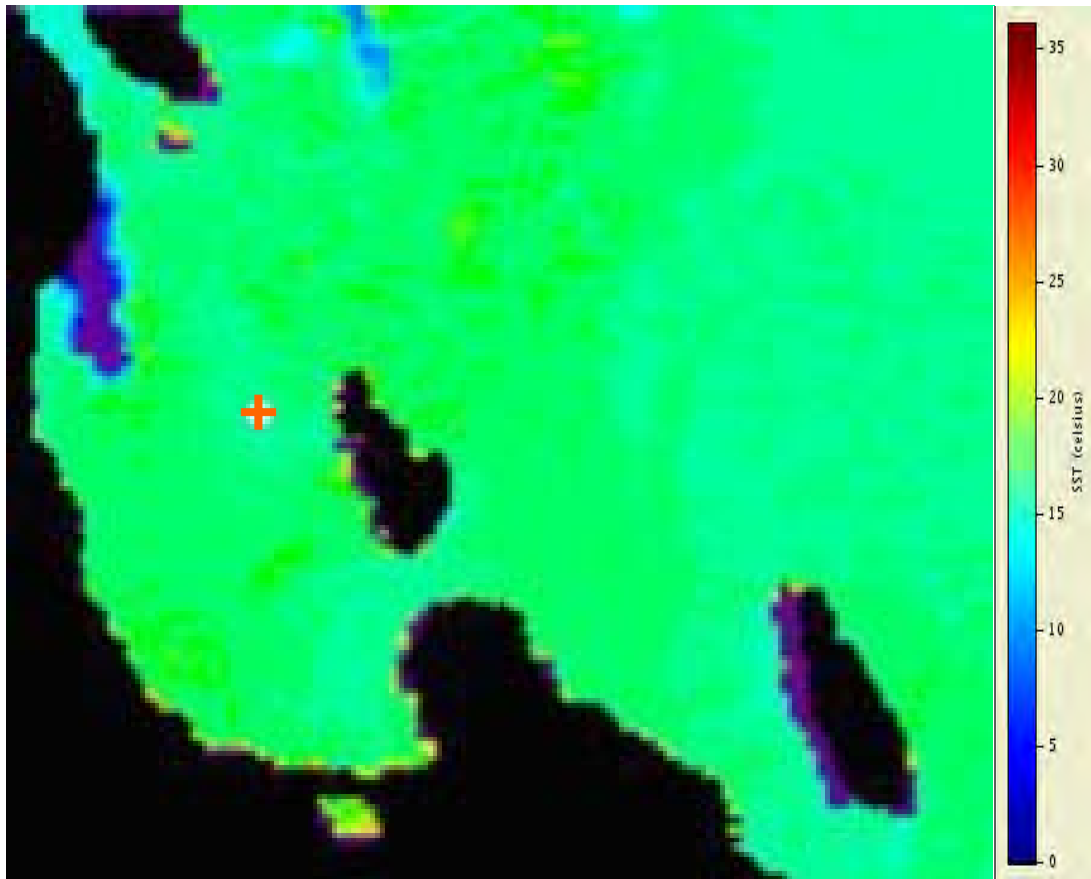


Figura XIII. Distribución de *B. edeni* (+) el 01 de abril de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

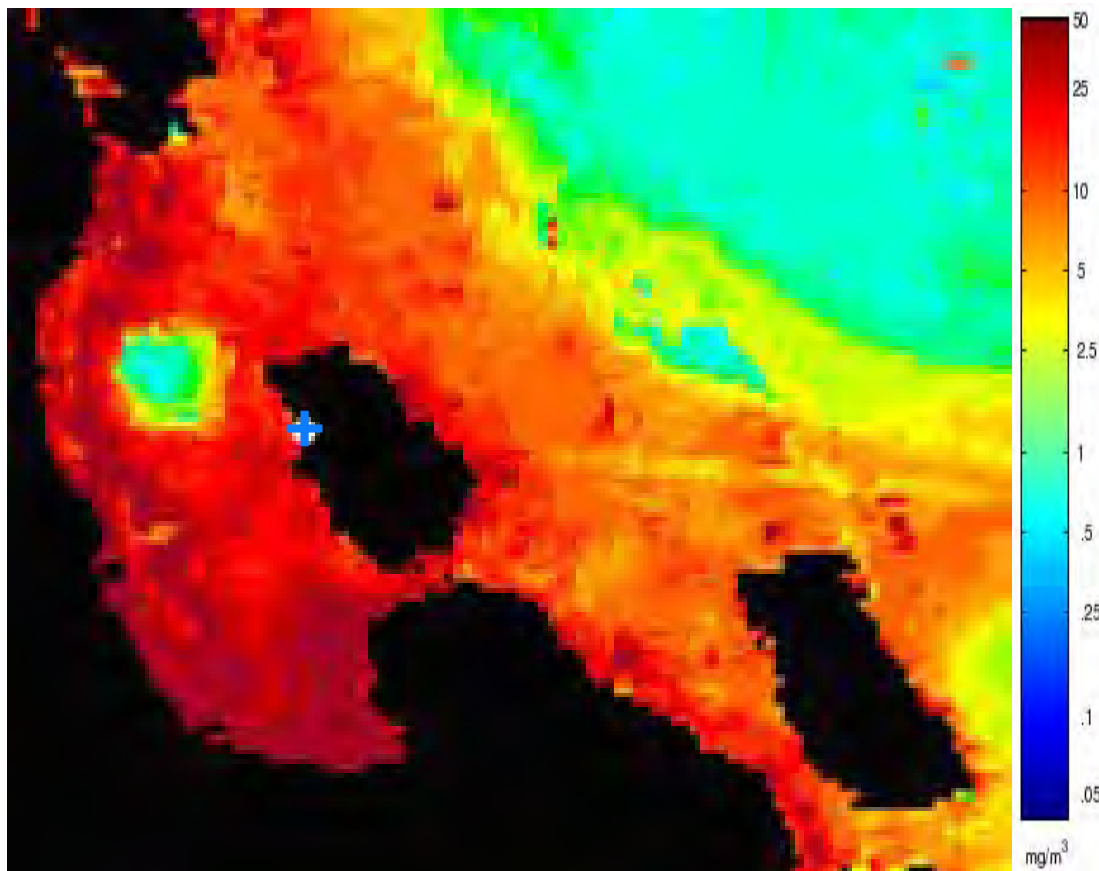


Figura XIV. Distribución de *B. edeni* (+) el 19 de agosto de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

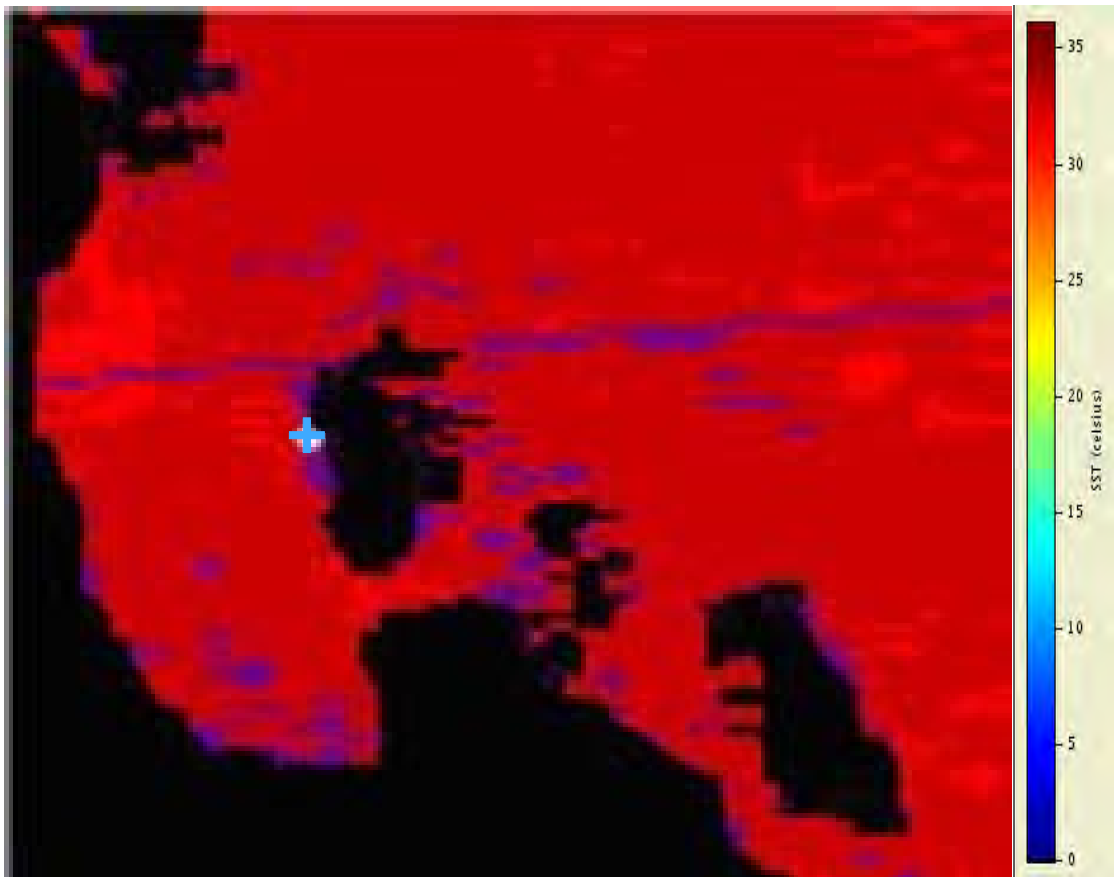


Figura XV. Distribución de *B. edeni* (+) el 19 de agosto de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

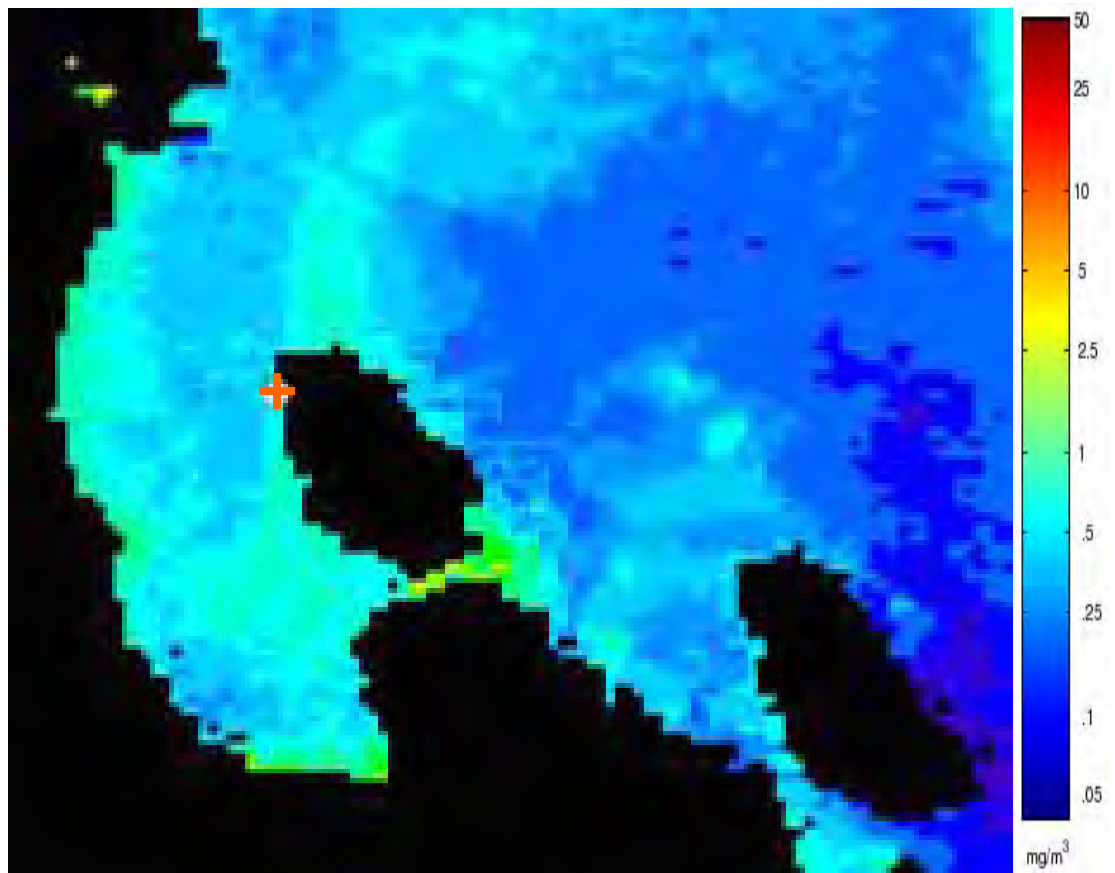


Figura XVI. Distribución de *B. edeni* (+) el 23 de septiembre de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

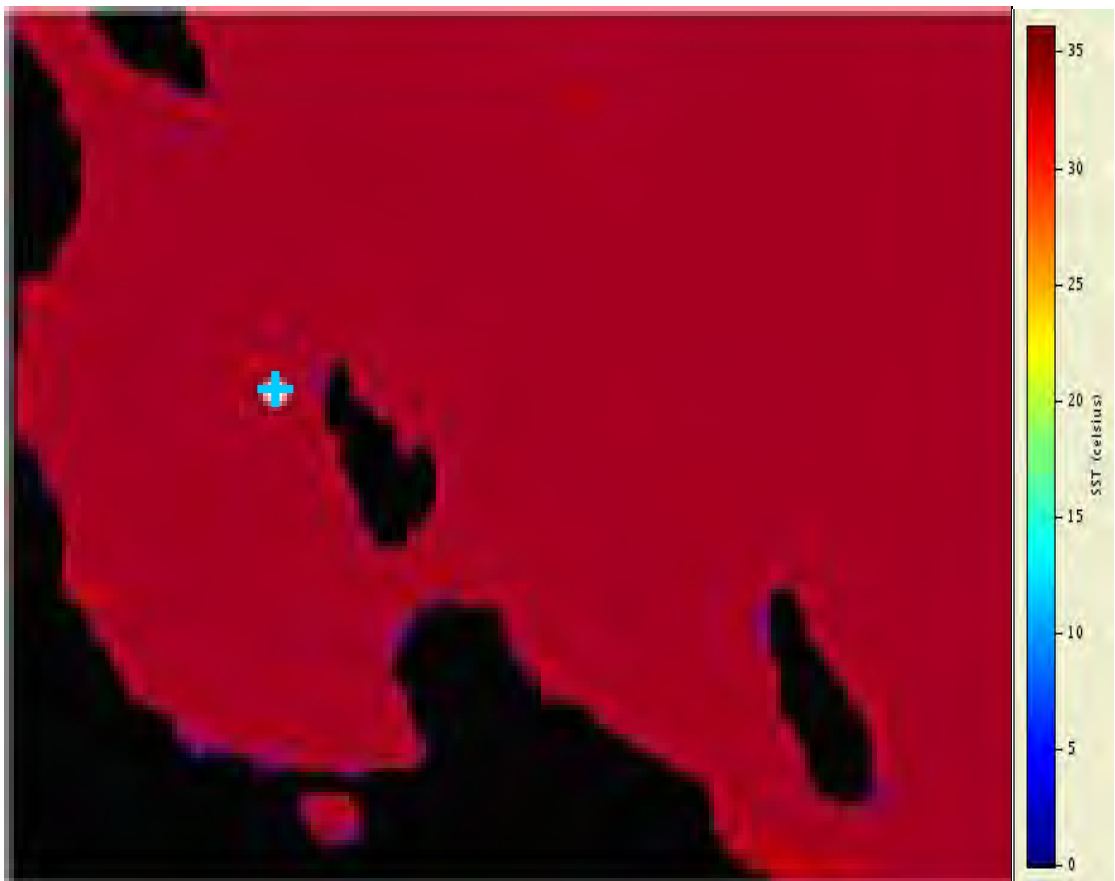


Figura XVII. Distribución de *B. edeni* (+) el 23 de septiembre de 2000, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

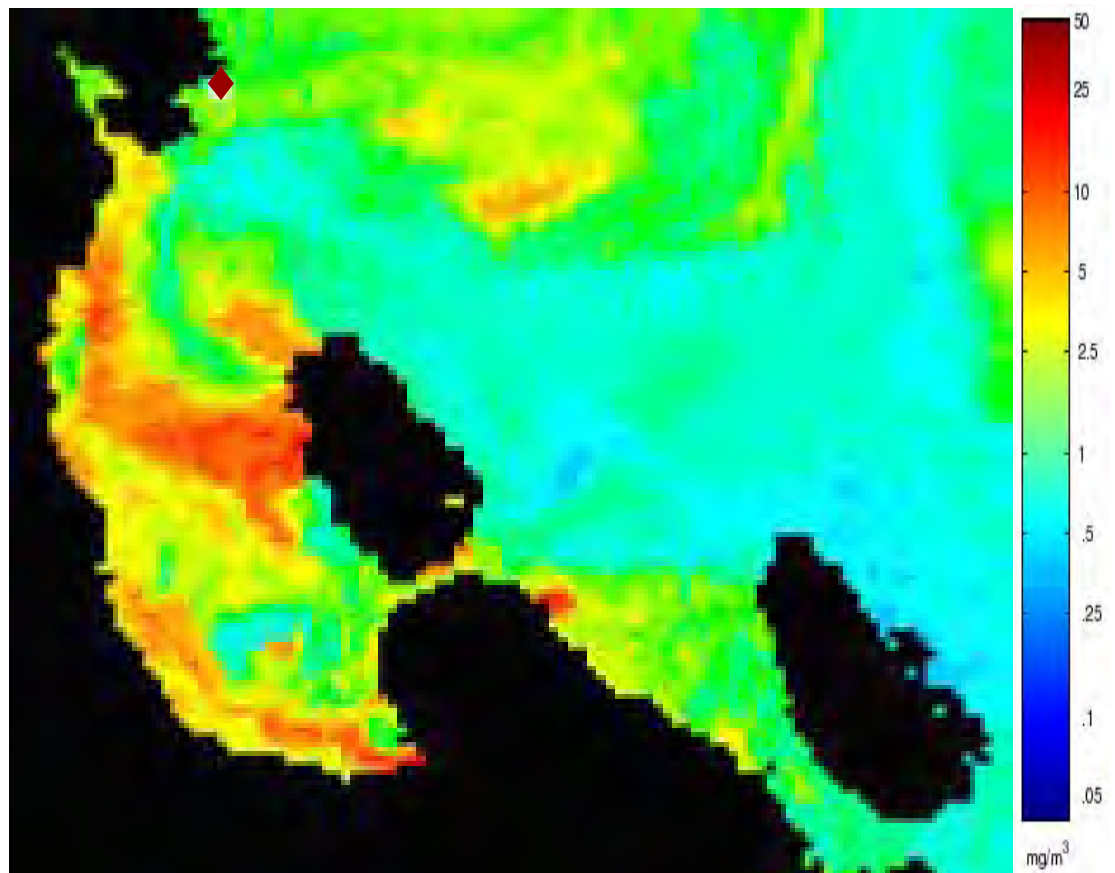


Figura XVIII. Distribución de *B. musculus* (◆) el 20 de febrero de 2001, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m³).

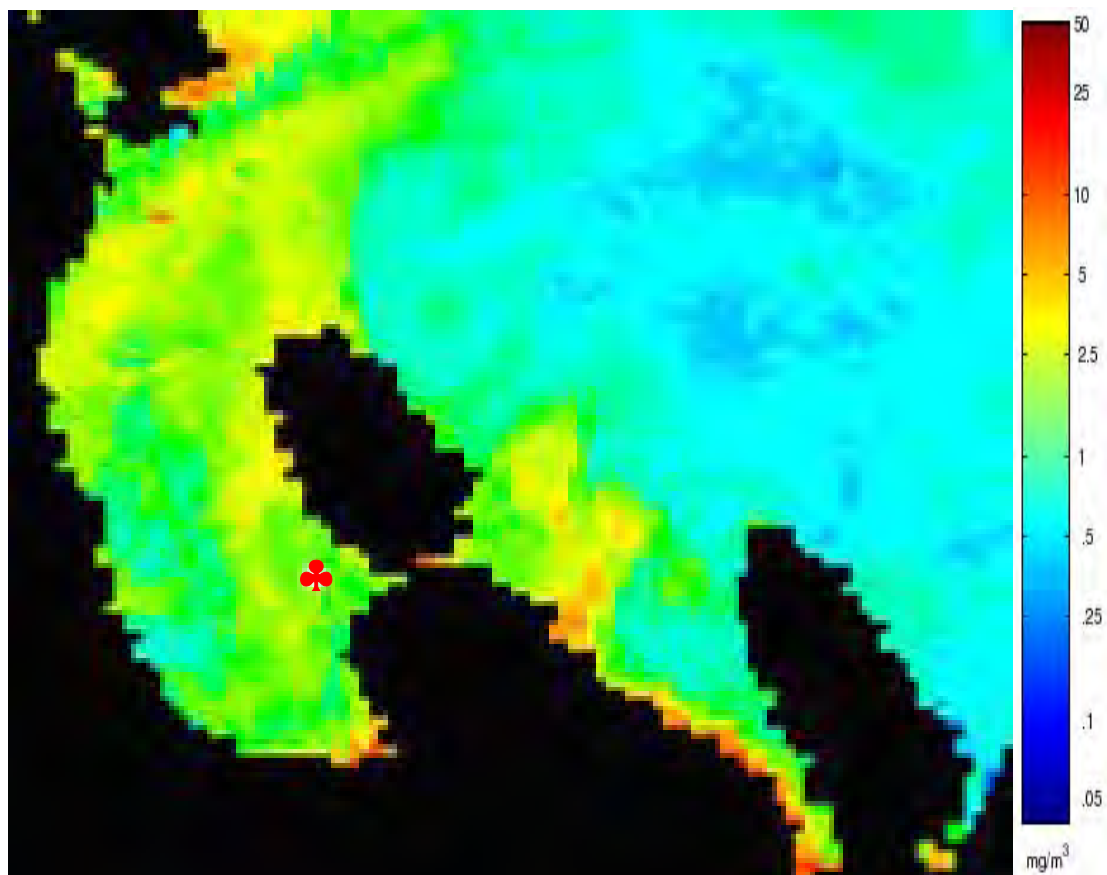


Figura XIX. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) el 18 de mayo de 2001, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

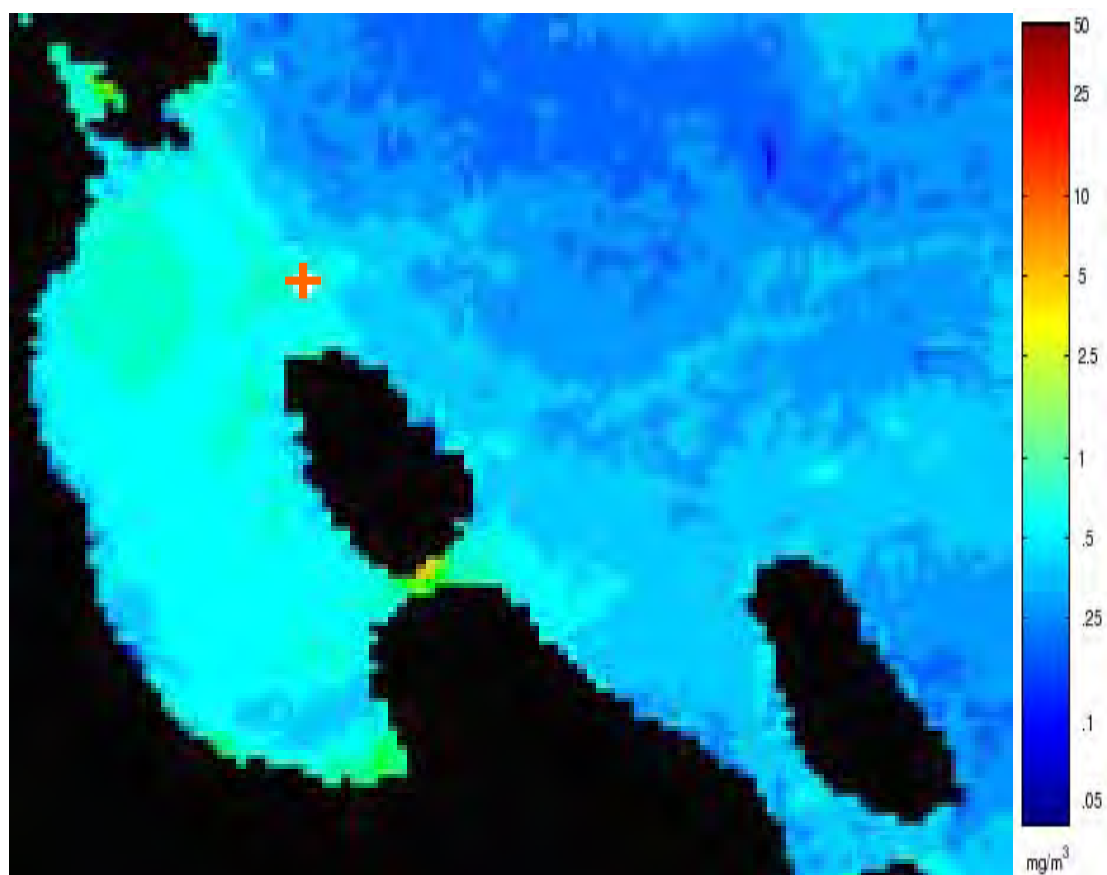


Figura XX. Distribución de *B. edeni* (+) el 04 de noviembre de 2002, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

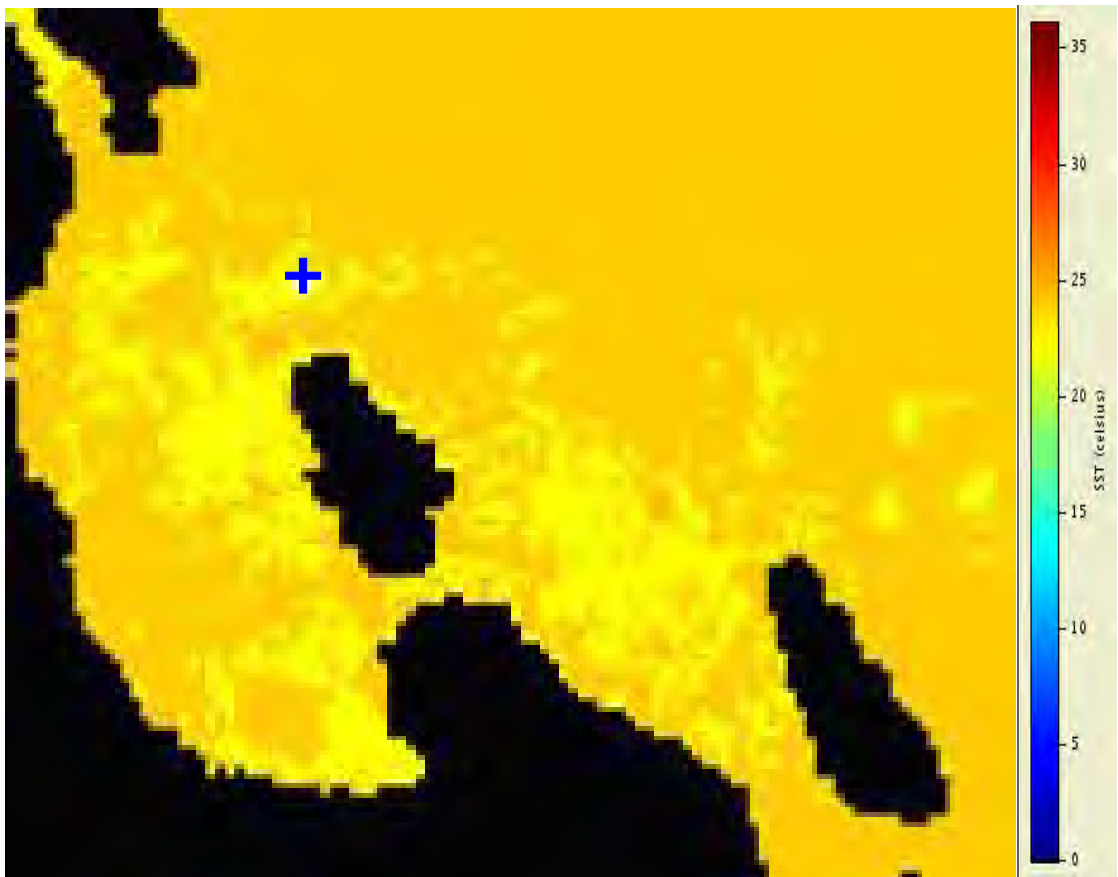


Figura XXI. Distribución de *B. edeni* (+) el 04 de noviembre de 2002, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

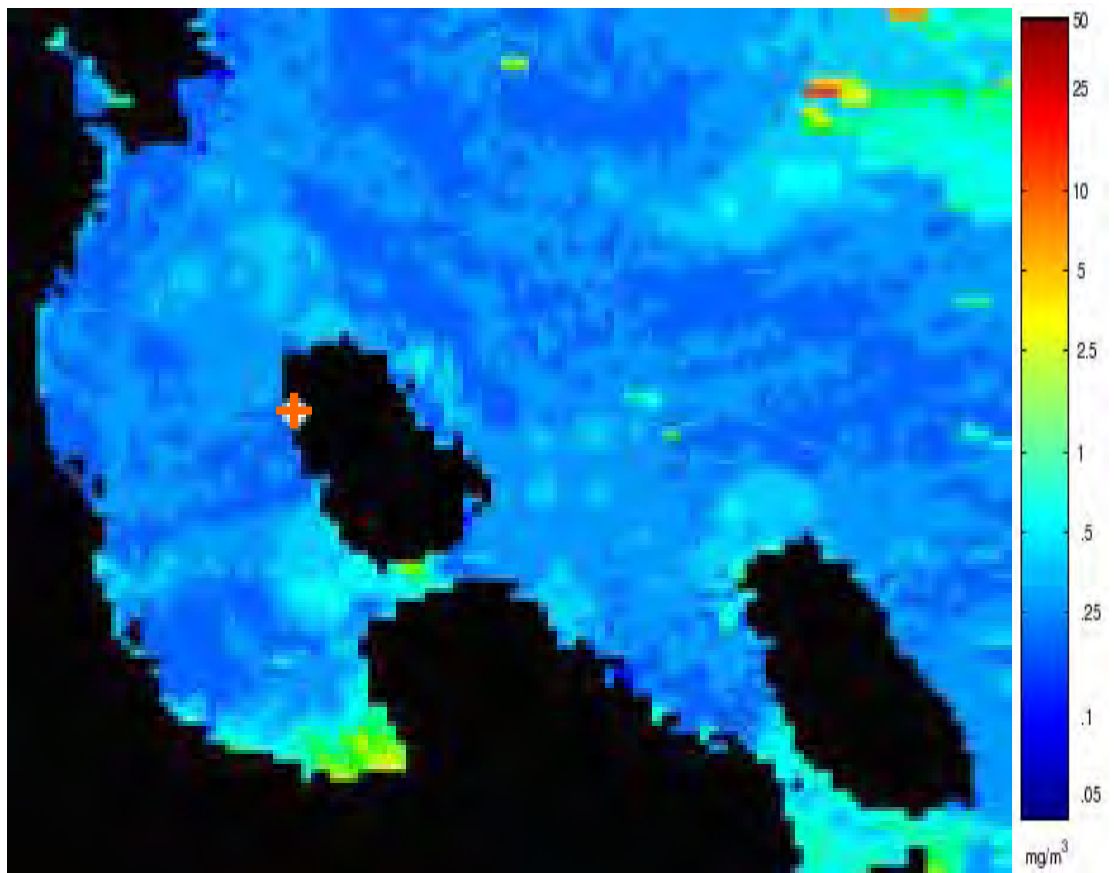


Figura XXII. Distribución de *B. edeni* (+) el 16 de noviembre de 2003, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

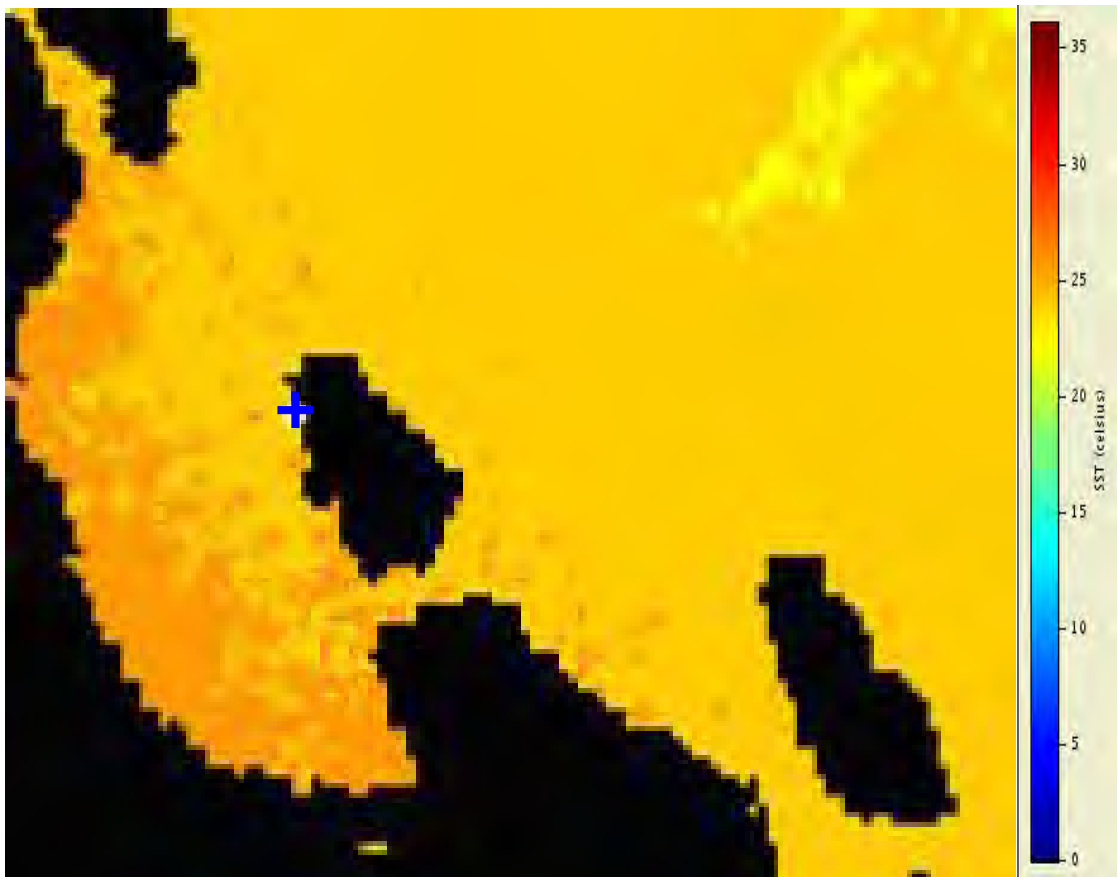


Figura XXIII. Distribución de *B. edeni* (+) el 16 de noviembre de 2003, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

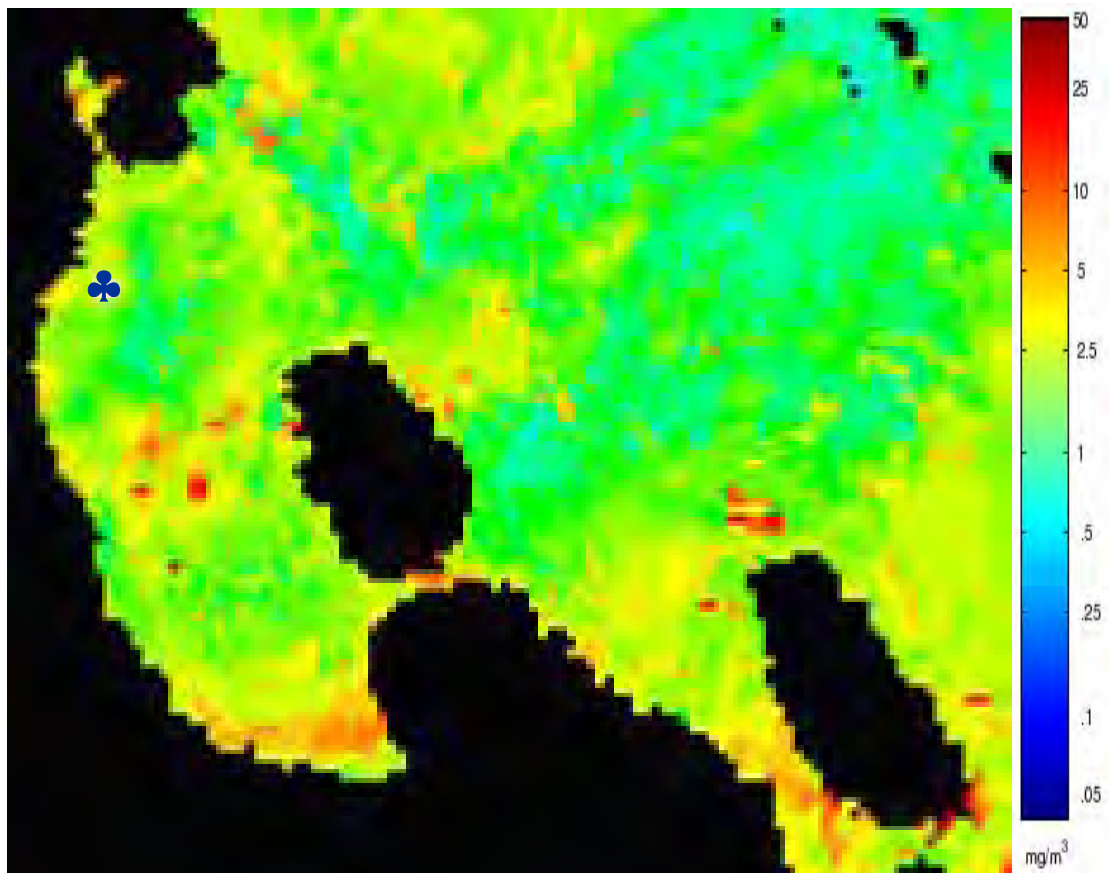


Figura XXIV. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) el 16 de enero de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/ m³).

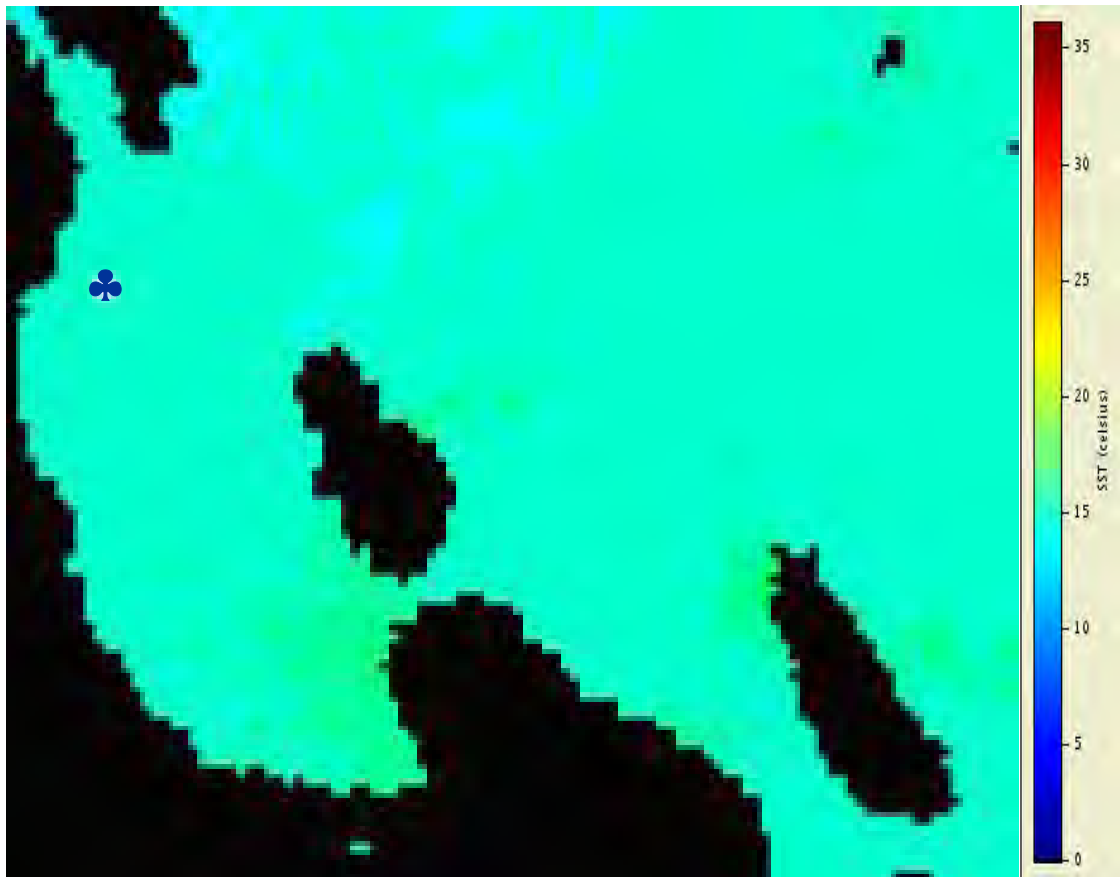


Figura XXV. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) el 16 de enero de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

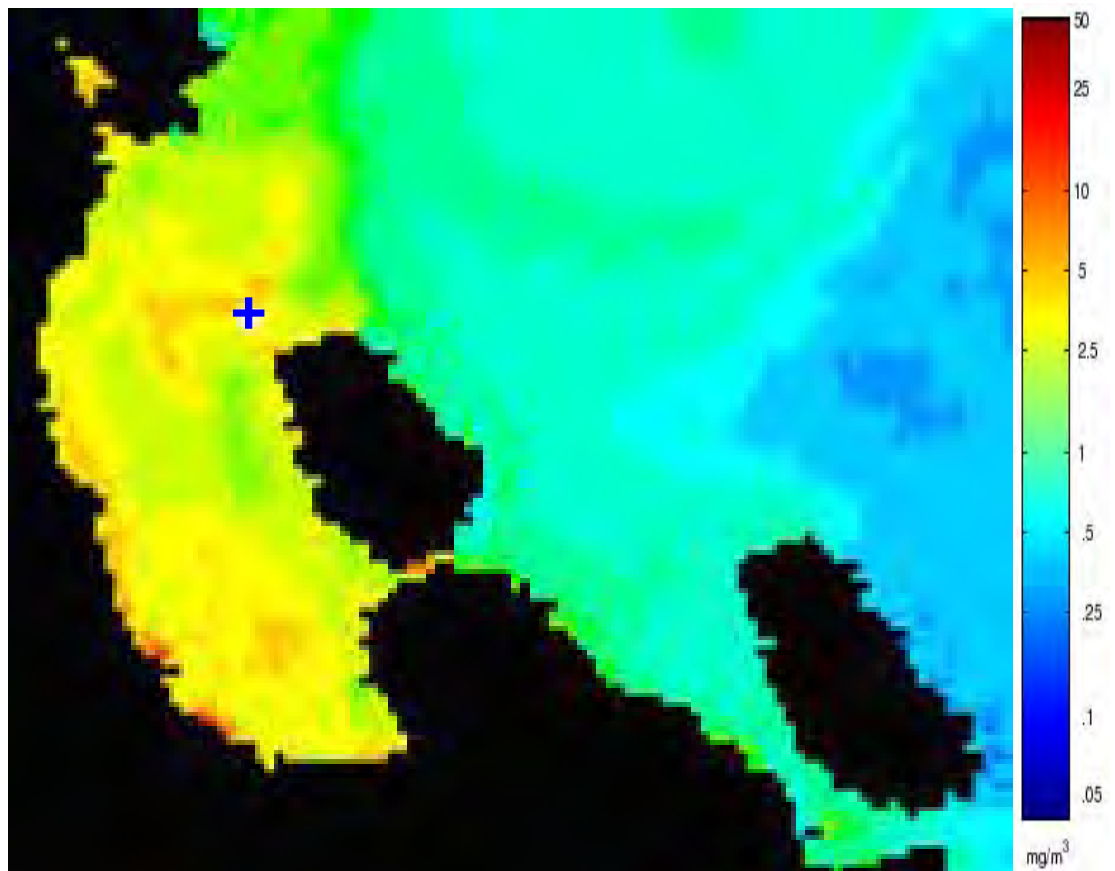


Figura XXVI. Distribución de *B. edeni* (+) el 28 de mayo de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/ m³).

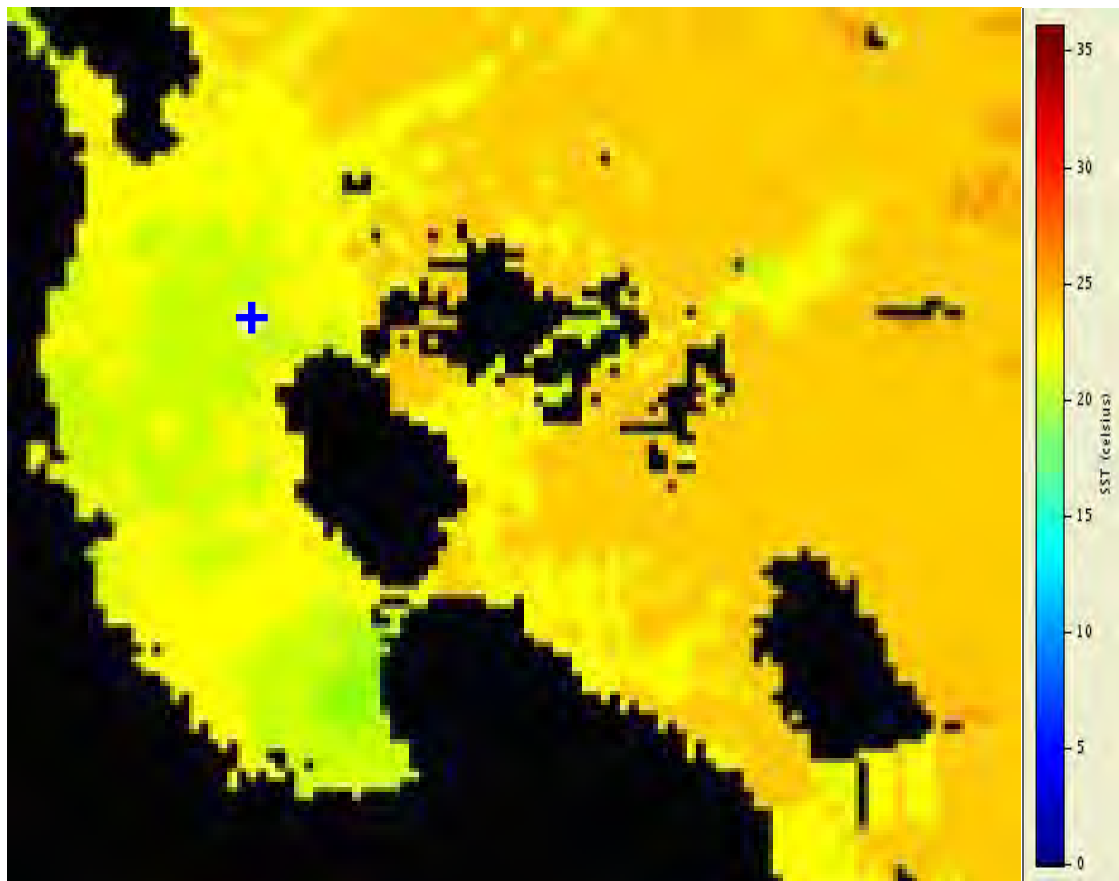


Figura XXVII. Distribución de *B. edeni* (+) el 28 de mayo de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

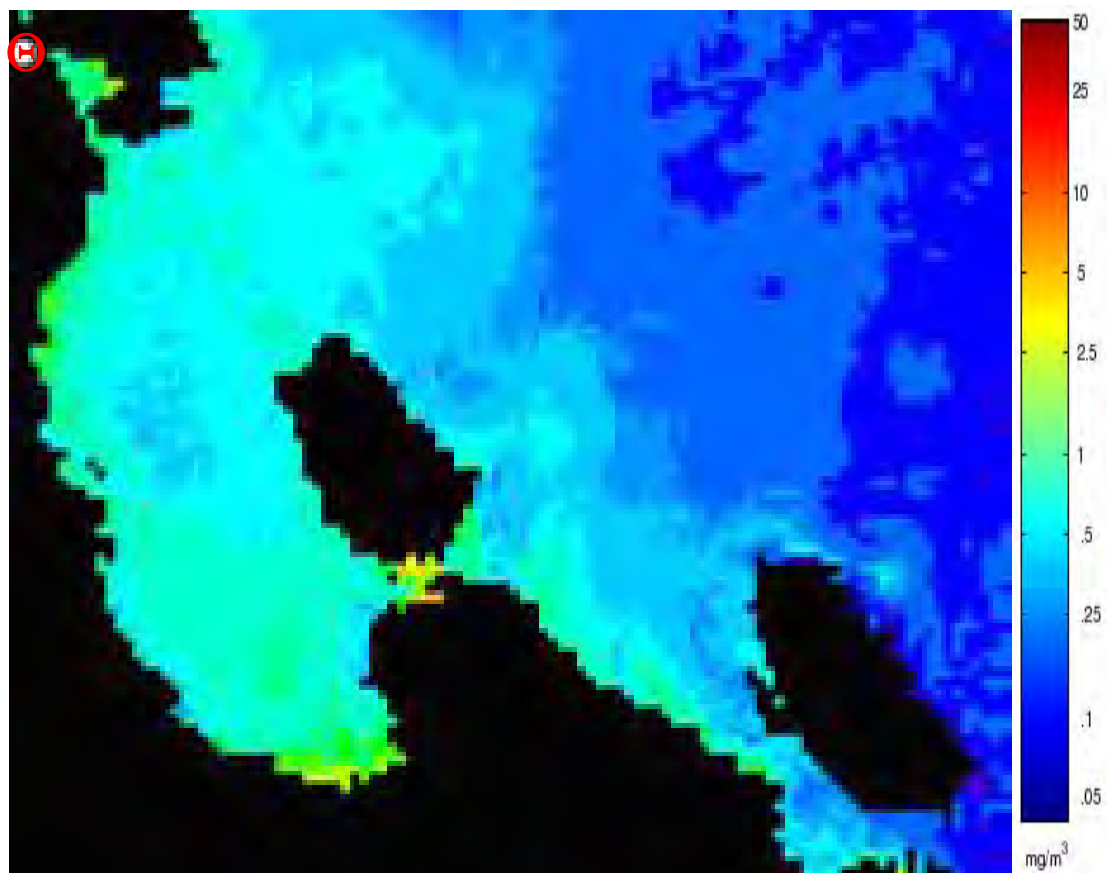


Figura XXVIII. Distribución de *B. borealis* (Θ) el 03 de agosto de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

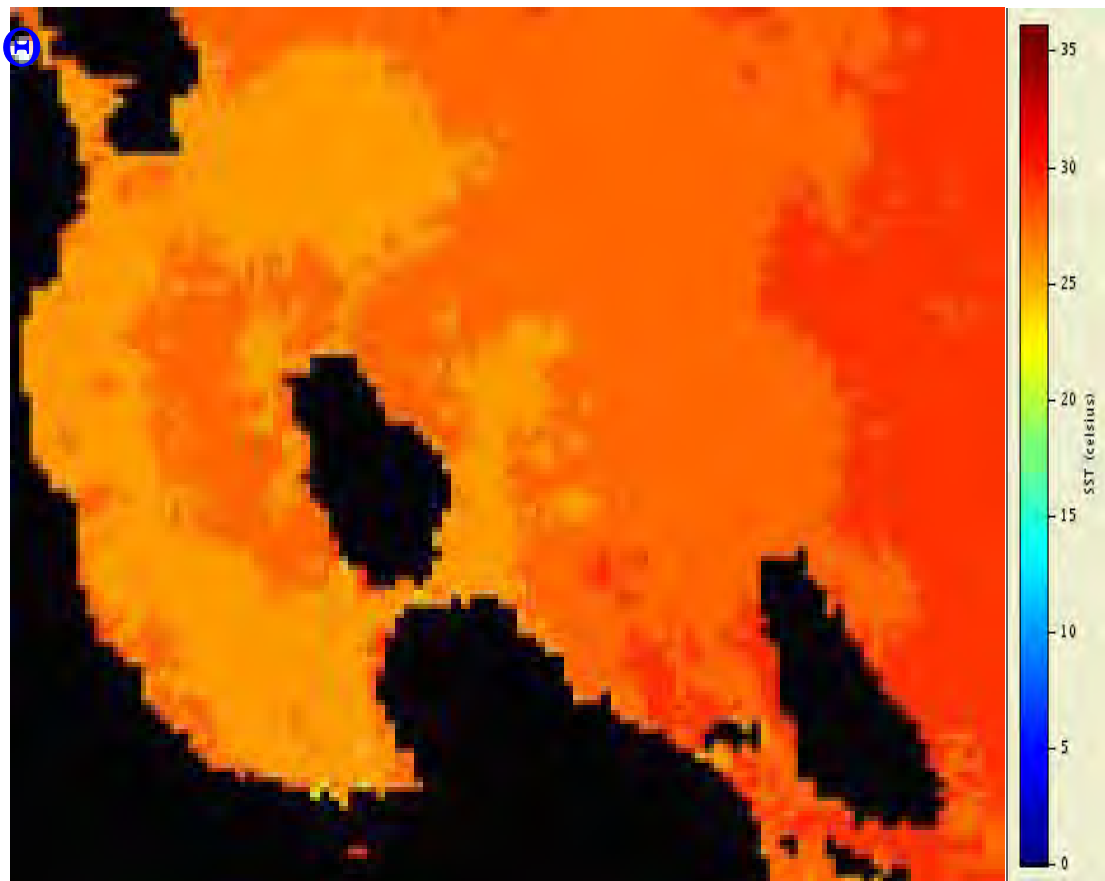


Figura XXIX. Distribución de *B. borealis* (Θ) el 03 de agosto de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

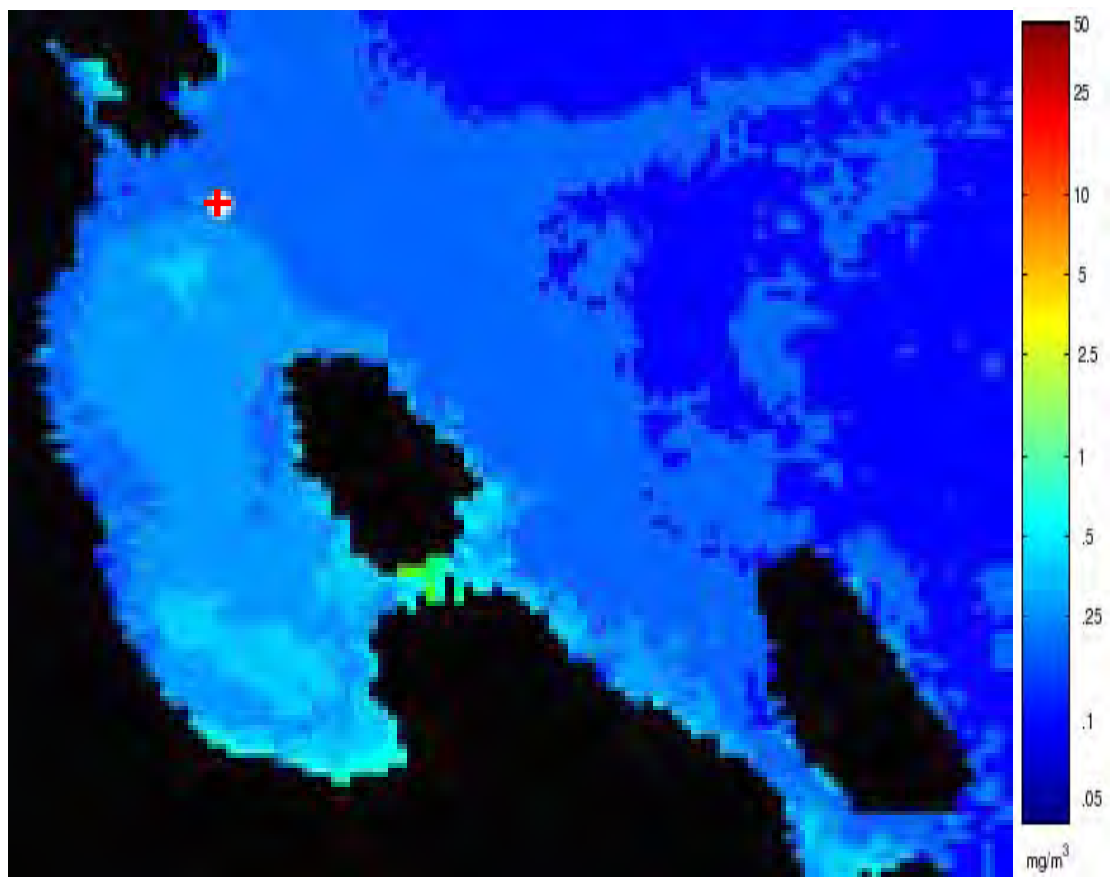


Figura XXX. Distribución de *B. edeni* (+) el 16 de agosto de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

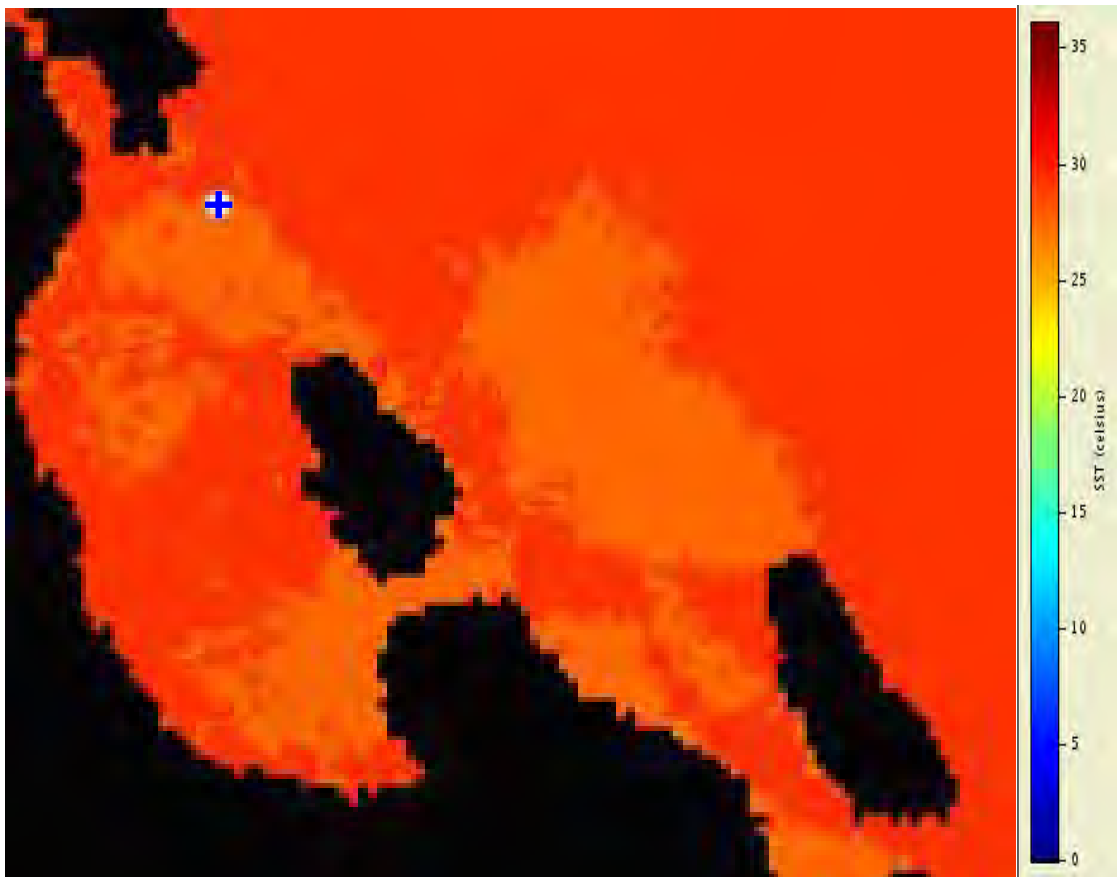


Figura XXXI. Distribución de *B. edeni* (+) el 16 de agosto de 2004, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

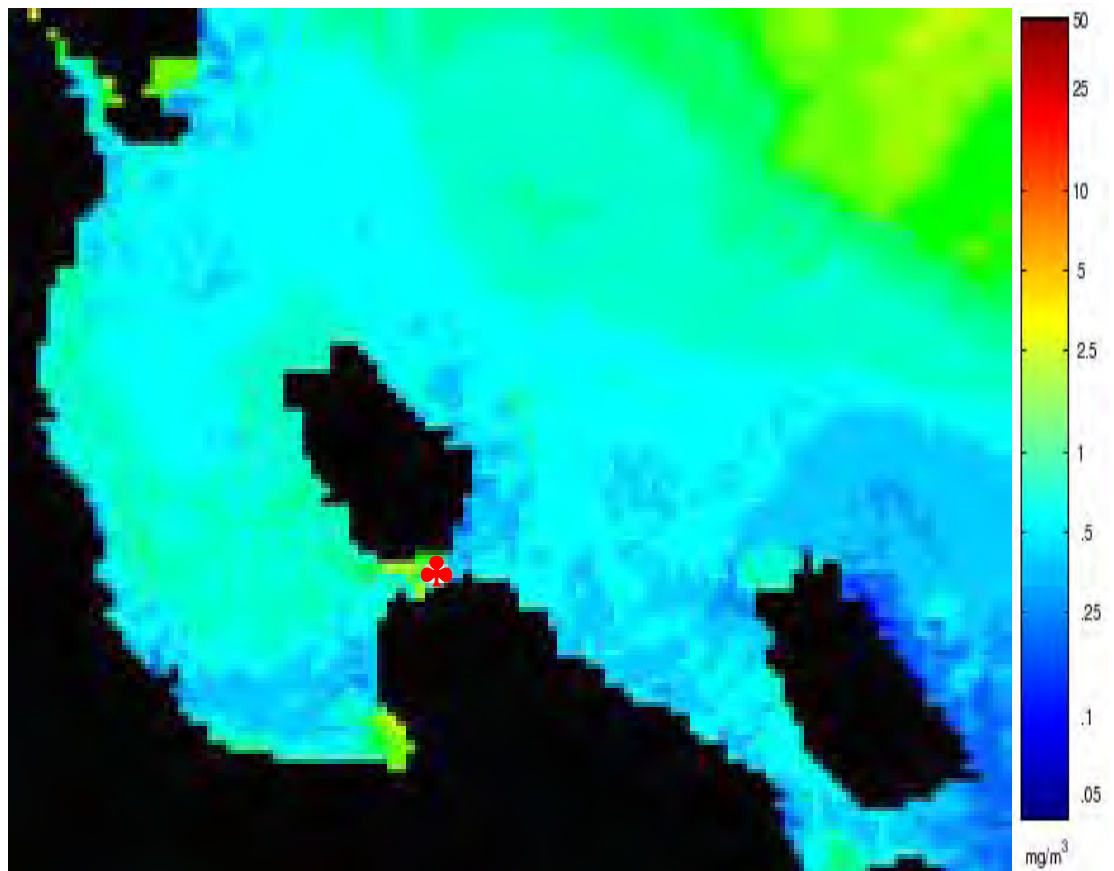


Figura XXXII. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) el 16 de abril de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

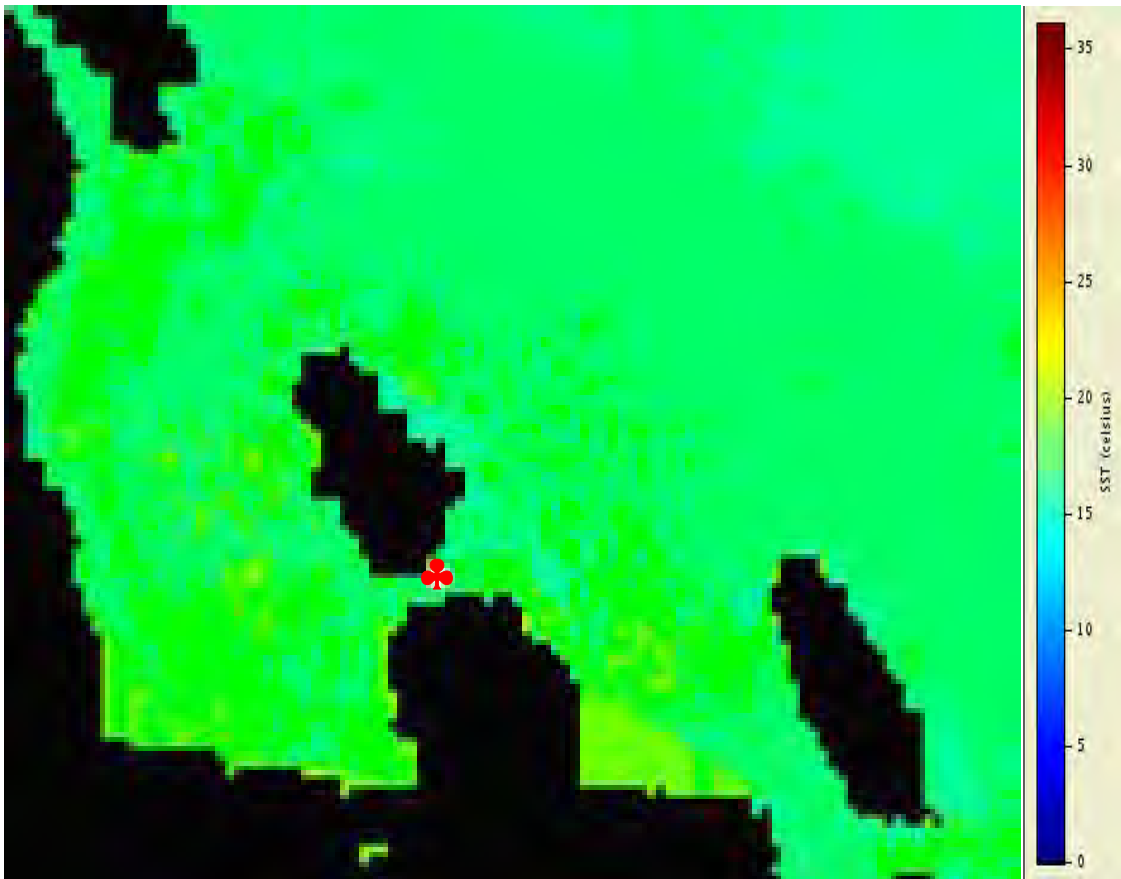


Figura XXXIII. Distribución de *M. novaeangliae* (♣) el 16 de abril de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

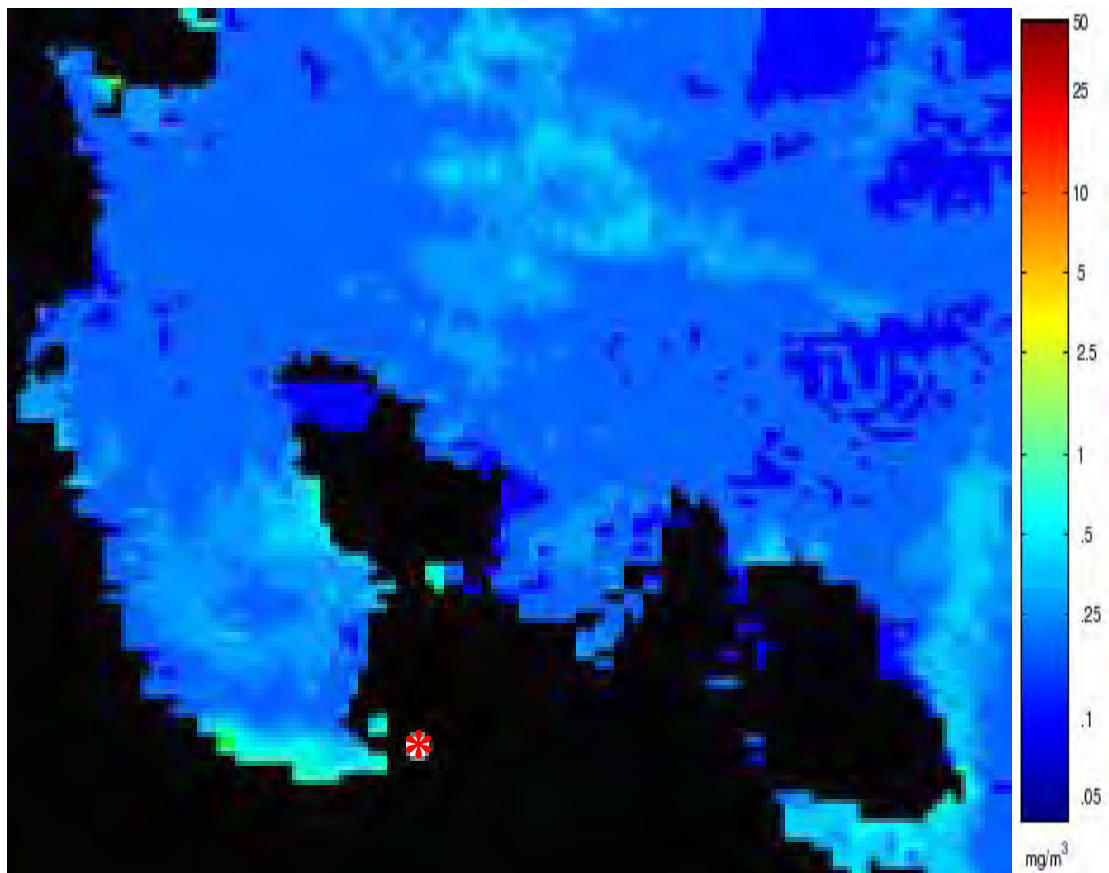


Figura XXXIV. Distribución de *B. physalus* (*), el 08 de octubre de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m³).

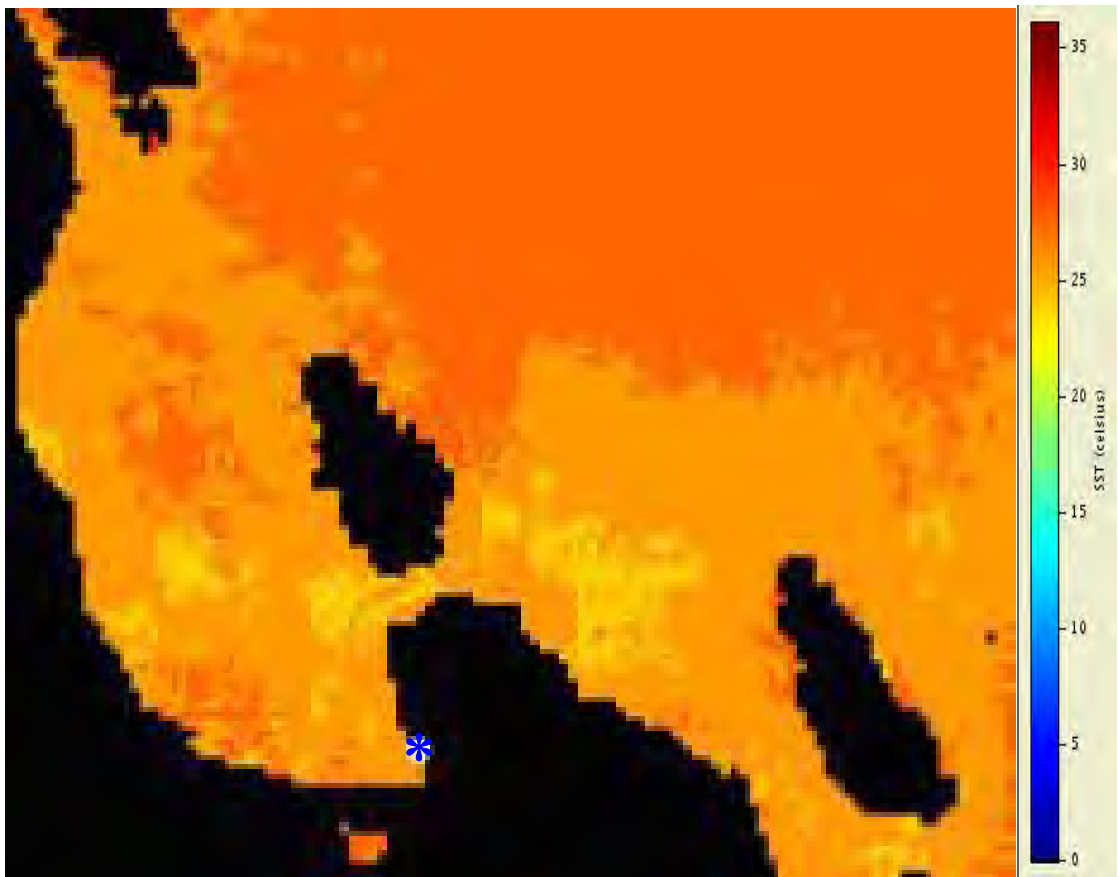


Figura XXXV. Distribución de *B. physalus* (*), el 08 de octubre de 2005, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

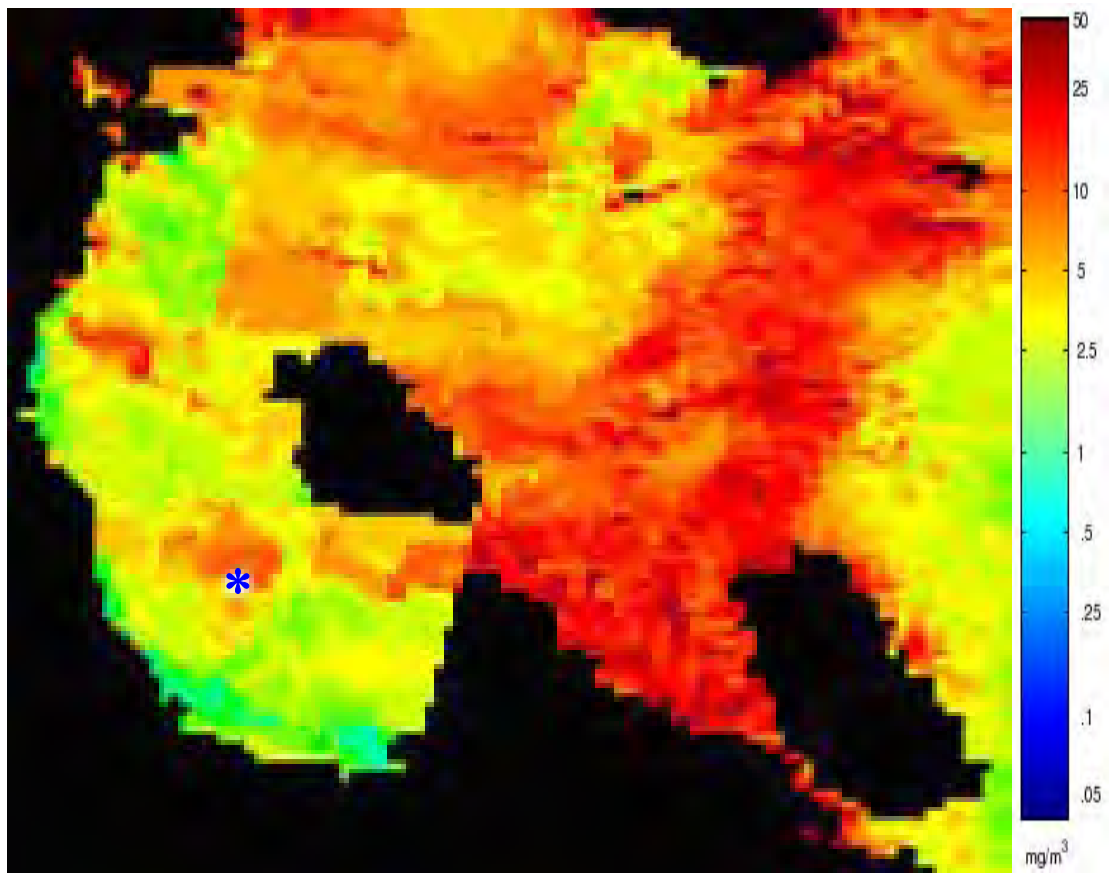


Figura XXXVI. Distribución de *B. physalus* (*), el 18 de febrero de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m^3).

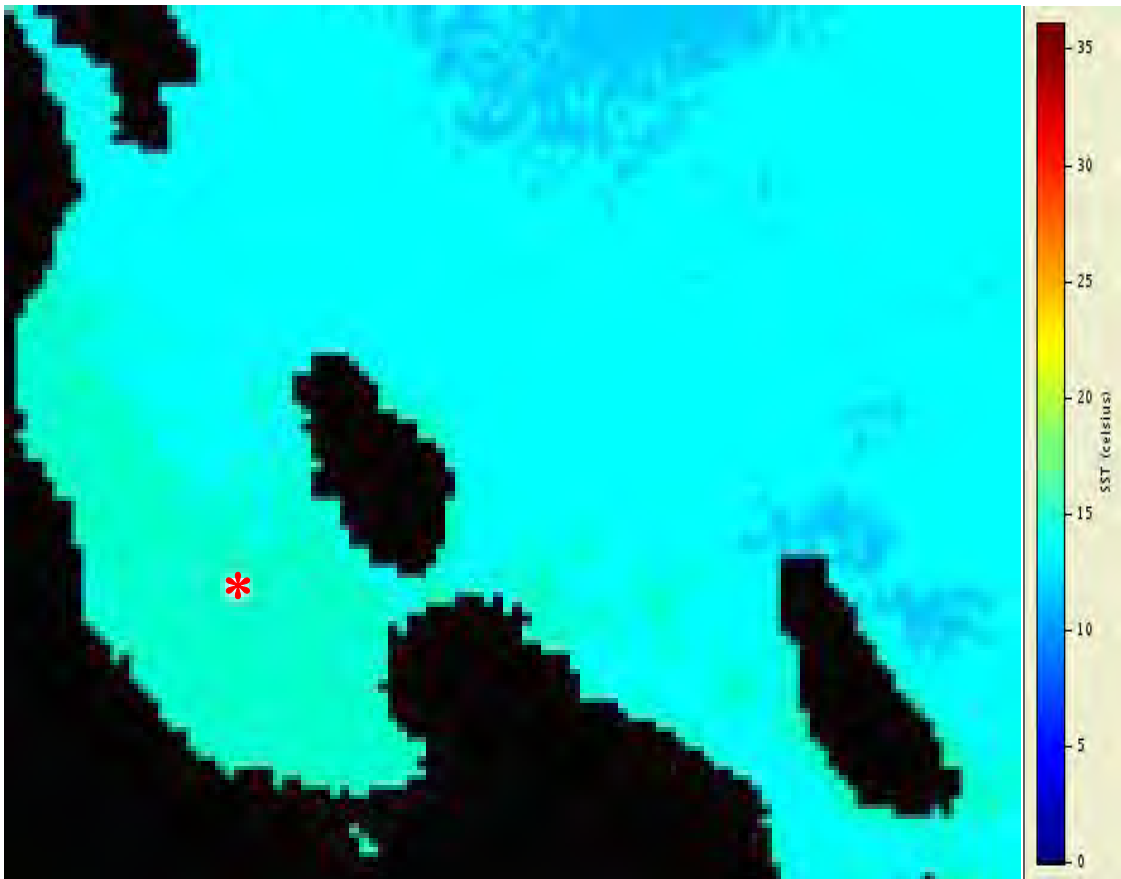


Figura XXXVII. Distribución de *B. physalus* (*), el 18 de febrero de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).

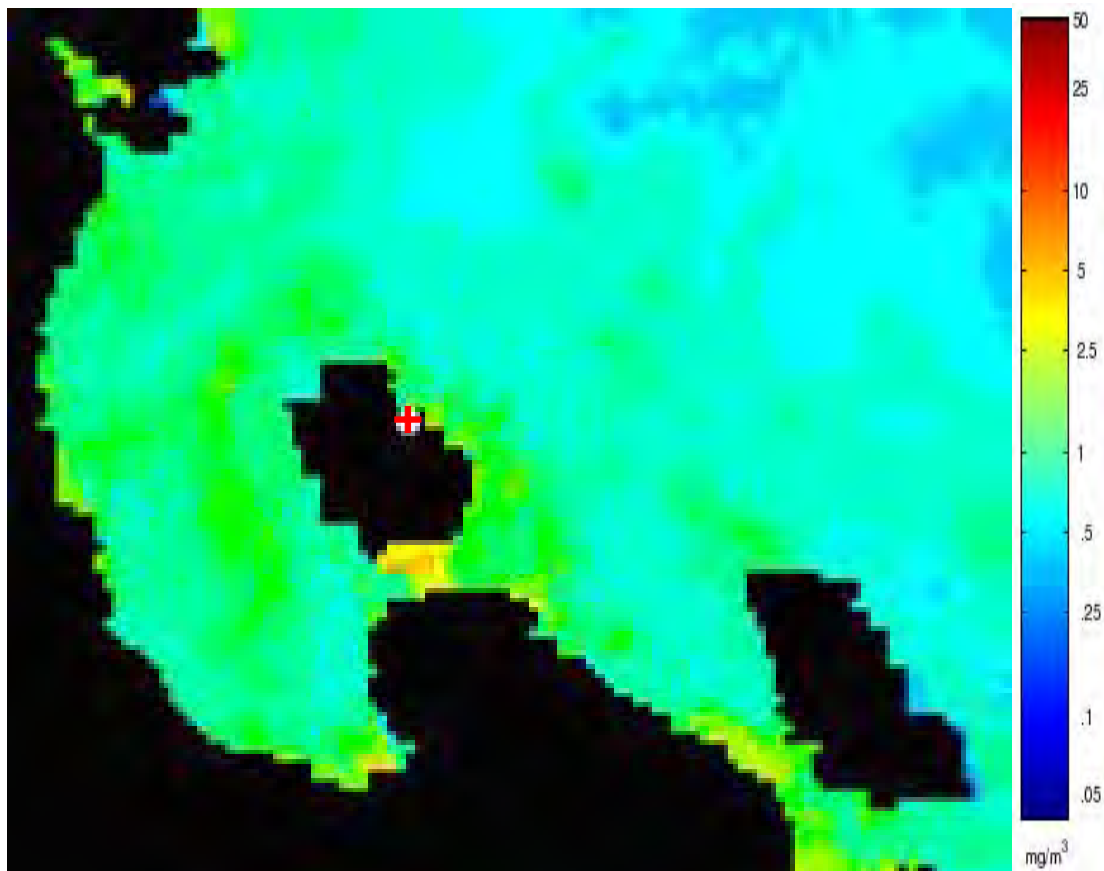


Figura XXXVIII. Distribución de *B. edeni* (+) el 01 de mayo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de clorofila "a" (mg/m³).

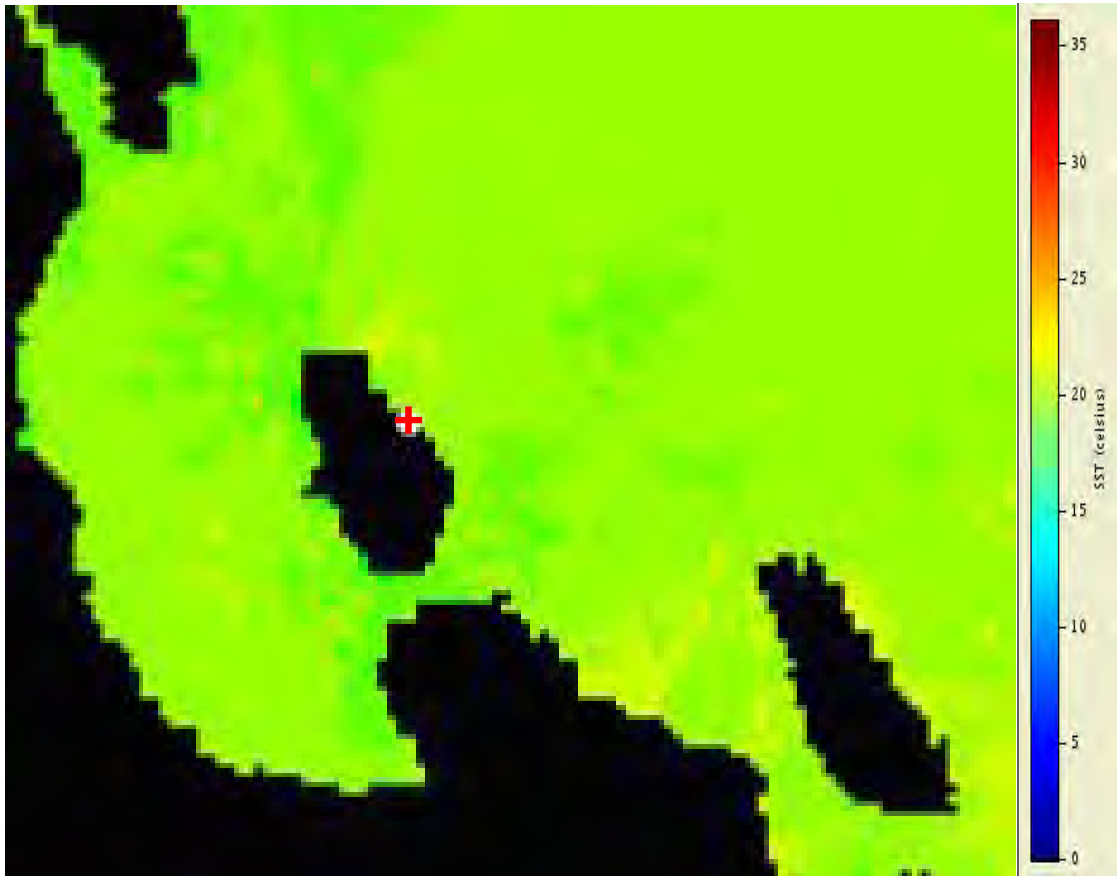


Figura XXXIX. Distribución de *B. edeni* (+) el 01 de mayo de 2006, sobrepuesto en subimagen de promedio semanal de temperatura (°C).