



**Instituto Politécnico Nacional**  
**Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas**

**Variación temporal y espacial del espectro trófico del lobo marino de Galápagos**  
**(*Zalophus wollebaeki*)**



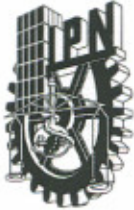
**Tesis, requisito parcial para obtener el grado de**  
**Maestro en Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos Marinos**

**Presenta:**

**Sandie Karina Salazar Pico**

**La Paz BCS, México**

**Noviembre de 2005**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
*ACTA DE REVISION DE TESIS*

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 24 del mes de Octubre del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

**“VARIACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DEL ESPECTRO TRÓFICO DEL LOBO MARINO DE GALÁPAGOS (*Zalophus wollebaekii*)”**

Presentada por el alumno:

**SALAZAR**  
Apellido paterno

**PICO**  
materno

**SANDIE KARINA**  
nombre(s)

Con registro: 

A	0	4	0	2	5	7
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Director de tesis  
PRIMER VOCAL

  
DR. DAVID AURIOLES GAMBOA

PRESIDENTE

  
DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SECRETARIO

  
DR. JOSÉ DE LA CRUZ AGÜERO

SEGUNDO VOCAL

  
DR. E. MAURICIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

TERCER VOCAL

  
MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

  
DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**I. P. N.**  
**CICIMAR**  
**DIRECCION**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 25 del mes Octubre del año 2005, el (la) que suscribe SANDIE KARINA SALAZAR PICO alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A040257 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. DAVID AURIOLES GAMBOA y cede los derechos del trabajo titulado: "VARIACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DEL ESPECTRO TRÓFICO DEL LOBO MARINO DE GALÁPAGOS (*Zalophus wolfebaeki*)"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: sandie\_salazar@yahoo.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

  
SANDIE KARINA SALAZAR PICO

nombre y firma

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo formó parte del plan operativo de la Fundación Charles Darwin (FCD) con la debida autorización del Servicio Parque Nacional Galápagos (SPNG) y el apoyo financiero de USAID, GEF, Karl Meyer Foundation y The David and Lucile Pakard Foundation. Con la colaboración logística de operadores turísticos locales, en especial gracias a: David Balford (ETICA, Metropolitan Touring, Lindblad Expeditions), Felipe de la Torre (Quazar Nautica), Fernando Zambrano (SubAqua), Matías Espinosa (Scuba Iguana). Gracias también a la cooperación de capitanes, tripulantes y guías de las embarcaciones: Isabela II, Polaris, Santa Cruz, Delfín II, Lammer Law, Santa Fe II, SubAqua e Iguana. A los científicos visitantes de la FCD y otras expediciones por varios viajes a las colonias de lobos marinos.

Gracias a la Organización de Estados Americanos por la beca para mis estudios de maestría (OEA-PRA, administrada por LASPAU). Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y a su personal docente por las herramientas necesarias para el análisis de datos y escritura de esta investigación. Este trabajo es un producto del proyecto 20050085 del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) del IPN.

A David Aurióles, director de tesis, por su amistad y aportar experiencia, conocimientos y ayuda incondicional. A la comisión revisora: José de la Cruz, Gustavo de la Cruz, Mauricio Ramírez y Felipe Galván por sus valiosos comentarios y observaciones a la tesis. A Fritz Trillmich por compartir su experiencia y colaboración en la identificación de otolitos. Gracias a Ignacio García, Jonh McCosker, Francisco García, Diana Szteren, y Daniel Costa por colaborar con bibliografía importante para este trabajo.

A Rodrigo Bustamante, Robert Bensted-Smith, Godfrey Merlen, Graham Edgar, Stuart Banks, José Miguel Fariña, John Witman y Eva Dannulat por su invaluable apoyo y asesoramiento. A todos los voluntarios del “Proyecto Lobo” (FCD) por su valiosa ayuda en el campo, recolección y procesamiento de muestras, en especial a Verónica Michuy, Xavier Salazar y Diana Salazar. A Keith Reid, y colaboradores por iniciar este estudio y la recolecta del año 1997.

A mis compañeros y amigos “biomareños” de la FCD y “pinnípedos” del CICIMAR por su cooperación y buen ánimo. Mil gracias a: Di, Diego, Tere, Lorenzo, Claudia, Paula, Mile, Lary, Isabel, Carlos, Luis, Conchis, Gladis, Manuel, Vanewagen, Moni, Lucho, Pauly, y a mi querida Xime.

*A Xavier por su amor, comprensión y ayuda en todo.*

*A mi familia, quienes han sido forjadores de mi superación y el refuerzo en los momentos difíciles,  
gracias porque la distancia no ha impedido que cuente con su cariño y confianza.*

*Y finalmente, pero lo más importante:*

*Gracias a Dios por todo.*

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	2
ÍNDICE GENERAL .....	4
ÍNDICE FIGURAS .....	5
ÍNDICE TABLAS .....	6
GLOSARIO Y SIGLAS .....	7
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
1 INTRODUCCIÓN .....	11
1.1 Objetivos .....	14
2 MÉTODOS .....	15
2.1 Área de estudio .....	15
2.1.1. <i>Clima y corrientes</i> .....	16
2.1.2. <i>Productividad y ENOS</i> .....	17
2.1.3. <i>Sitios de recolección 1997–2001:</i> .....	18
2.2 Recolección y análisis de muestras.....	18
2.2.1 <i>Identificación de las presas</i> .....	20
2.3 Análisis de datos .....	20
2.3.1. <i>Variación temporal y espacial de la composición de presas de Z. wollebaeki</i> .....	20
2.3.2. <i>Diversidad temporal y espacial del espectro trófico de Z. wollebaeki</i> .....	23
3 RESULTADOS.....	25
3.1 Recolecta y análisis de muestras.....	25
3.1.1. <i>Identificación de presas</i> .....	25
3.2 Variación temporal y espacial de la composición de presas de <i>Z. wollebaeki</i> .....	31
3.2.1 <i>Arreglos espaciales y temporales con base en la composición de la dieta</i> .....	48
3.2.3. <i>Análisis no paramétricos</i> .....	52
3.3 Diversidad temporal y espacial del espectro trófico de <i>Z. wollebaeki</i> .....	52
3.3.1. <i>Análisis multivariados: Arreglos espaciales y temporales en base a la diversidad de la dieta</i> .....	54
4 DISCUSIÓN .....	58
5 CONCLUSIONES .....	72
6 LITERATURA CITADA .....	73
7 APÉNDICES.....	84

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica de las islas Galápagos.....	15
<b>Figura 2.</b> Colonias reproductivas muestreadas durante el período 1997–2001.....	18
<b>Figura 3.</b> Índice de importancia (IIMP) promedio de todos los ítems en el periodo 1997-2001.....	30
<b>Figura 4.</b> Relaciones de los índices de importancia (IIMP e IIR) con los 34 ítems encontrados en este estudio.....	31
<b>Figura 5.</b> Porcentaje numérico (PN) y ocurrencia (PO) de peces y cefalópodos en los cinco periodos de muestreo en los diferentes sitios.....	31
<b>Figura 6.</b> Índice de importancia (IIMP) de las cinco familias más relevantes en la dieta de <i>Z. wolfebaeki</i> , en los cinco periodos y en las diferentes colonias.....	33
<b>Figura 7.</b> Promedios anuales del índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en los sitios muestreados en los cinco periodos consecutivos.....	34
<b>Figura 8.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Seymour Norte durante los cuatro periodos de muestreo.....	35
<b>Figura 9.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Mosquera durante los cinco periodos de muestreo.....	37
<b>Figura 10.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Plaza Sur durante los cuatro periodos de muestreo.....	38
<b>Figura 11.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Caamaño durante los cinco periodos de muestreo.....	39
<b>Figura 12.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Bahía Santa Fe durante los cinco periodos de muestreo.....	41
<b>Figura 13.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Isla Lobos durante los cinco periodos de muestreo.....	42
<b>Figura 14.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en La Lobería durante los cuatro periodos de muestreo.....	43
<b>Figura 15.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Champion durante los tres periodos de muestreo.....	44
<b>Figura 16.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Punta Suárez durante los cuatro periodos de muestreo.....	45
<b>Figura 17.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Bahía Gardner durante los cinco periodos de muestreo.....	46
<b>Figura 18.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) de los ítems identificados en Punta Cevallos durante los tres periodos de muestreo.....	47

<b>Figura 19.</b> Análisis de grupos del índice de importancia (IIMP) promedio por año con todos los ítems <b>A.</b> en todos los sitios y <b>B.</b> en los cinco sitios muestreados consecutivamente.....	49
<b>Figura 20.</b> Análisis de componentes principales de los índices de importancia (IIMP) promedio anual: <b>A.</b> todos los sitios con todos los ítems, <b>B.</b> los sitios con muestreos consecutivos con todos los ítems y <b>C.</b> todos los sitios con cinco ítems principales.....	51
<b>Figura 21.</b> Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de los ítems en las once colonias muestreadas.....	53
<b>Figura 22.</b> Curvas de rarefacción de no remuestreo (Mao-Tau,) para los once sitios muestreados.....	54
<b>Figura 23</b> Análisis de grupos con base en la diversidad de ítems ( $H'$ ): <b>A.</b> por años, <b>B.</b> por sitios en las cinco colonias muestreadas en años consecutivos.....	55
<b>Figura 24.</b> Análisis de componentes principales basado en la diversidad de ítems alimenticios de los cinco sitios muestreados en años consecutivos: <b>A.</b> por años y <b>B.</b> por sitios y sus vectores discriminantes.....	57
<b>Figura 25.</b> Promedio de individuos en el tiempo e índice de importancia (IIMP) de los tres principales ítems de la dieta de <i>Z. wollebaeki</i> por año en: Seymour Norte, Mosquera y Plaza Sur.....	58
<b>Figura 26.</b> Promedio de individuos en el tiempo e índice de importancia (IIMP) de los tres principales ítems de la dieta de <i>Z. wollebaeki</i> por año en: Caamaño, Bahía Santa Fe e Isla Lobo.....	68
<b>Figura 27.</b> Promedio de individuos en el tiempo e índice de importancia (IIMP) de los tres principales ítems de la dieta de <i>Z. wollebaeki</i> por año en: La Lobería, Champion y Punta Suárez.....	69
<b>Figura 28.</b> Promedio de individuos en el tiempo e índice de importancia (IIMP) de los tres principales ítems de la dieta de <i>Z. wollebaeki</i> por año en Bahía Gardner y Punta Cevallos.....	70
<b>Figura 29</b> <b>A.</b> Promedios trimestrales de individuos en las once colonias monitoreadas durante 1997–2003 en relación con la temperatura superficial del mar. <b>B.</b> Promedios de recién nacidos en los periodos reproductivos monitoreados... ..	71

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Localidad, número de heces recolectadas y visitas en loberas de las islas Galápagos durante cinco años consecutivos.....	26
<b>Tabla 2.</b> Número de remanentes encontrados en las muestras de heces de <i>Z. wollebaeki</i> recolectadas entre 1997 y 2001.....	27
<b>Tabla 3.</b> Número de muestras que contenían los diferentes ítems encontrados en las muestras de heces de <i>Z. wollebaeki</i> (1997-2001).....	27
<b>Tabla 4.</b> Índice de importancia (IIMP), porcentaje numérico (PN), y porcentaje de ocurrencia (PO) promedio de ítems identificados en la dieta de <i>Z. wollebaeki</i> en los cinco periodos.....	28
<b>Tabla 5.</b> Especies probables por distribución y abundancia dentro de las cinco familias identificadas como importantes en la dieta de <i>Z. wollebaeki</i> .....	29



## GLOSARIO Y SIGLAS

**Abundancia relativa.-** número total de individuos de un taxón comparado con el número total de individuos de todas los otros *taxa* combinadas por unidad de área, volumen, o comunidad (Roger 1998).

**Archipiélago.-** conjunto de islas ubicadas en un espacio geográfico limitado.

**Arenas biogénicas.-** sedimento de origen biológico compuesto por esqueletos y conchas de organismos marinos (Roger 1998).

**Copro.-** desecho fecal de un animal (Roger 1998).

**Densidad ecológica.-** número de individuos por metro cuadrado de hábitat (Nichols y Corroy 1996).

**Diversidad trófica.-** medida de número de ítems alimenticios y su abundancia relativa en una muestra.

**Espectro trófico.-** conjunto de presas que componen la dieta de un organismo.

**Forrajeo.-** comportamiento asociado con la búsqueda, captura y consumo de presas (Roger 1998).

**Hábitos alimenticios.-** descripción del alimento (dieta) de un organismo.

**Heces.-** excremento o copro, desecho del proceso digestivo expulsado por el ano.

**Ítem.-** termino correspondiente a las familias identificadas a través de los otolitos.

**Índice de importancia.-** probabilidad de extraer de un conjunto de copros un ítem determinado (medida de importancia) (García Rodríguez 1999).

**Ocurrencia.-** frecuencia de aparición de un ítem en un periodo de tiempo, expresado en porcentaje (García Rodríguez 1999).

**Otolito.-** cristales de aragonita que se ubican en el oído interno de los peces y se disponen en tres pares: *sagitta*, *lapillus* y *asteriscus*. El par mas usados con fines taxonómicos es el *sagitta* (Reid 1996).

**Pinnípedo.-** taxón asignado a los animales de hábitos anfibios que poseen extremidades modificadas con formas de aletas y son los siguientes: las focas (Phocidae), lobos y leones marinos (Otariidae) y morsas (Odobenidae).

**Rarefacción.-** estadístico que calcula el número de ítems esperados en el caso de que todas las muestras tuvieran el mismo número de otolitos recuperados (García Rodríguez 1999).

**Sesgo.-** error sistemático en el muestreo inherente a la técnica de muestreo (Roger 1998).

**Sobreposición trófica.-** se refiere al grado de traslape o similitud entre los hábitos alimenticios de dos o mas consumidores.

**Teutofago.-** organismos que se alimentan de cefalópodos.

**ENOS:** El Niño Oscilación Sur

**FCD:** Fundación Charles Darwin

**IIMP:** Índice de importancia

**INGALA:** Instituto Nacional Galápagos

**IRI:** Índice de importancia relativa

**PN:** Porcentaje numérico

**PNG:** Parque Nacional Galápagos

**PO:** Porcentaje de ocurrencia

**RMG:** Reserva Marina de Galápagos

**SPNG:** Servicio Parque Nacional Galápagos

**TSM:** Temperatura Superficial del Mar

**UICN:** Unión mundial para la naturaleza

**UNESCO:** “United Nations Educational, Scientific and Cultural” (Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura).

## RESUMEN

El lobo marino de Galápagos (*Zalophus wolfebaeki*) es uno de los mamíferos marinos más conspicuos del archipiélago. El tamaño poblacional estimado para esta especie es de 18,000 individuos y está distribuido en aproximadamente 70 colonias reproductivas. La variación espacio-temporal de los hábitos alimenticios de *Z. wolfebaeki* no ha sido investigada. El objetivo de este estudio es determinar la variabilidad espacial y temporal de la dieta de este pinnípedo, a través de la identificación de presas en las heces recolectadas en once colonias desde 1997 hasta 2001. La principal presa de *Z. wolfebaeki* fueron los peces (96%), seguidos de los cefalópodos (3%). De las 34 familias de peces registradas, el 70% de la dieta está compuesta por: Clupeidae, Myctophidae, Chlorophthalmidae, Serranidae y Mugilidae. Un análisis de componentes principales reveló un cambio temporal en la composición de la dieta, donde los años 1999 y 2000 se separaron de los años 1997, 1998 y 2001 (con más del 85% de variancia acumulada en los 3 primeros componentes), lo cual podría estar relacionado con un cambio en la disponibilidad de las presas durante el evento cálido del ENOS 1997–1998. Además, se observó un incremento en la diversidad de presas ( $H'$  de 1.4 a 1.6 bits) y en la abundancia relativa de cefalópodos (11-26%) desde 1998 al 2000 en la mayoría de colonias muestreadas. No se encontró un patrón espacial claro en los hábitos alimenticios de *Z. wolfebaeki*, esto probablemente debido a una falta de especificidad en las áreas de alimentación. Finalmente, la importancia de la familia Myctophidae en la dieta sugiere que los hábitos de alimentación nocturna en *Z. wolfebaeki* es más común de lo que se conocía.

**ABSTRACT**

The Galapagos sea lion *Zalophus wollebaeki*, is one of the most conspicuous marine mammals in the Galapagos Archipelago. Sea lion population size is around 18,000 individuals distributed in 70 rookeries with scarce information regarding temporal and spatial variations of feeding habits. In this study we used scat analysis to determine potential spatial and temporal variability of Galapagos sea lions diet from 1997 to 2001. During this period, fishes constituted 96% of the diet followed by cephalopods (3%) and from the 34 families of fish identified Clupeidae, Myctophidae, Chlorophthalmidae, Serranidae and Mugilidae comprised 70% of the diet. Using principal component analysis, a temporal change in prey composition was found, where 1999 and 2000 separated from 1997, 1998 and 2001 (>85% of accumulated variability in the first 3 components). It could be related to a change of prey availability during El Niño 1997–1998. In most of the sea lion rookeries, increasing trends in prey diversity ( $H'$  1.4 to 1.6 bits) and abundance of cephalopods (11-26%) were evident from 1998 to 2000. No spatial pattern was identified in feeding habits of the Galapagos sea lion, probably to a lack of specific feeding areas. The importance of Myctophidae in the diet suggests that nocturnal foraging in Galapagos sea lion is probably more common than previously suggested.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las islas oceánicas son ecosistemas que albergan una diversidad importante de organismos endémicos, donde el aislamiento ha sido un factor determinante para la diversificación de especies. El archipiélago de Colón o Galápagos, ubicado aproximadamente a 960 km de la costa del Ecuador continental (Jackson 1997), ha presentado las condiciones idóneas para el establecimiento y evolución de especies nuevas durante los últimos tres a cinco millones de años. Los pinnípedos son un grupo de mamíferos marinos que por sus habilidades acuáticas fueron quizás uno de los primeros grupos en arribar a estas islas volcánicas.

En Galápagos se encuentran establecidas dos especies de pinnípedos: *Arctocephalus galapagoensis* (Heller 1904 en Townsend 1934), cuyo ancestro es *A. australis* que habita en las costas de Perú y Chile; y *Zalophus wollebaeki* (Sivertsen 1953), emparentada con *Z. californianus* que vive en las costas occidentales de México y USA (Jackson 1997). Ambas especies, por las características únicas de su hábitat tropical, presentan importantes rasgos de endemismo tales como reducción del tamaño corporal, adaptaciones fisiológicas de termorregulación y características de comportamiento particulares (Trillmich 1981, 1984 y 1987, Limberger, *et. al.* 1986, Trillmich y Lechner 1986, Kooyman y Trillmich 1986 a y b). Las dos especies están catalogadas en la UICN como vulnerables (Utreras et al. 2003 a y b).

El lobo marino de Galápagos o lobo de un pelo, *Zalophus wollebaeki*, es uno de los mamíferos marinos más conspicuos de las islas. Su población se estima entre 14.000 y 16.000 individuos (Salazar 2002 a y 2002 b.), aunque después de los últimos censos se cree que su número ha aumentado a 16.000–18.000 (estimación basada en datos hasta el 2005). *Z. wollebaeki* está presente en casi todas las islas aunque sus colonias más densas se ubican en la parte sur central del archipiélago (Española, Floreana, San Cristóbal, Santa Cruz, Mosquera y Seymour Norte) (Trillmich 1979, Salazar 2002a.). Prefiere las costas arenosas o rocosas de pendientes suaves, con vegetación próxima que le sirve de refugio durante el día. Esta especie es considerada como un importante recurso turístico.

Los pinnípedos generalmente depredan sobre una amplia variedad de presas, tanto bentónicas como pelágicas, que pueden variar temporal y geográficamente. Estos cambios son más predecibles en latitudes altas, mientras que la proximidad al ecuador implica mayor incertidumbre en estos cambios (Gentry y Kooyman 1986, Riedman 1990). Muchas especies de otáridos, por sus hábitos alimenticios, son consideradas oportunistas, es decir que aprovechan un recurso mientras

este disponible; sin embargo se ha reportado que los lobos marinos de California (*Zalophus californianus*) tienden a seleccionar sus presas y prefieren peces que formen cardúmenes grandes (Lowry et al. 1990, Lowry et al. 1991, Aurióles-Gamboa 1998, García-Rodríguez 1995 Gentry y Kooyman 1986). Cabe señalar que la dieta de los otáridos cambia de acuerdo con su etapa de desarrollo, así las crías se alimentan de leche materna, mientras que los juveniles y adultos por lo general capturan su alimento, en el caso de *Z. wolfebaeki* es normal que la lactancia complemente la dieta de juveniles (Trillmich 1979).

Se ha observado que la composición de la dieta de los otáridos (béntica o pelágica) podría estar relacionada con las tendencias poblacionales y su capacidad de recuperación de condiciones de estrés alimenticio (Costa y Gales 2003). En esta especie en particular, es importante estudiar la composición y diversidad de la dieta en una amplia dimensión espacial y temporal para relacionar con efectos en los cambios poblacionales y entender mejor los mecanismos de supervivencia en condiciones desfavorables, como los eventos ENOS.

Con respecto a la dieta de *Zalophus* se han realizado varios estudios en el lobo marino de California (*Z. californianus*) en las islas del Golfo de California y las costas de USA (e.g. Fiscus y Baines 1966, Fiscus 1982, Aurióles-Gamboa et al. 1984, García-Rodríguez 1999, García-Rodríguez y Aurióles-Gamboa 2004), pero existen limitados reportes acerca de este tema en el lobo marino de Galápagos. Reportes de Dellinger (1987), Reid y Prothero-Thomas (datos no publicados 1997), Dellinger y Trillmich (1999) y Salazar (1999) concuerdan en que *Sardinops sagax* podría ser considerada como la presa principal de *Z. wolfebaeki*. Sin embargo, la diversidad de presas así como sus cambios periódicos y espaciales, no han sido evaluados aún.

Dellinger y Trillmich (1999) fueron los primeros que investigaron sobre los hábitos alimenticios de *Z. wolfebaeki* y *A. galapagoensis*, en base a material fecal y vómitos recolectados en Cabo Hammond, isla Fernandina durante el periodo 1983–1985, donde ambas especies cohabitan (situación poco frecuente). No se encontró sobreposición trófica entre estos pinnípedos, ni cambios temporales significativos en las presas que consumían ambas especies durante las épocas cálida-seca y fría-húmeda, a pesar de la amplia variación interanual. El año catalogado por los autores como post-El Niño (1984) fue el más distinto en cuanto a composición de presas y las tallas de las mismas. Sin embargo, en un estudio posterior donde se amplió el rango de muestreo (6 islas del centro-sur del archipiélago) durante el periodo 1997–1998, antes y durante el evento El Niño Oscilación Sur (ENOS), se identificaron cambios en frecuencia y ocurrencia de las presas

consumidas por *Z. wollebaeki* (Salazar 1999, Salazar y Bustamante 2003). Evidentemente estos cambios no fueron suficientes para evitar la mortalidad y el desplazamiento observado durante uno de los eventos ENOS más intensos y largos registrados en estas islas (48–50 % de reducción poblacional) (Salazar 1999, Salazar y Bustamante 2003).

La biodiversidad y el alto grado de endemismo en las islas Galápagos, tanto en ambientes marinos como terrestres, nos ha llevado a pensar en la adaptación y los cambios que podrían surgir en la dieta de una población aislada como la de *Z. wollebaeki*. La posición ecológica de esta especie en el ecosistema insular es clave puesto que se halla en los extremos de la red trófica, en ecosistemas frágiles e importantes como son las zonas de arrecifes y las zonas pelágicas o de altura. El lobo marino como depredador tope influye en la dinámica y estructura del ecosistema, mediante la transferencia de energía y la regulación de las abundancias de sus presas (Trites 1997); sus poblaciones brindan sustento a tiburones (Okey et al. 2004) y posiblemente a orcas residentes de las islas.

Este estudio se enfoca en los cambios espaciales y temporales de la dieta de *Zalophus wollebaeki* durante los años 1997, 1998, 1999, 2000 y 2001. Las comparaciones incluyen información recopilada durante el evento ENOS 1997–1998 por el autor y colaboradores.

Los cambios en la productividad de las aguas que rodean las islas Galápagos son ocasionados principalmente por la influencia de tres corrientes marinas: 1) la cálida-norte de Panamá (diciembre-mayo), 2) la fría-sur de Humboldt (mayo-diciembre) y 3) la fría-oeste de Cromwell (normalmente todo el año). Esta última corriente es submarina y, al chocar con las islas occidentales de Isabela y Fernandina, origina una constante surgencia o afloramiento de aguas frías y ricas en nutrientes. Además, es la corriente que más ha influido para que el ambiente tropical (por ubicación geográfica de las islas) se torne subtropical y permita la existencia de especies de aguas frías como pingüinos, cormoranes, lobos marinos, lobos peleteros, entre otros (Wyrтки 1981 *en* Banks 1999).

Esta productividad varía adicionalmente por los efectos geográficos (zonas biogeográficas) de las islas (Harris 1969, Banks 1999) y eventos climáticos extremos e irregulares como ENOS (aguas cálidas, de baja salinidad y pobres en nutrientes) (Cowles et al. 1977) y La Niña (aguas frías y ricas en nutrientes). Todos estos cambios suponen una variación o una respuesta por parte de las especies

que habitan en el ambiente marino y en especial de los pinnípedos, que dependen de la abundancia y distribución de otras especies-presa de aguas frías.

*Zalophus wollebaeki* ha demostrado ser altamente sensible a los eventos climáticos ENOS y la escasez de alimento ha sido la principal causa de mortalidad, estrés y desplazamiento durante estos eventos (Limberger 1985, Trillmich y Limberger 1985, Trillmich y Dellinger 1991, Salazar 1999, Salazar y Bustamante 2002).

La alimentación local de *Z. wollebaeki* dependerá en gran parte de su capacidad de adaptación y/o cambio de presa, así como de la diversidad de su dieta controlada por diferencias en el hábitat y sus variaciones. Se predice que habrá diferencias en el espectro trófico y la diversidad de cada población en relación tanto a la influencia biogeográfica de cada sitio como a cambios ambientales producidos por eventos como el ENOS.

## 1.1 Objetivos

### **General:**

Identificar los cambios temporales y espaciales (1997–2001) en la composición y diversidad del espectro alimentario de *Zalophus wollebaeki* en once colonias del archipiélago de Galápagos.

### **Específicos:**

Establecer la composición de las presas de *Zalophus wollebaeki* así como su variación temporal y espacial en once colonias reproductivas.

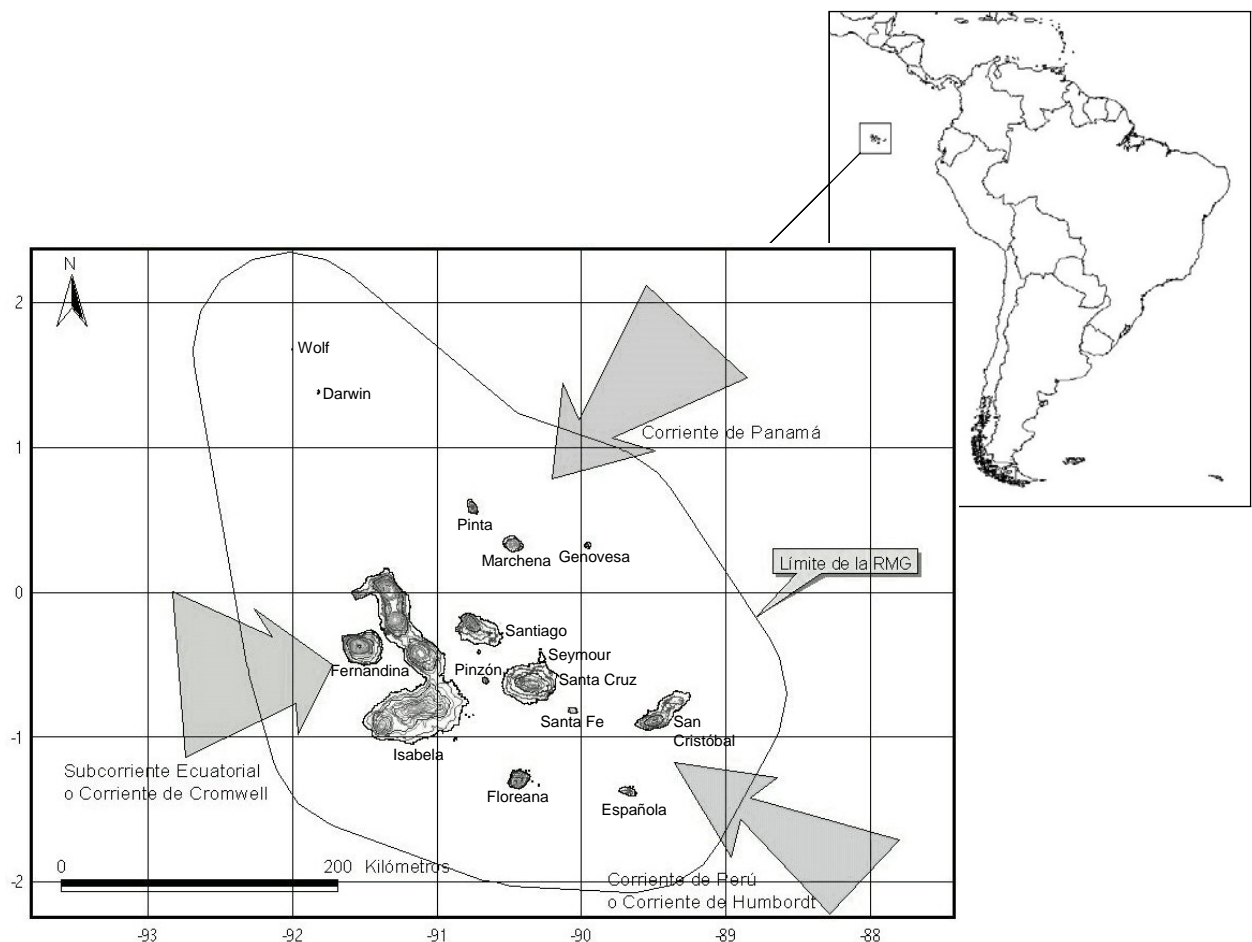
Determinar la diversidad del espectro trófico de *Zalophus wollebaeki* en las once colonias muestreadas durante los cinco años.



## 2 MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

Las islas Galápagos están conformadas por 13 islas grandes ( $>10 \text{ km}^2$ ), 6 islas pequeñas, 40 islotes y varias rocas (Snell et al. 1996). En estas islas se encuentran establecidas dos áreas protegidas estrechamente vinculadas: el Parque Nacional Galápagos (PNG) que comprende el 97,5% de la superficie terrestre total de las islas y la Reserva Marina de Galápagos (RMG), con una superficie total de  $137.000 \text{ km}^2$ , incluyendo 40 millas a la redonda de la línea base de las islas extremas del archipiélago (Figura 1), lo que la convierte en una de las reservas marinas más grandes del mundo. Ambas zonas están protegidas bajo un marco legal establecido en 1998 por el gobierno de la República de Ecuador y reconocidas por la UNESCO como Patrimonio Natural de la Humanidad.



**Figura 1.** Ubicación geográfica de las islas Galápagos. Reserva Marina de Galápagos (línea negra), con sus tres corrientes oceánicas principales.

El origen volcánico de las islas y su lejanía de la masa continental han permitido condiciones inhóspitas que impidieron por largos períodos la colonización del hombre y esto a su vez permitió el desarrollo de fauna y flora únicas en el mundo (Jackson 1997). Sin embargo, una vez que el ser humano arribó a estas islas, ya sea de forma transitoria o permanente, causó impactos severos en varias poblaciones de animales endémicos marinos y terrestres. Los problemas de conservación son varios, pero los más importantes tanto históricos como actuales son los siguientes:

- Cacería: Tortugas gigantes, ballenas, lobos peleteros, lobos marinos y aves fueron cazados intensamente en los siglos XVIII y XIX. Existen reportes de remanentes de caza ilegal en la actualidad, en especial de tortugas gigantes y lobos marinos (por su carne y órganos genitales, respectivamente) (Salazar y Edgar 2001).
- Sobre-pesca: Barcos atuneros industriales faenaban sin control previo al establecimiento de la RMG (1996), incluso actualmente el control de faenas industriales es difícil y varios barcos han sido capturados en actividades ilícitas en los últimos años. A esto se suma el uso de artes no reguladas o no permitidas como palangre y redes a la deriva utilizadas para la captura ilegal de tiburones.
- Especies introducidas: Existen 600 especies de plantas introducidas y aproximadamente 374 de animales introducidos (incluidos insectos). Adicionalmente se han encontrado agentes patógenos que pueden dañar severamente la salud de los organismos endémicos (Fundación Charles Darwin, Informe Anual 2002). La mayor parte de las especies introducidas se han tornado agresivas, lo que hace difícil su control y erradicación. Sin embargo, en los últimos años se ha implementando un sistema de control y cuarentena para evitar la llegada de más plagas y animales.
- Presión migratoria: Este problema es nuevo ya que las islas hasta mediados de los años 50 no tenían condiciones económicas que atrajeran inmigrantes. Sin embargo, a partir del desarrollo del turismo, la presión migratoria es una de las más grandes preocupaciones. El crecimiento humano en los últimos 50 años ha incrementado 13 veces (1346 personas habitaban las islas en 1950, en el 2001 se censó a un total de 18640 habitantes) (Fundación Natura-Ingala 2002).

### **2.1.1. Clima y corrientes**

En el archipiélago se presentan dos estaciones: la fría-seca (de junio a octubre) en la que la influencia de las aguas frías y los vientos sureste hacen que la temperatura ambiental disminuya

(entre 18 y 24 °C) y se presente una fina llovizna conocida como “garúa”, y la cálida-húmeda (diciembre-abril) que se caracteriza por temperaturas ambientales altas (>25 °C) y lluvias verdaderas (la frecuencia de las mismas varía de año a año). Esta última estación ocurre debido a la convergencia intertropical de los vientos alisios del sureste y noreste, que crean a su vez las áreas “calmas de la zona ecuatorial” (pobres en vientos) (Banks 2002). Los meses de mayo y noviembre son considerados de transición.

Uno de los componentes fundamentales que ha dado la pauta para la llegada y permanencia de organismos en estas islas es el encuentro de tres regímenes de corrientes oceánicas, cuya intensidad y dirección es normalmente estacional. La corriente dominante en la época de garúa es la corriente sur de Humboldt, con temperaturas entre 14 a 23 °C (Muromtsev 1963). En la época cálida, las corrientes dominantes son la del norte de Panamá y la del este sur-ecuatorial. La corriente que más nutrientes trae al archipiélago es la corriente oeste submarina ecuatorial (también conocida como de Cromwell), que produce zonas de afloramiento continuo en las costas occidentales de la mayoría de islas durante todo el año (Feldman 1985) (Figura 1).

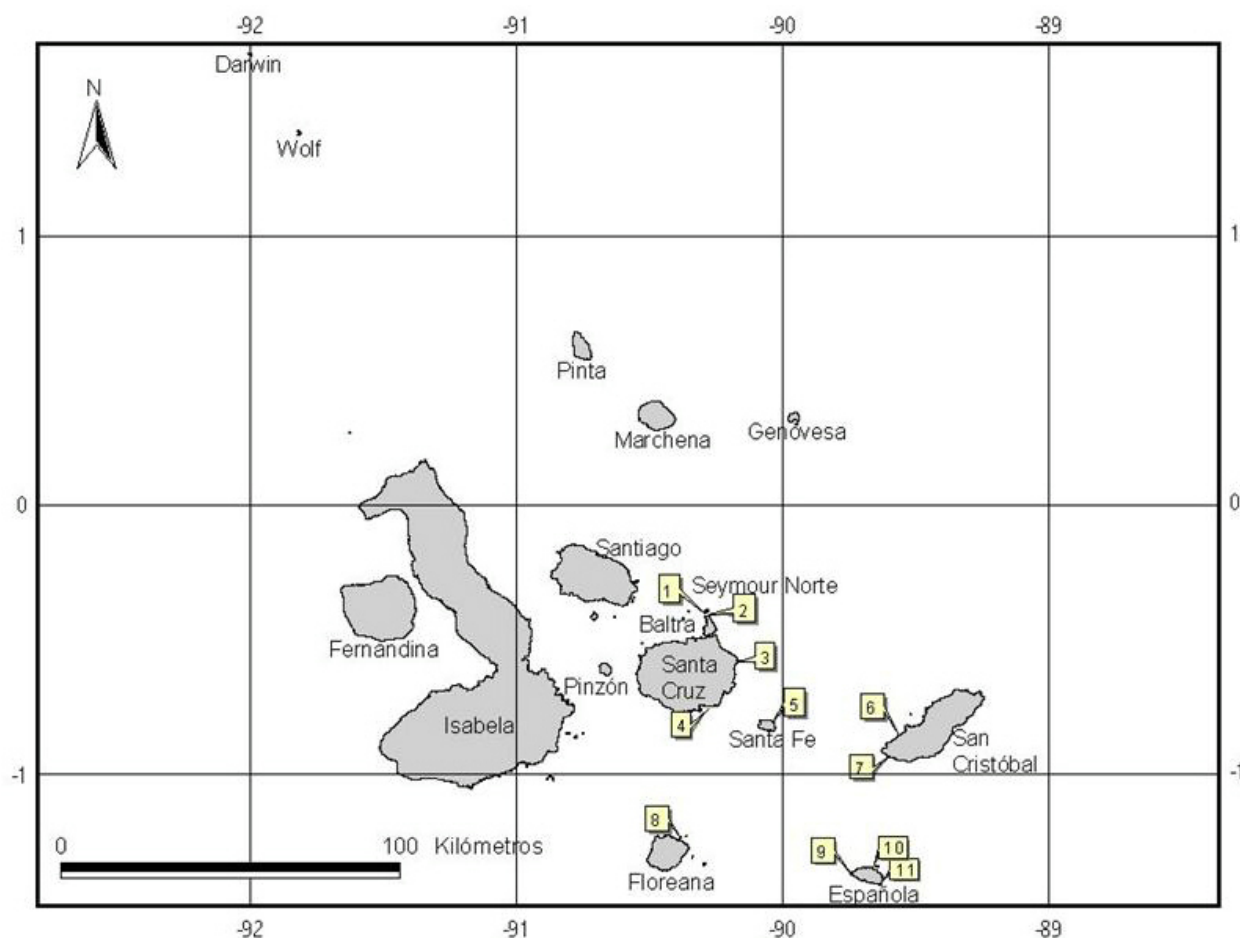
### 2.1.2. Productividad y ENOS

La mayor productividad en las aguas de Galápagos está localizada en las diferentes zonas de surgencia de las islas, en especial en el lado oeste, con una producción elevada, esporádica e intensa (10–30 mg Chl-a m<sup>-3</sup>) generalmente de corta duración, sucedida por una productividad nominal baja (1–5 mg Chl-a m<sup>-3</sup>). La productividad anual promedio refleja una alta productividad en las zonas del oeste de Isabela y Fernandina y una productividad promedio en el resto del archipiélago. Cabe anotar que hay áreas al este y sureste de Santa Cruz que presentan una producción más alta de la esperada (Banks 2002).

El evento de ENOS es un fenómeno oceanográfico periódico e irregular cuyo impacto en la diversidad y biología de las especies que habitan en Galápagos depende de la fuerza con la que este se presenta (Robinson y del Pino 1985). Se caracteriza por la presencia de altas temperaturas, tanto ambientales como marinas, abundante lluvia y una baja productividad. Los eventos más fuertes registrados en los últimos años han sido los de 1982–83 y 1997–98, en los que las especies marinas que sufrieron efectos negativos fueron aquellas que dependen de las aguas frías ricas en nutrientes como lobos marinos, peleteros, pingüinos y cormoranes, entre otros.

### 2.1.3. Sitios de recolección 1997–2001:

Los sitios visitados durante los años 1997–2001 fueron las principales colonias reproductivas (>200 individuos) en seis islas del centro-sur de Galápagos (Figura 2). Los viajes se realizaron gracias a la cooperación de empresas turísticas, científicos visitantes, entre otros recursos. En el Apéndice 1 se describen detalles de las colonias visitadas y sus respectivos mapas.



**Figura 2.** La numeración señala las colonias reproductivas muestreadas durante el período 1997–2001: 1) Sitio de visita en Seymour Norte, 2) Mosquera, 3) Plaza Sur, 4) Caamaño, 5) Bahía Santa Fe, 6) Isla Lobo, 7) La Lobería, 8) Champion, 9) Punta Suárez, 10) Bahía Gardner y 11) Punta Cevallos.

### 2.2 Recolección y análisis de muestras

Para la identificación de la dieta en pinnípedos se han planteado dos métodos: 1) los análisis de contenido estomacal y 2) contenido fecal. Ambos se basan en la recuperación de otolitos y otros

remanentes. Los peces teleósteos u óseos tienen tres pares de otolitos ubicados a los lados del neurocráneo: el *lapillus*, *sagitta* y *asteriscus*. El par *sagitta* es el más grande y el que normalmente es utilizado para fines taxonómicos. La identificación de otolitos se basa en una combinación de su forma geométrica y los patrones de escultura ubicados en la cara media. La forma y la dirección del surco del *sagitta* son generalmente distintivos entre familias y el relieve de la cara medial se utiliza para niveles taxonómicos mayores, género y especie (Reid 1996). Además, el efecto de los procesos digestivos en los otolitos generalmente no es significativo, aunque esto puede variar dependiendo de la fragilidad y del tamaño del otolito e incluso de acuerdo a la tasa de digestión específica (Antonelis y Fiscus 1980, Murie y Lavigne 1985, Harvey y Antonelis 1994, Bodley et al 1999).

Las muestras fecales (copros) fueron recolectadas desde 1997 hasta 2001; dado que las fechas de recolección fueron diferentes, cada año o periodo se refiere a los eventos de recolección de excretas realizados en dicho año. Cada copro fue recolectado en una funda plástica etiquetada. La cantidad de muestras por isla varió de acuerdo al número de lobos en la isla y a las condiciones climáticas del momento de recolección, con excepción de 2001, donde el limitante fue el tiempo en cada colonia. Las heces fueron procesadas en el laboratorio del Área de Investigación y Conservación Marina de la Fundación Charles Darwin (FCD).

Las muestras recolectadas durante los años 1997–1998 fueron analizadas y procesadas de acuerdo a la metodología planteada por Reid y Prothero-Thomas (1997) (Salazar 1999, Salazar y Bustamante 2003). Las condiciones generales de colecta y análisis de las muestras en los periodos siguientes (1999–2001) fueron similares, con excepción del procesamiento y/o lavado, metodología que fue modificada con la finalidad de optimizar el tiempo de recuperación y análisis de los remanentes identificables. Cada muestra fue puesta en remojo en una solución compuesta por una parte de alcohol etílico al 50%, una parte de detergente y dos de agua, por un período de 48 a 72 horas para ablandar la muestra (Reid y Prothero-Thomas 1997). Posteriormente estas fueron lavadas a mano utilizando abundante agua corriente y una malla textil doble de 0.3 mm de criba y un cernidor plástico del mismo rango de criba, en la metodología original esto se realizaba con dos cedazos (con criba de 0.3 a 05 mm) colocados sobre un recipiente receptor. El sobrenadante era decantado y los remanentes sólidos de cada muestra fueron preservados en frascos etiquetados con alcohol etílico al 50%. Para la recuperación de los remanentes, cada muestra preservada fue colocada en una caja Petri con agua y con la ayuda de un fondo negro para generar el contraste necesario y visualizar los remanentes. Se utilizaron instrumentos ópticos (lupa 5x, 10x, un estéreo microscopio)

y pinzas para la recuperación de los siguientes ítems: otolitos y ojos de peces, ojos y picos de cefalópodos y remanentes diferenciales de otros organismos (Ej. restos de crustáceos, plantas, entre otros).

### 2.2.1 Identificación de las presas

La identificación de los otolitos se realizó hasta el mínimo nivel taxonómico posible y se basó en catálogos de otolitos de peces del Pacífico sur-central (Miranda 1982, García-Godos 1996, Reid 1996), una colección de otolitos de peces comunes para las islas Galápagos (Salazar 1999) y fotografías de otolitos identificados para el estudio de Dellinger y Trillmich (1999) (Cortesía de F. Trillmich 1999). Para categorizar las principales presas de *Z. wollebaeki* dentro de cada familia identificada, se elaboró una escala de su disponibilidad basada en información de abundancia relativa, distribución y características morfométricas de cada especie (formas que podrían ser engullidas por los lobos marinos). Además se utilizó información de pesquerías locales (Base de datos de pesca artesanal de la FCD) y bibliografía (Wisner 1974, Human 1993, Grove y Lavenberg 1997).

La presencia de los cefalópodos fue evaluada en base a la cantidad de cristalinos y picos presentes en cada muestra. Los restos de crustáceos se caracterizaron por la presencia de exoesqueletos y otras partes como patas y antenas. El resto más común para los gasterópodos fue la presencia de conchas. Las plantas fueron identificadas por la presencia de hojas, tallos y/o flores que presentaban evidencia de haber sido ingeridos, para evitar registrar vegetación accidental (e.g. sustrato donde se halla la muestra) se tomó en cuenta que la cobertura fuera >50%. Otros remanentes como equinodermos, esponjas, cirrípedos fueron diferenciados por sus partes duras.

## 2.3 Análisis de datos

### 2.3.1. Variación temporal y espacial de la composición de presas de *Z. wollebaeki*

Los cambios temporales y espaciales de la dieta fueron analizados a partir de las recolectas de heces realizadas durante los períodos de muestreo de años consecutivos, en especial en meses considerados de reproducción por la presencia de crías (1998–2001). Este criterio se tomó dado que en esta temporada se encuentran más adultos en las colonias y la probabilidad de recolecta mejora. Las recolectas del año 1997 fueron realizadas por Keith Reid<sup>1</sup> y colaboradores en los meses de

---

<sup>1</sup> British Antarctic Survey, Natural Environment Research Council, High Cross, Madingley Road, Cambridge CB3 0ET, United Kingdom.

marzo y abril. Se realizaron recolecciones en al menos cinco colonias principales de *Z. wollebaeki* en años consecutivos: Mosquera, Caamaño, Bahía Santa Fe, Isla Lobos y Bahía Gardner. Es relevante mencionar que la época reproductiva “normal” (junio-noviembre) no fue considerada, pues se encontraron crías en meses atípicos posiblemente debido al evento ENOS 1997–1998.

Los siguientes datos fueron ingresados en una hoja de cálculo del programa Microsoft *Excel*: código de la muestra, sitio e isla de recolecta, fecha de recolecta, número de otolitos recobrados, identificación de cada otolito, total de otolitos recuperados por muestra, número de cristalinos de peces y cefalópodos por muestra, y picos de estos últimos, por muestra. Además la presencia (1) / ausencia (0) de restos de crustáceos, gasterópodos, algas, coral, dientes, y en la columna de “otros” se detallaba algún hallazgo particular. En el caso de vegetación se anotó el porcentaje aproximado de abundancia en la muestra.

Los peces presa identificados (a través de los otolitos) en cada copro, fueron evaluados de acuerdo al grado de importancia del ítem en todas las muestras recolectadas. Para esto se calcularon dos tipos de porcentajes: el porcentaje numérico del número de otolitos (PN) y el porcentaje de ocurrencia o aparición (PO). Con estos porcentajes calculamos el índice de importancia relativa (IIR) para cada ítem y de esta forma relacionar la frecuencia numérica (PN) y la ocurrencia (PO) de los peces-presa identificados en las diferentes muestras (Spalding 1964, Lehmann 1975, Nascimento et al. 1985, Antonelis et al. 1997). Dado que el IIR está dado en rangos jerárquicos de importancia y su uso no contempla el efecto de la abundancia relativa en cada copro, calculamos también el índice de importancia IIMP (García-Rodríguez 1999), mismo que evalúa la importancia de un ítem en cada muestra en forma porcentual.

El término “ítem” se utilizó para definir una familia (x) identificada por su otolito.

$PN_i = \frac{n_i}{N} \times 100$ ; Donde  $n_i$  es el número de otolitos del taxón  $i$  y  $N$  el número total de otolitos.

$PO_i = \frac{u}{U} \times 100$ ; Donde  $u$  es el número de copros donde ocurre el taxón  $i$  y  $U$  es el número total de copros que contienen otolitos.

$IIR = \frac{R_{PN} + R_{PO}}{2}$ ; Donde  $R$  es el rango jerárquico del porcentaje en cuestión.

$IIMP = \frac{1}{U} \sum_{j=1}^U \frac{X_{ij}}{X_j}$ ; Donde  $x_i$  es el número de individuos del taxón  $i$  en la muestra  $j$ ,  $X_j$  es el total de individuos de todos los taxa encontrados en la muestra  $j$  y  $U$  es el total de muestras con presas.

Los análisis de dominancia fueron realizados en base a los ítems más importantes correspondientes al 70% de la abundancia de los ítems recuperados (índice comunitario de McNaughton, Krebs 1985).

$I = \frac{\sum_{i=1}^x n_i}{N} \times 100$ ; Donde  $x$  es el número arbitrario de ítems más abundantes, en este caso se consideró  $x = 5$  ítems.  $n_i$  es la abundancia relativa de los cinco ítems considerados y  $N$  es la abundancia total de todos los ítems.

Las presas correspondientes a diferentes organismos (cefalópodos, moluscos, crustáceos, entre otros) no fueron identificadas dentro de un nivel taxonómico específico, pero se las registró y preservó (cuando fue posible, dado su grado de digestión) para futuras investigaciones. La evaluación de estos ítems se realizó de acuerdo a su presencia numérica en las muestras recolectadas o al porcentaje estimado en una muestra dada (especialmente con los residuos de vegetación).

### Análisis multivariados

Se realizaron ensayos de clasificación (análisis de agrupamiento o “cluster”) y ordenación (PCA, “Principal Component Analysis”) para observar patrones espaciales y temporales, de acuerdo con las expectativas ecológicas en relación con las condiciones oceánicas y geográficas del área de estudio. Tanto los análisis de clasificación como los de ordenación fueron realizados con base a la composición de la dieta, a través del índice de importancia (IIMP) promedio con todos los ítems y con los ítems principales por año y por sitio, en cada sitio y en cada año. Además se realizaron ensayos incluyendo únicamente las colonias muestreadas en los cinco años consecutivos. El agrupamiento se realizó de acuerdo al método jerárquico del “vecino lejano” (“complete linkage”), utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis. Este método fue escogido dado que ha demostrado ser robusta y una medida relevante para las aplicaciones ecológicas (Anderson y Clements 2000), además fue el que mostró mayor consistencia en los diferentes agrupamientos realizados en este estudio. Los PCA fueron realizados con las matrices de correlación y los datos no fueron transformados dado que su ordenación y clasificación fue consistente con los datos originales.



El uso de estos análisis, permite una aplicación directa sobre un conjunto de variables a las que se considera en bloque, sin necesidad de comprobar la normalidad de su distribución (Pérez 2001).

### Análisis no paramétricos

Para comparar los componentes de la dieta entre distintos períodos de tiempo y sitios se utilizaron análisis estadísticos no paramétricos. Estos se aplicaron por la falta de normalidad y homocedasticidad de los datos. Para la prueba de Kruskal-Wallis (0.05) (Zar 1984) se utilizaron los datos importancia (IIMP) promedio de los sitios y años en los que se obtuvieron más de 6 muestras. Las hipótesis nulas planteadas fueron las siguientes:

- 1)  $H_0$ : El índice de importancia promedio para el ítem  $x$  es igual entre años.
- 2)  $H_0$ : El índice de importancia promedio para el ítem  $x$  es igual entre sitios.
- 3)  $H_0$ : El índice de importancia promedio para el ítem  $x$  es igual entre muestras.

Para determinar si existía correlación entre los diferentes índices de importancia (IIMP) de los ítems recuperados en los diferentes sitios y años se realizó una correlación de Spearman (0.05). En base a las siguientes hipótesis nulas:

- 1)  $H_0$ : El índice de importancia en el sitio  $x$  no está relacionado entre años.
- 2)  $H_0$ : El índice de importancia en el año  $x$  no está relacionado entre sitios.

Dado que los cambios proporcionales de los ítems alimenticios entre los periodos de recolecta 1997y 1998 (ENOS) fueron evidentes, pero no significativos (Salazar y Bustamante 2003), ensayamos nuevas comparaciones: con todos los IIMP promedios de los ítems (incluyendo los no identificados reclasificados) y únicamente con los principales (IIMP promedio  $>$  al 10%). Para esto se utilizó la prueba de Mann-Withney (0.05) con la siguiente hipótesis nula:

$H_0$ : El índice de importancia para el ítem  $x$  es igual entre los dos años.

### **2.3.2. Diversidad temporal y espacial del espectro trófico de *Z. wollebaeki***

Los análisis de diversidad se realizaron a través del número y variedad de ítems incluidos en la dieta, utilizando el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Zar 1984, García-Rodríguez 1999). Este índice se estimó en todos los sitios y años en los que se colectó más de una muestra y en base al número

de otolitos identificados dentro de cada familia. Cabe anotar que el término diversidad en este estudio esta definido por la variedad de ítems identificados en cada copro.

$H' = -\sum_{i=1}^k p_i \log p_i$ ; Donde  $k$  es el número de categorías y  $p_i$  es la proporción de la observación encontrada en la categoría  $i$ .

Adicionalmente se trazaron curvas de rarefacción en base al índice de diversidad acumulado de Mao Tau sin remuestreo (Colwell R. K. 2004), que utiliza el índice de Shannon-Wiener como indicador de diversidad. Este ejercicio fue realizado tanto por años como por sitios. El objetivo de este análisis fue evaluar la diversidad alimenticia de acuerdo con el número de muestras recolectadas por sitio y por año, las curvas de rarefacción se estabilizan donde la incorporación de más copros no cambia el número de ítems encontrados (García Rodríguez 1999).

### Análisis multivariados

Los ensayos de clasificación y ordenación también fueron realizados en base a la diversidad de ítems ( $H'$ ) para observar patrones de agrupamiento y/o ordenación por año y por sitio y en los cinco sitios muestreados en forma consecutiva. El agrupamiento se realizó de acuerdo al método jerárquico del “vecino lejano” (“complete linkage”), utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis. La ordenación se realizó por medio de un análisis de componentes principales (PCA) con las matrices de correlación y no se transformaron los datos dado que su ordenación y clasificación fue consistente con los datos originales.

Para el análisis, ordenación y graficación de datos se utilizaron los siguientes programas de software: Excel, ArcView 3.2, Statistica 6.1, Systat 10, CAP (Community Analysis Package), SDR (Species Diversity and Richness) y EstimateS 7.0.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Recolecta y análisis de muestras

Un total de 817 muestras fecales (copros) fueron recolectadas desde 1997 hasta 2001. La tabla 1 muestra el número de muestras recogidas en las once colonias reproductivas durante los cinco muestreos y las fechas de recolección. El mayor número de muestras se recolectó durante el año 1998 (225 copros) el menor número de muestras se recolectaron en el 2001 (115 copros). En ambos años se visitaron todos los sitios. Los sitios con mayor número de copros fueron Mosquera ( $n = 110$ ), Bahía Santa Fe e Isla Lobos (con 107 ambos) y Plaza Sur ( $n = 101$ ), los sitios con menos muestras fueron Punta Cevallos y Champion. Cabe resaltar que Punta Cevallos fue visitada los cinco años consecutivos.

##### 3.1.1. Identificación de presas

Se recuperaron un total de 26,942 remanentes de peces (9,755 otolitos y 17.187 cristalinos) y 465 remanentes de cefalópodos (158 cristalinos y 307 picos) (Tabla 2). La cantidad de cristalinos de peces (ojos) fue superior a la de otolitos, poniendo en evidencia el sesgo de recuperación de estas estructuras calcáreas.

El 98% de las muestras analizadas presentaron remanentes identificables mientras que en el 2% restante no se encontraron restos. Los remanentes de peces fueron encontrados en 786 muestras, donde los otolitos fueron la mayor parte de estas muestras (>80%) (Tabla 3). En esa tabla, N/D significa no determinado y corresponde a los años 1997 y 1998. En el caso de los gasterópodos, dado su tamaño y cantidad, es muy posible que su presencia sea incidental por ser alimento de algunas presas del lobo marino.

Las plantas o vegetación terrestre, se presentaron en 65 muestras (8%) y las especies principales fueron monte salado (*Cryptocarpus pyriformis*) y Sesuvium (*Sesuvium edmonstonei*).

**Tabla 1.** Localidad, número de heces recolectadas y visitas en loberas de las islas Galápagos durante cinco años consecutivos.

ISLA	SITIO	1997			1998			1999			2000			2001			TOTAL (n/sitio)
		n	Visitas	Mes	n	Visitas	Mes	n	Visitas	Mes	n	Visitas	Mes	n	Visitas	Mes	
Seymour																	
Norte	Sitio de visita	16	1	Abr	12	4	Abr	6	1	Abr	0	0		10	1	Nov	44
Mosquera	Mosquera	31	1	Mar	22	2	Feb	10	2	May	35	2	Ago, Nov	12	1	Nov	110
Santa Cruz	Plaza Sur	31	1	Mar	28	2	Abr	0	0		32	3	Sep, Dic (2)	10	1	Nov	101
	Caamaño	11	2	Mar	15	2	Abr	34	2	Abr	17	2	Nov, Sep	10	1	Nov	87
Santa Fe	Bahía Santa Fe	30	1	Mar	29	4	Abr	15	1	Jul	23	3	Jun, Ago, Dic	10	1	Nov	107
San Cristóbal	Isla Lobos	25	1	Mar	22	2	Jul	21	2	Jun, Dic	28	2	Jul, Nov	11	1	Nov	107
	La Lobería	5	1	Mar	21	2	Jul	12	2	Jun, Dic	1	2	Jul	12	1	Nov	51
Floreana	Champion	0	0		17	2	Mar	9	1	Dic	0	0		10	1	Nov	36
										May,							
Española	Punta Suárez	0	0		24	2	Jun	14	2	Dic	16	2	Jul, Dic	10	1	Nov	64
										May,							
	Bahía Gardner	13	1	Mar	25	2	Mar	11	2	Dic	16	2	Jul, Dic	10	1	Nov	75
	Punta Cevallos	13	1	Mar	10	2	Mar	1	1	May	1	1	Dic	10	1	Nov	35
<b>TOTAL (n/año)</b>		175			225			133			169			115			<b>817</b>

*n* = Número de muestras, visitas = número de veces que se visitó el sitio.

**Tabla 2.** Número de remanentes encontrados en las muestras de heces de *Z. wollebaeki* recolectadas entre 1997 y 2001.

AÑO	Peces		Cefalópodos	
	Otolitos	Cristalinos	Cristalinos	Picos
1997	925	1714	11	11
1998	2369	3433	24	22
1999	1767	3738	7	56
2000	1945	4592	68	160
2001	2749	3710	48	58

**Tabla 3.** Número de muestras que contenían los diferentes remanentes encontrados en las muestras de heces de *Z. wollebaeki* (1997-2001).

Años	Pec.	Cef.	Crus.	Rayas	Gast.	Plantas	Algas	Cirrip.	Esponj.	Corales	Equinod.
1997	174	6	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1998	218	24	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
1999	123	25	13	11	54	4	1	2	2	1	0
2000	159	51	12	0	102	28	8	4	3	10	2
2001	107	28	18	0	45	33	6	5	0	10	1

**Abreviaturas:** Peces (Pec.), Cefalópodos (Cef.), Crustáceos (Crus.), Gasterópodos (Gast.), Cirripodos (Cirrip.), Esponjas (Esponj.) y Equinodermos (Equinod.).

Tanto en abundancia como en frecuencia, las principales presas de *Z. wollebaeki* durante el período de muestreo fueron los peces (>95%), seguidos por los cefalópodos (3%) y otras presas (1%).

En los peces, se identificaron un total de 34 tipos de otolitos, de los cuales 28 fueron identificados a nivel familia. Dentro de las familias más importantes (>70%, índice comunitario de Mc.Naughton) estuvieron las familias Clupeidae, Myctophidae, Chlorophthalmidae, Mugilidae y Serranidae. Clupeidae con rango jerárquico de 2.6 (IIR) y la especie más registrada (aprox. 90%) *Sardinops sagax*, seguida de la familia Myctophidae (2.8 IIR), y tres familias con intervalos de importancia entre 4 y 5.6: Chlorophthalmidae, Serranidae y Mugilidae (lisas) (Tabla 4). En la tabla 5 se enlistan las especies más probables dentro de las mencionadas familias.

**Tabla 4.** Porcentaje numérico, ocurrencia e importancia (IIMP) promedio de ítems identificados en la dieta de *Z. wolfebaeki* en los cinco periodos de estudio. Los ítems más importantes están en color gris.

Item	1997			1998			1999			2000			2001			Prom. (IIMP)
	PN	PO	IIMP	PN	PO	IIMP	PN	PO	IIMP	PN	PO	IIMP	PN	PO	IIMP	
Bathylagidae													4.8	10.7	2.5	0.5
Belonidae													27	22.2	9.7	1.9
Bothiidae													5.9	27	7.2	1.4
Branchiostegidae	0.6	3.6	3.6	0.6	7.7	0.4										0.8
Carangidae	4.1	8.7	2.8	3.4	11	5.4	5.1	8.9	3.2	0.5	5.3	1	3.4	22.2	6.9	3.9
Centropomidae	0.7	4	0.3							2.3	6.7	6.7				1.4
Chanidae	3	9.2	3.6	4.4	10.5	3	9	10.1	4.4	3.7	6.5	2.6	0.6	11.1	2.8	3.3
Chlorophthalmidae	17.3	16.9	11.8	3.2	8.1	4.2	23.9	25.3	16.1	14	17	9.9	31.6	26.8	15.4	11.5
Clupeidae	46.7	70.6	52.1	19.4	39.6	25.1	20.1	40	27.6	36.1	51.3	33.2	28.6	47.8	23.1	32.2
Engraulidae													0.7	22.2	0.8	0.2
Exocoetidae	9.3	11	3.8	3.6	9.5	2.2	4.1	20.4	6.3	1.3	7.8	1.8	0.2	10	0.1	2.8
Normanichthyidae	0.6	15.9	9.2		10.8	1.4		8.5	5		7.2	2.6	0.4	16.1	8	5.2
Gerreidae	1.8	3.6	1.2	3.5			2.4			2.1			5.7	11.1	2.2	0.7
Haemulidae	2.7	5.1	3		11.3	2.9		12	1.5	0.8	7.1	4.3		20	3.7	3.1
Kyphosidae		10.5	3.2	0.2							6.7	2.2				1.1
Labridae					3.8	0.4							2.6			0.1
Merlucciidae	8.2			10.2			13.8			7.6			2.6	11.1	0.8	0.2
Mugilidae		5.3	4.3		15.9	10.2		29.8	21.9		23.9	14	4.1	17.3	7.7	11.6
Muraenidae	13.7			23.8			22.9			22.6			22.8	11.1	3.6	0.7
Myctophidae	2.4	22.9	11.2	7.7	42.3	25.7		32.4	14.2		40.2	17.7		48.9	24.5	18.7
Pomacentridae	0.8	5.2	3.1	6.6	11.1	5.9	18.8			0.7			2.5			1.8
Scaridae	3	3.8	2.5	2.2	18.8	11.1		11.7	4.9	1.1	7.7	0.3	2	11.1	1.9	4.1
Sciaenidae	7.2	9.1	3.2	3.2	12.1	2	4.3			5.4	5	1.4	0.6	16.7	2.4	1.8
Scombridae		18.3	9.9		13.2	4.8	1.9	11.1	6.9		13.9	3.8	0.7	11.1	0.2	5.1
Scorpaenidae	21.6			26			7.1	9.1	1.3	9.7			13	22.2	2.2	0.7
Serranidae	1.9	24	10.4		16.8	11.9	4.1	22.2	10.9	1.8	29.1	11.7	3.2	39.7	19	12.8
Sparidae		10	4.8					18.3	10.5		4.7	2.2	29.7	13.5	7.5	5.0
Sternoptychidae				3.3			0.7						2.2	14.3	14.3	2.9
E1							1.2	8.3	2							0.4
W2				0.4	11.6	4.7		6.9	3.6					11.1	6.3	2.9
X2				0.2	5.8	1.3										0.3
Y2	3.9			0.9	3.8	3.8	4			0.7			0.2			0.8
Y3	2.2	12.8	6.2		4.9	1.8	4	7.9	4.9	0.9	7.5	4.1	0.6	10	0.1	3.4
Z2	3	8.9	3.4	2			0.7	30	9.5	0.8	11.5	1.6	2	10	2.5	3.4

Simbología: Porcentaje numérico (PN), porcentaje de ocurrencia (PO), Índice de importancia (IIMP), E1, W2, X2, Y2, Y3 y Z2 tipos de otolitos no identificados.

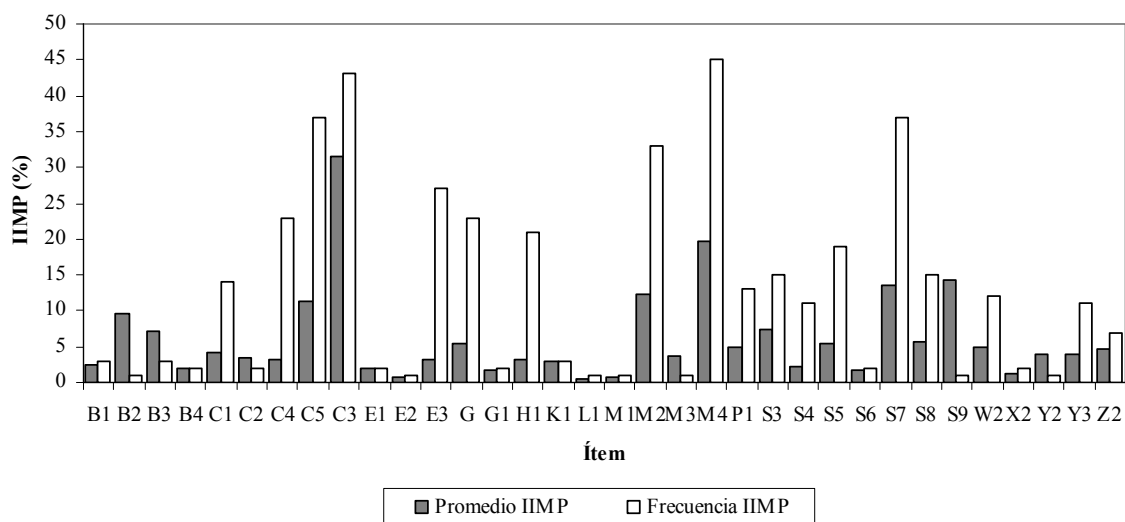
**Tabla 5.** Especies probables por distribución y abundancia dentro de las cinco familias identificadas como importantes en la dieta de *Z. wollebaeki*.

<b>FAMILIA</b>	<b>Especie 1</b>	<b>Especie 2</b>	<b>Especie 3</b>
Clupeidae	<i>Sardinops sagax sagax</i>	<i>Opisthonema berlangai</i>	<i>Opisthonema libertate</i>
Myctophidae	<i>Diogenichthys laternatus</i>	<i>Loweina laurae</i>	<i>Triphoturus oculus</i>
Serranidae	<i>Paranthias colonus</i>	<i>Paralabrax albomaculatus</i>	<i>Mycteroperca olfax</i>
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	<i>Mugil galapagensis</i>	
Chlorophthalmidae	<i>Chlorophthalmus</i> sp.		

Fuentes: Wisner 1974, Human 1993, Grove y Lavenberg 1997

Otros ítems que a pesar de no haber llegado al nivel de importancia de los principales, ocurren regularmente en la dieta de este pinnípedo y fueron: Exocoetidae (peces voladores), Normanichthyidae (camotillos), Chanidae (lisas diablo), Haemulidae (chopas y roncadores), Scombridae (bonitos y macarelas), Scaridae (peces loros), Sparidae (palmas y mojarrones), Carangidae (pampanos y jureles), Pomacentridae (damiselas), Ophichthyidae (anguilas), Otolito Y3 y Sciaenidae (corvinas y ayengues) (Figura 3).

Un total de cuatro ítems no fueron identificados al compararlos con las colecciones y catálogos que se utilizó en este estudio. Dos ítems (W2 y X2) fueron identificados como posibles otolitos de las familias Ophichthyidae y Triglidae (incógnitas en la figura 3). Sin embargo, tanto la importancia como la ocurrencia de estos fueron en general baja, por lo que no comprometieron mayormente la interpretación de la información obtenida.

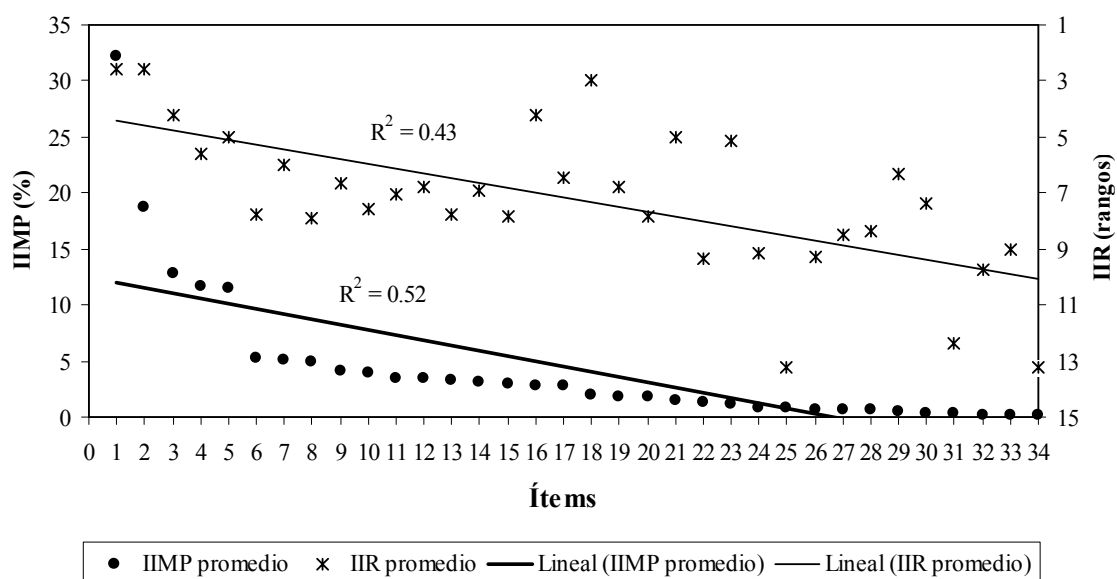


Ítems	Clave	Ítems	Clave
Bathylagidae	B1	Merluciidae	M1
Belonidae	B2	Mugilidae	M2
Bothiidae	B3	Muraenidae	M3
Branchiostegidae	B4	Myctophidae	M4
Carangidae	C1	Pomacentridae	P1
Centropomidae	C2	Scaridae	S3
Chanidae	C4	Sciaenidae	S4
Chlorophtalmidae	C5	Scombridae	S5
Clupeidae	C3	Scorpaenidae	S6
E1	E1	Serranidae	S7
Engraulidae	E2	Sparidae	S8
Exocoetidae	E3	Sternoptychidae	S9
Normanichthyidae	G	Ophichthyidae (?)	W2
Gerreidae	G1	Triglidae (?)	X2
Haemulidae	H1	y2	Y2
Kyphosidae	K1	Y3	Y3
Labridae	L1	Z2	Z2

**Figura 3.** Índice de importancia (IIMP) promedio (barra gris) de todos los ítems de peces identificados en las excretas de *Z. wolfebaeki* en el periodo 1997–2001. La barra blanca indica la frecuencia de aparición (ocurrencia) de dicho ítem (ordenados alfabéticamente).

Los dos índices de importancia utilizados mostraron un comportamiento similar, estos no pudieron ser correlacionados por presentar diferentes magnitudes (rangos jerárquicos y porcentajes), sin embargo su relación respecto a los ítems fue similar  $r=0.66$  para el IIR y  $r=0.7$  para el IIMP (Figura 4), el uso de uno y otro permite ampliar la comparación con otros trabajos realizados en este tema. El IIMP tuvo correlaciones significativas con el PN y el PO (Apéndice 2) lo que nos permite validar el uso de este índice en este estudio.

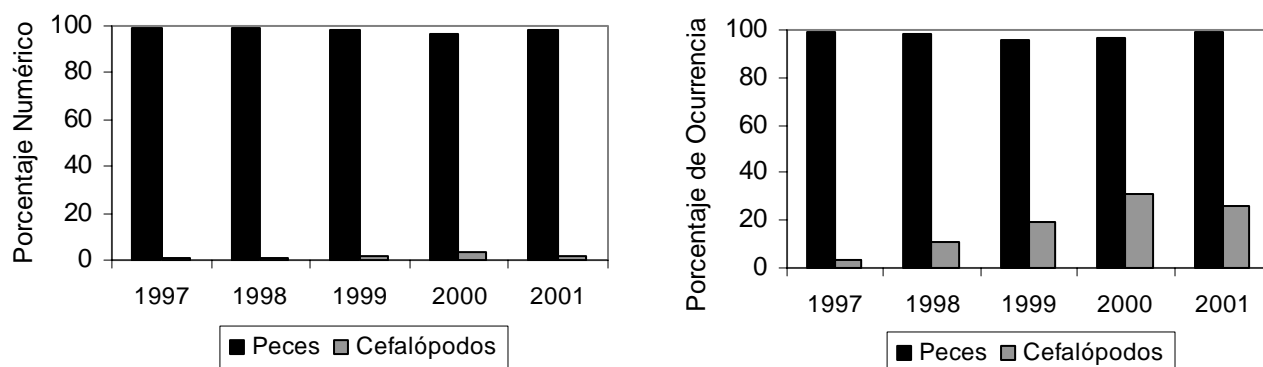




**Figura 4.** Relaciones de los índices de importancia (IIMP e IIR) con los 34 ítems encontrados en este estudio.

### 3.2 Variación temporal y espacial de la composición de presas de *Z. wolfebaeki*

En general, se observó una tendencia al incremento de la ocurrencia y abundancia de cefalópodos a través de los años (Figura 5). Este incremento no fue el mismo en todas las colonias muestreadas, así en el Apéndice 3 se presenta la variación de peces y cefalópodos en cada una de las colonias muestreadas.

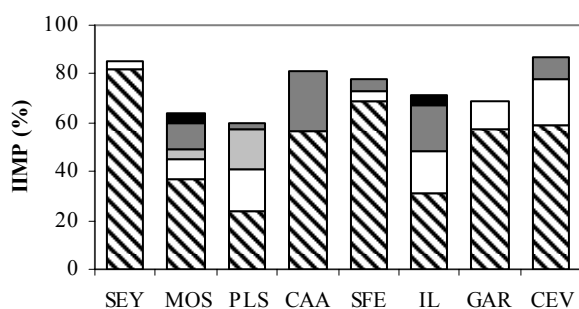


**Figura 5.** Porcentaje numérico y ocurrencia promedio de peces y cefalópodos en los cinco periodos de muestreo en los diferentes sitios.

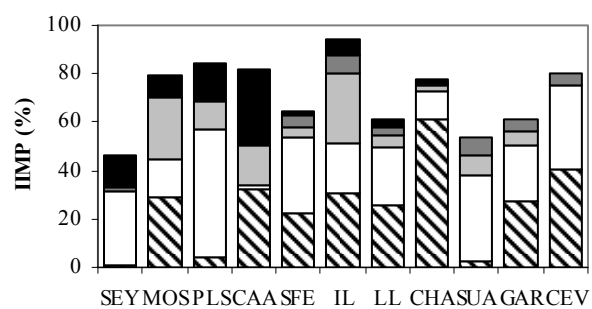
### ***Peces***

La importancia de las cinco familias principales varió a través del tiempo, destacándose un incremento de la familia Chlorophthalmidae durante los periodos más fríos 1999 (La Niña) y 2000 y un relativo decremento de clupeidos en el periodo más cálido (1998-ENOS). Este decremento no fue uniforme ya que en las muestras de algunas colonias del sur-este, como Bahía Gardner, Punta Cevallos y La Lobería se encontraron otolitos de Clupeidae. Sin embargo, el aspecto más relevante es que la dieta se diversifica ampliamente a partir de 1998 (Figura 6). Este cambio temporal también fue evidente por la presencia de las familias menos relevantes (Figura 7).

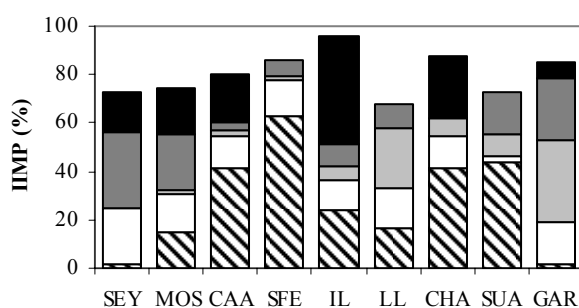
1997



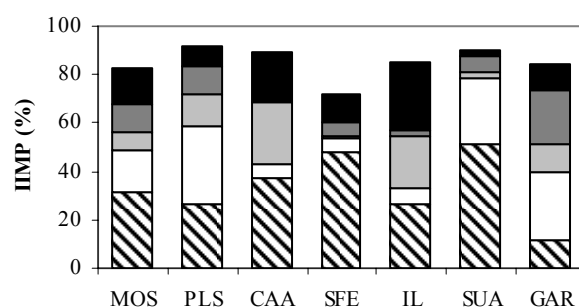
1998



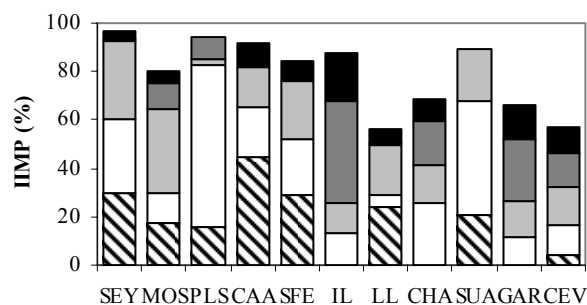
1999



2000

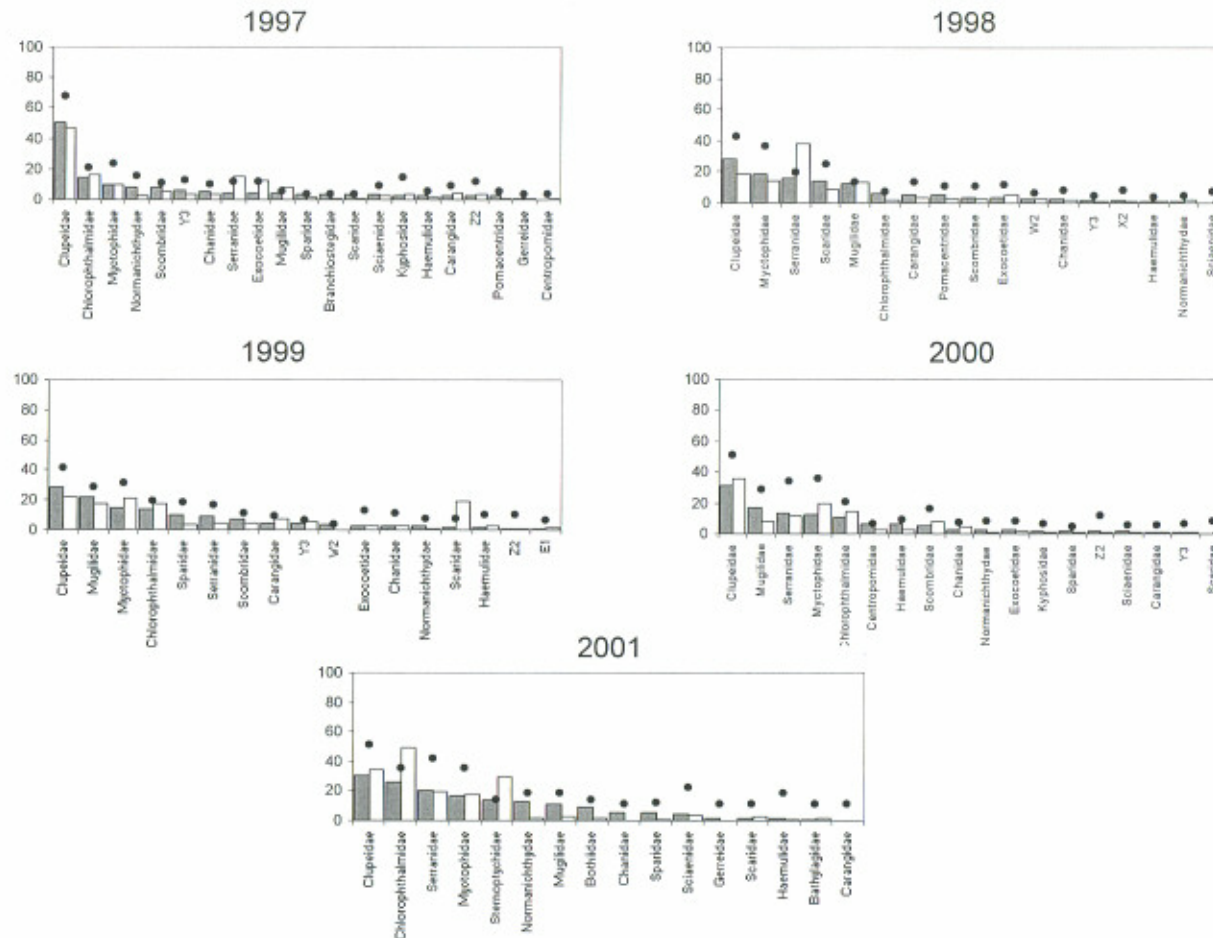


2001



Clupeidae
  Myctophidae
  Serranidae
  Chlorophthalmidae
  Mugilidae

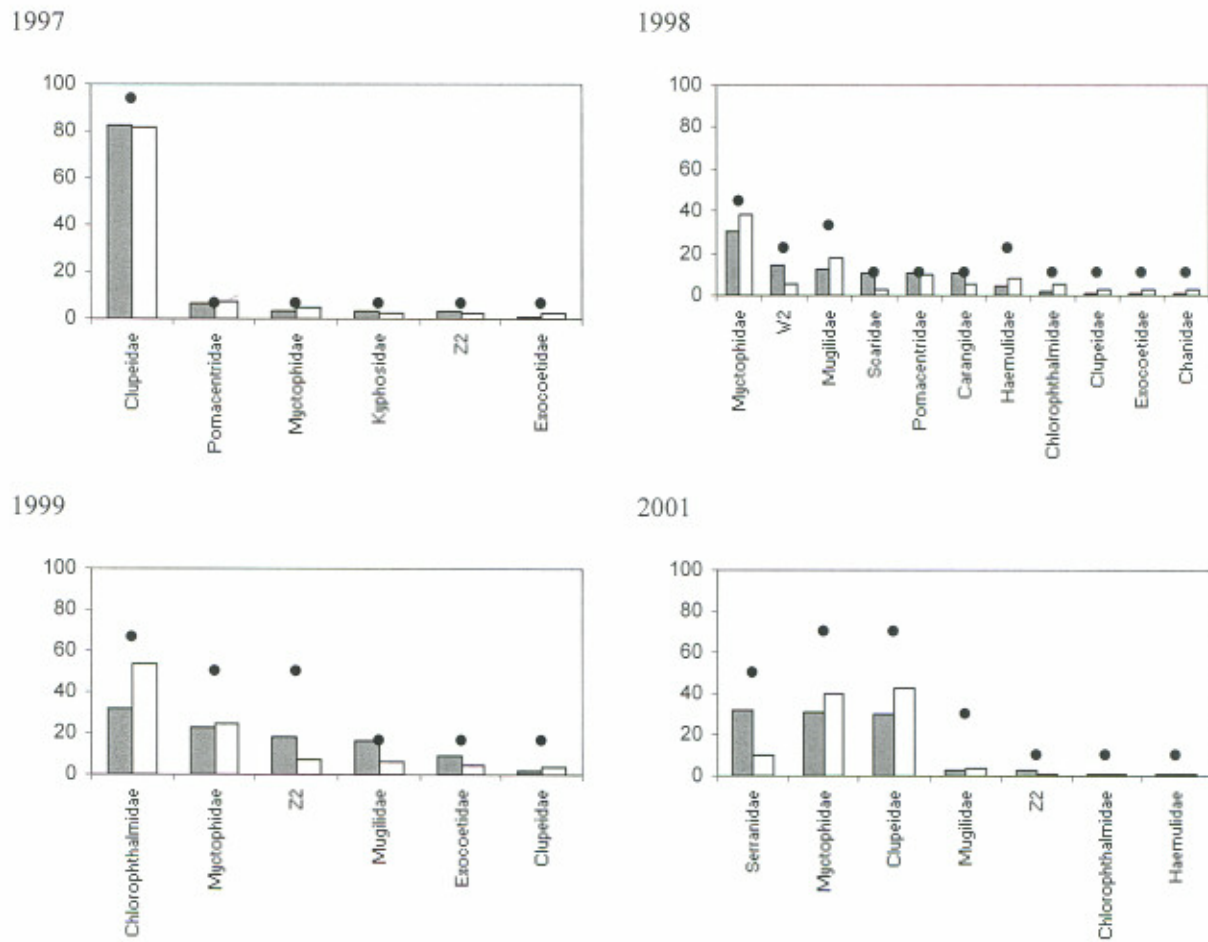
**Figura 6.** Índice de importancia (IIMP) anual de las cinco familias más relevantes en la dieta de *Z. wollebaeki* y en las diferentes colonias ordenadas de norte a sur y de oeste a este: Seymour Norte (SEY), Mosquera (MOS), Plaza Sur (PLS), Caamaño (CAA), Bahía Santa Fe (SFE), Isla Lobos (IL), La lobería (LL), Champion (CHA), Punta Suárez (SUA), Bahía Gardner (GAR) y Punta Cevallos(CEV).



**Figura 7.** Promedios anuales del índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en los sitios muestreados en los cinco periodos consecutivos (Mosquera, Caamaño, Bahía Santa Fe, Isla Lobos y Bahía Gardner).

En las diferentes colonias muestreadas también se observó una variabilidad espacial en la composición trófica de *Z. wollebaeki*:

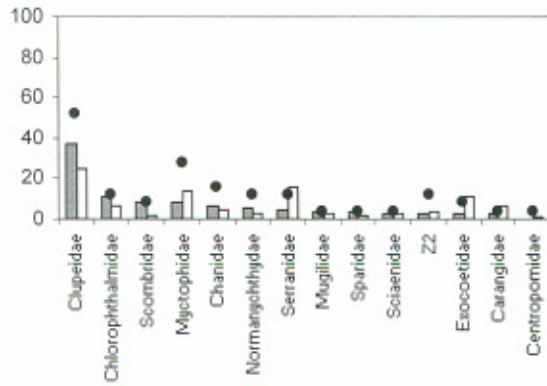
Seymour Norte (Sitio de visita).- En este sitio la dominancia de Clupeidae en 1997 fue casi absoluta, pero en 1998 fue menos relevante y remplazada por Myctophidae en importancia. En 1999, la familia Chlorophthalmidae pasa a ser la dominante seguida por Myctophidae y finalmente en el 2001, tres familias co-dominaron (Serranidae, Myctophidae y Clupeidae). Es importante señalar que en 1998 en este sitio se identificó una mayor cantidad de familias ( $n= 11$ ) (Figura 8).



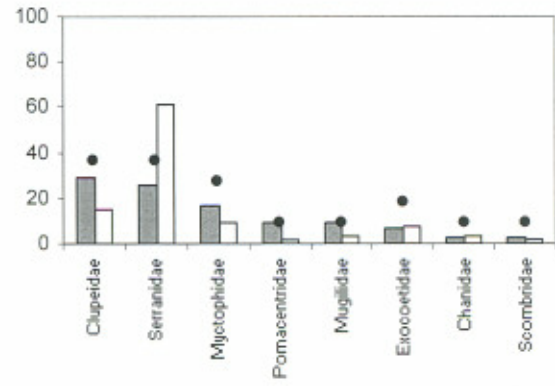
**Figura 8.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Seymour Norte durante los cuatro periodos de muestreo.

Mosquera.- En 1997 esta colonia presentó un amplio número de familias ( $n= 14$ ), sin embargo la más importante fue Clupeidae. En 1998 Clupeidae también fue relevante a pesar de las condiciones oceanográficas. En este año se registraron Serranidae y Myctophidae y el total de familias fue 8. En 1999 la dieta se diversificó dominando Chlorophthalmidae, Mugilidae, Myctophidae y Clupeidae. En 2000 Clupeidae se destaca de las otras tres y en 2001 pasa al segundo lugar, precedida por Serranidae. Este año reaparece la familia Normanchthyidae, registrada en 1997. En general, después de 1998 se nota una mayor diversificación de la dieta de *Z. wolfebaeki* (Figura 9).

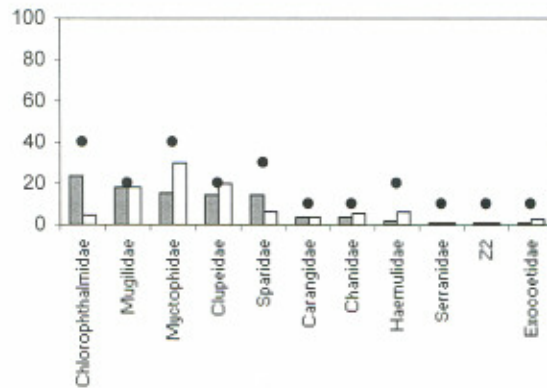
1997



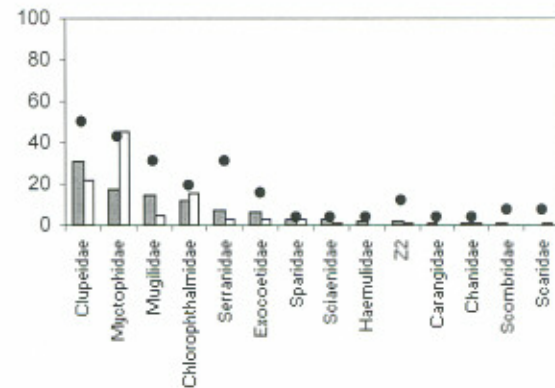
1998



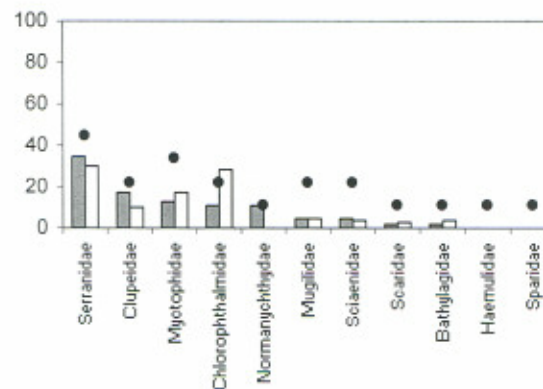
1999



2000

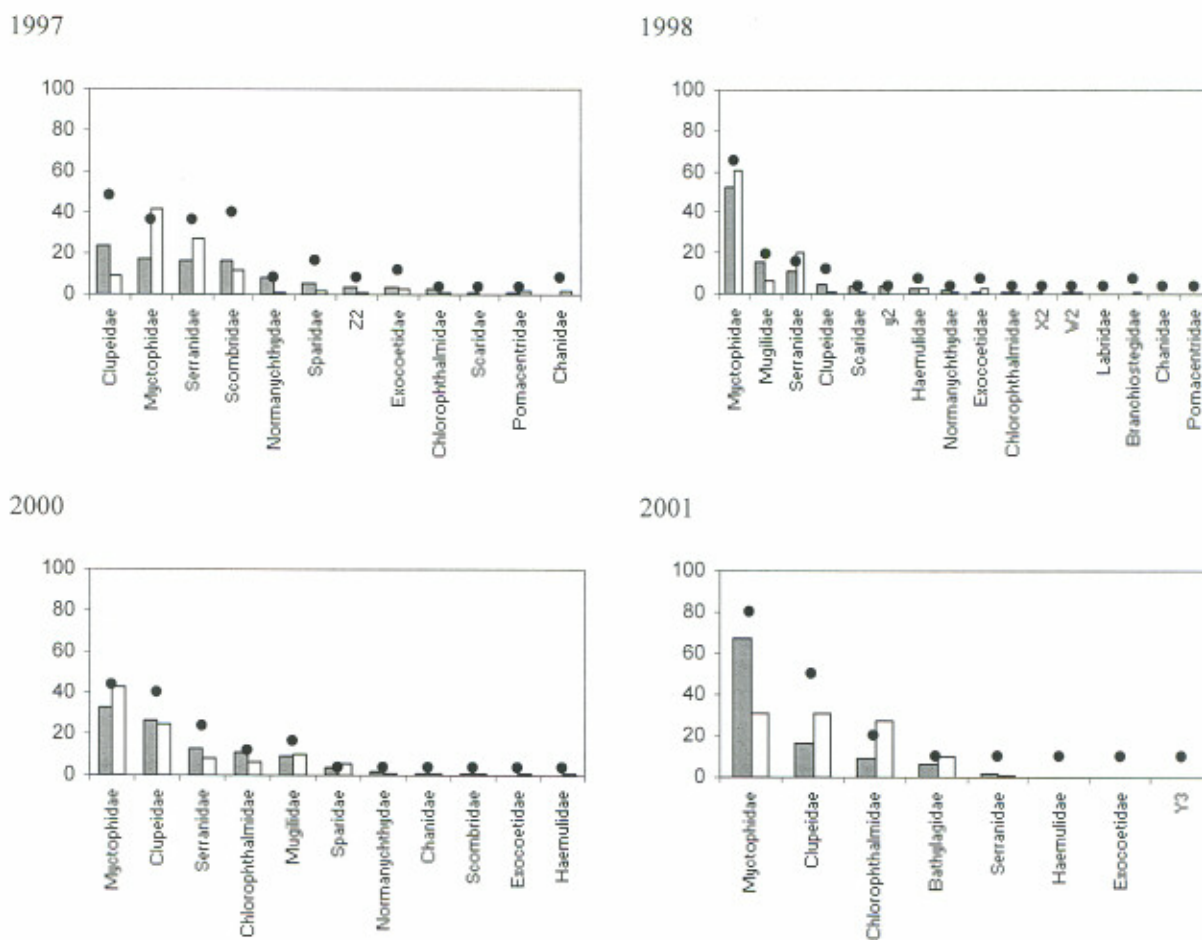


2001



**Figura 9.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Mosquera durante los cinco periodos de muestreo.

Plaza Sur.- En 1997 Clupeidae también fue la principal presa, seguida por Myctophidae, Serranidae y Scombridae. En 1998 domina Myctophidae y se registra el máximo número de familias en la dieta ( $n = 16$ ) de los cuatro años de muestreo. En 1999 continúa dominando Myctophidae, seguida por Clupeidae. En el 2001 la dominancia de Myctophidae se acentúa (Figura 10).

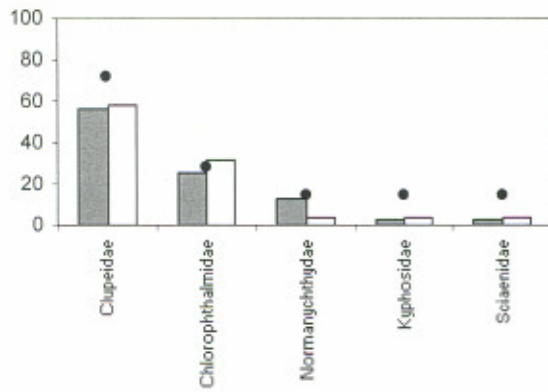


**Figura 10.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Plaza Sur durante los cuatro periodos de muestreo.

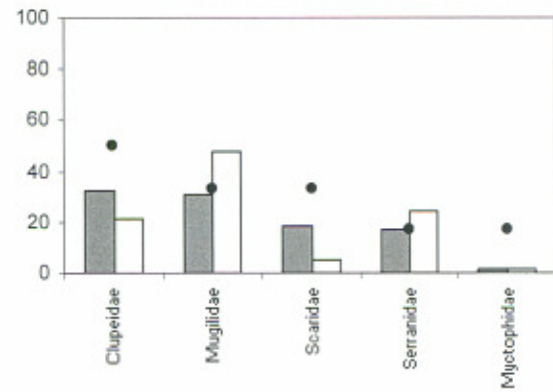
Caamaño.- Destaca por registrar como presa principal la familia Clupeidae en todos los años. El mayor número de familias se registró en 1999 ( $n = 11$ ); mientras que en 1999, 2000 y 2001 las familias Mugilidae, Serranidae y Myctophidae fueron relevantes (Figura 11).



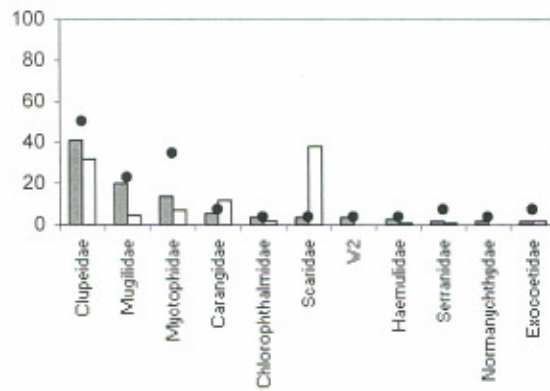
1997



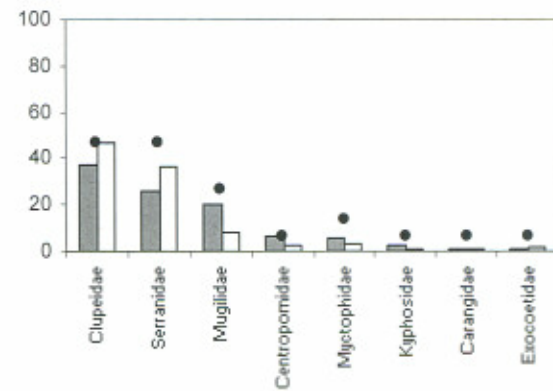
1998



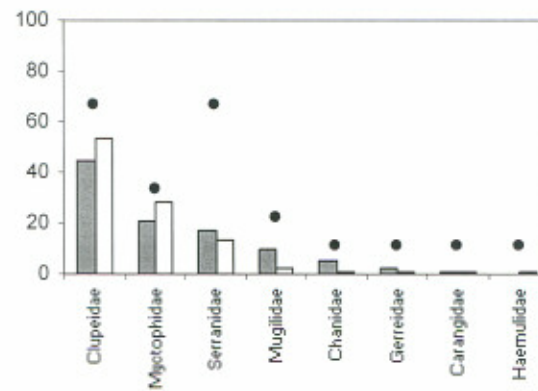
1999



2000



2001

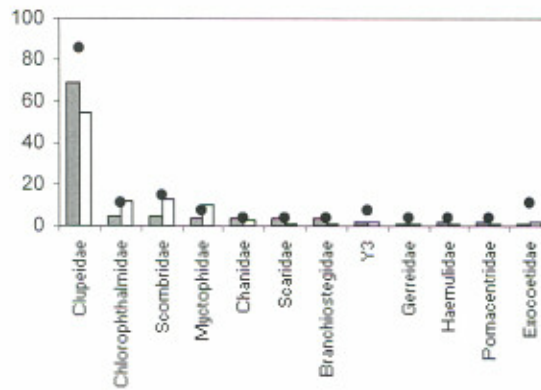


**Figura 11.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Caamaño durante los cinco periodos de muestreo.

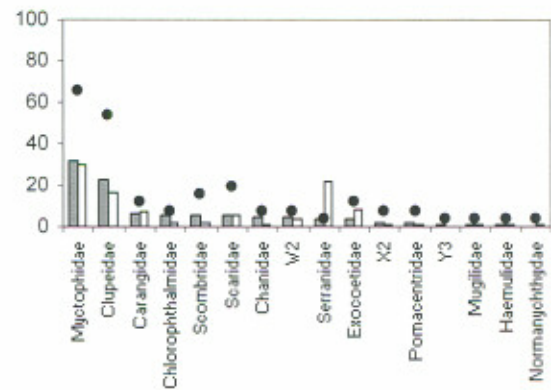
Bahía Santa Fe.- En 1997 la familia Clupeidae dominó claramente pero en 1998, ocupó un segundo lugar de importancia. En los años subsiguientes, Clupeidae aumenta y disminuye su importancia en la dieta sin dejar de ocupar el primer lugar de importancia. El mayor número de familias identificadas fue en 1998 ( $n= 16$ ) y el menor en el 2001 ( $n= 5$ ) (Figura 12).

Isla Lobos.- La importancia de Clupeidae como presa principal no es clara ya que en el único año que registra dominancia fue 1997. En 1998 co-domina con Serranidae y Myctophidae y en los siguientes años se mantuvo en segundo lugar, mientras que en 2001 no se registró. El mayor número de familias registrado en este sitio fue de 11 en 2000 y el menor de 6 en 1999 (Figura 13).

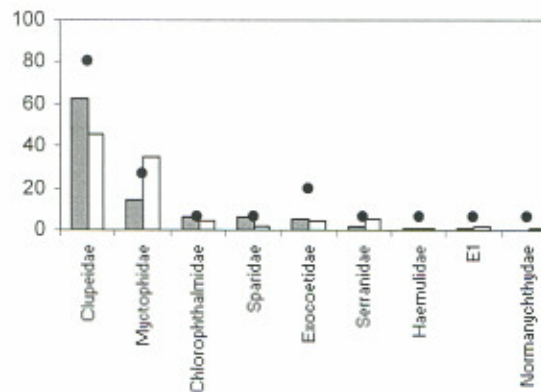
1997



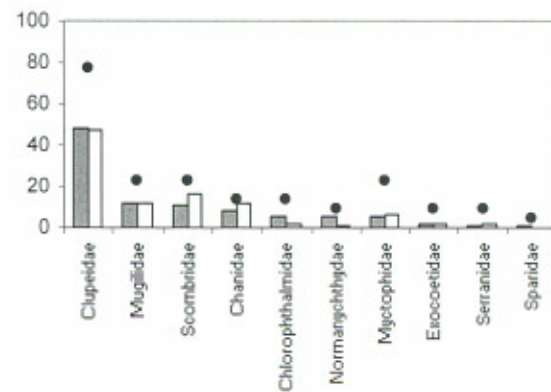
1998



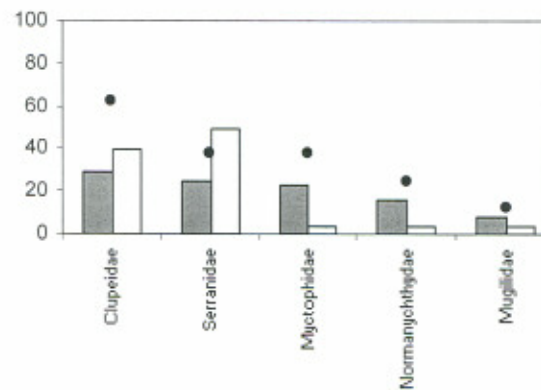
1999



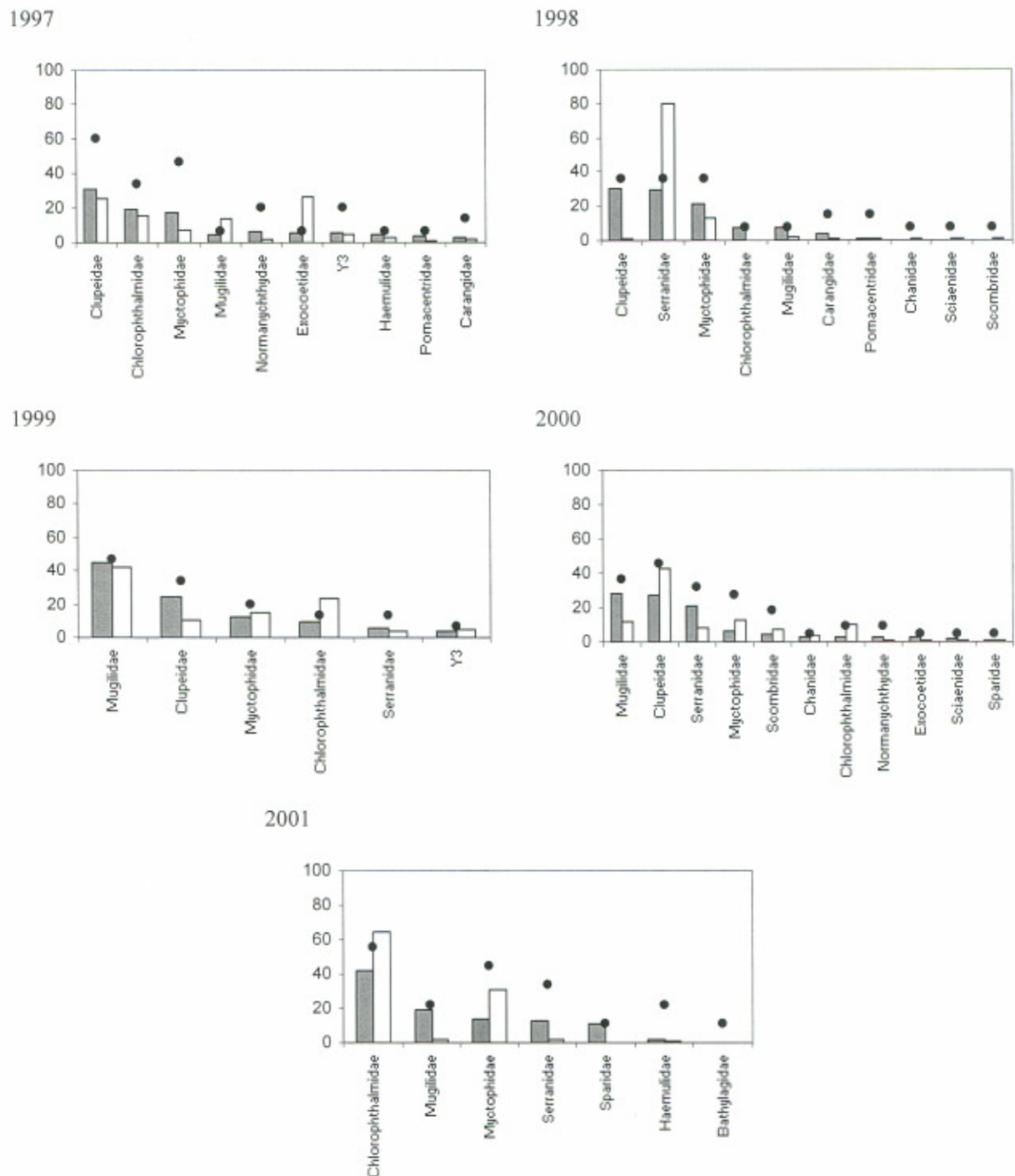
2000



2001

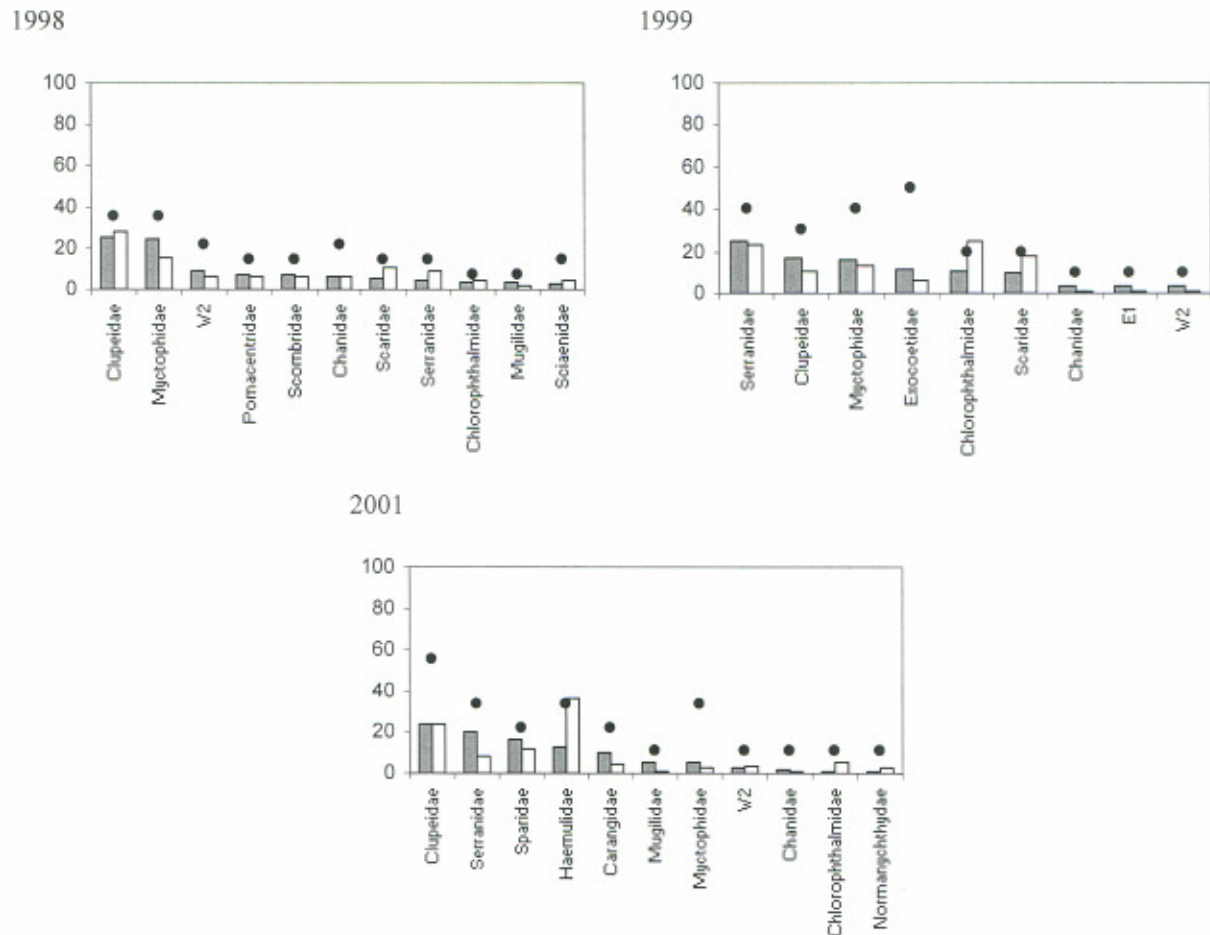


**Figura 12.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Bahía Santa Fe durante los cinco periodos de muestreo.



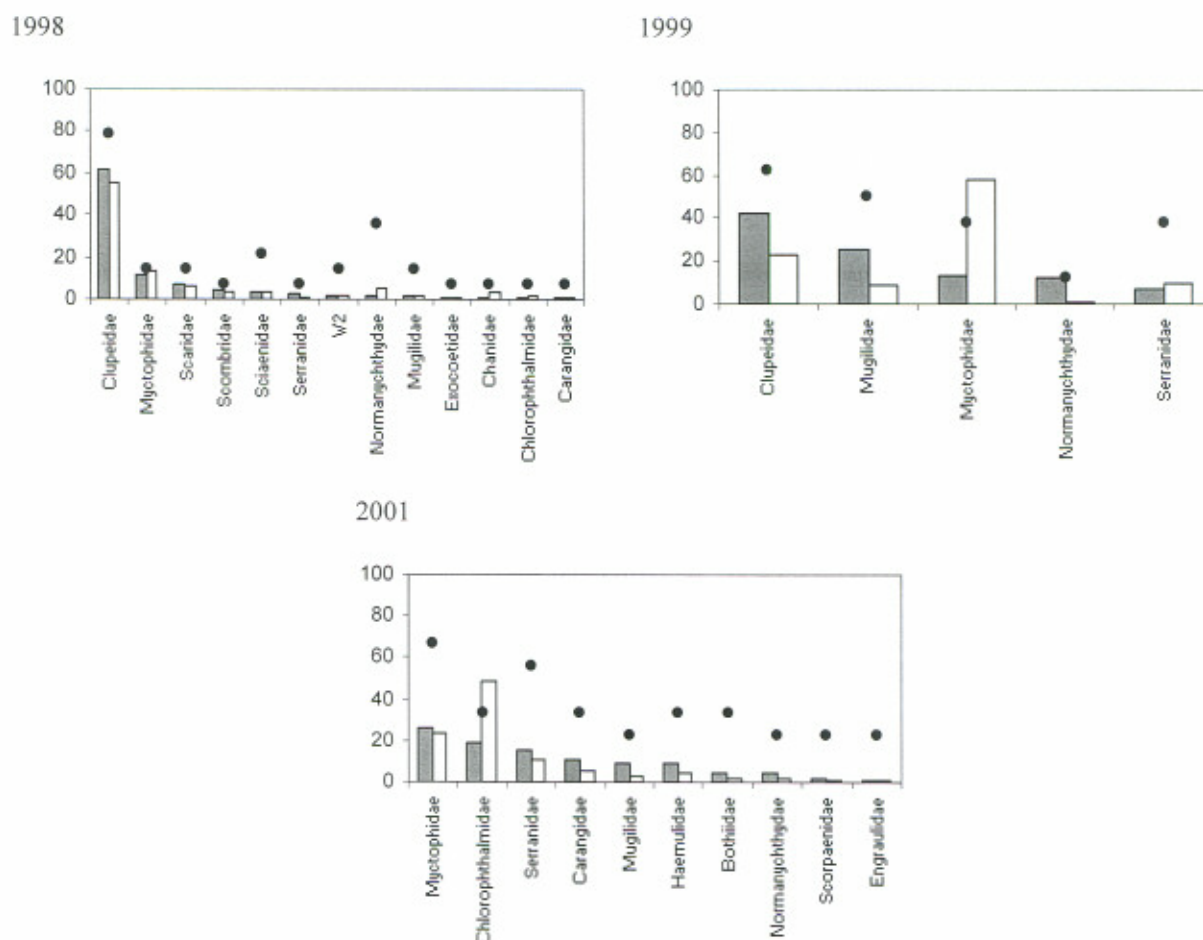
**Figura 13.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Isla Lobos durante los cinco periodos de muestreo.

La Lobería.- En 1998 y en 2001, la familia Clupeidae co-domina la dieta de *Z. wollebaeki* con Myctophidae y Serranidae, respectivamente. En 1999 Clupeidae pasó a segundo lugar por Serranidae y fue seguida muy de cerca por Myctophidae. En el 2001 Clupeidae fue seguida de Serranidae y Sparidae (Figura 14).



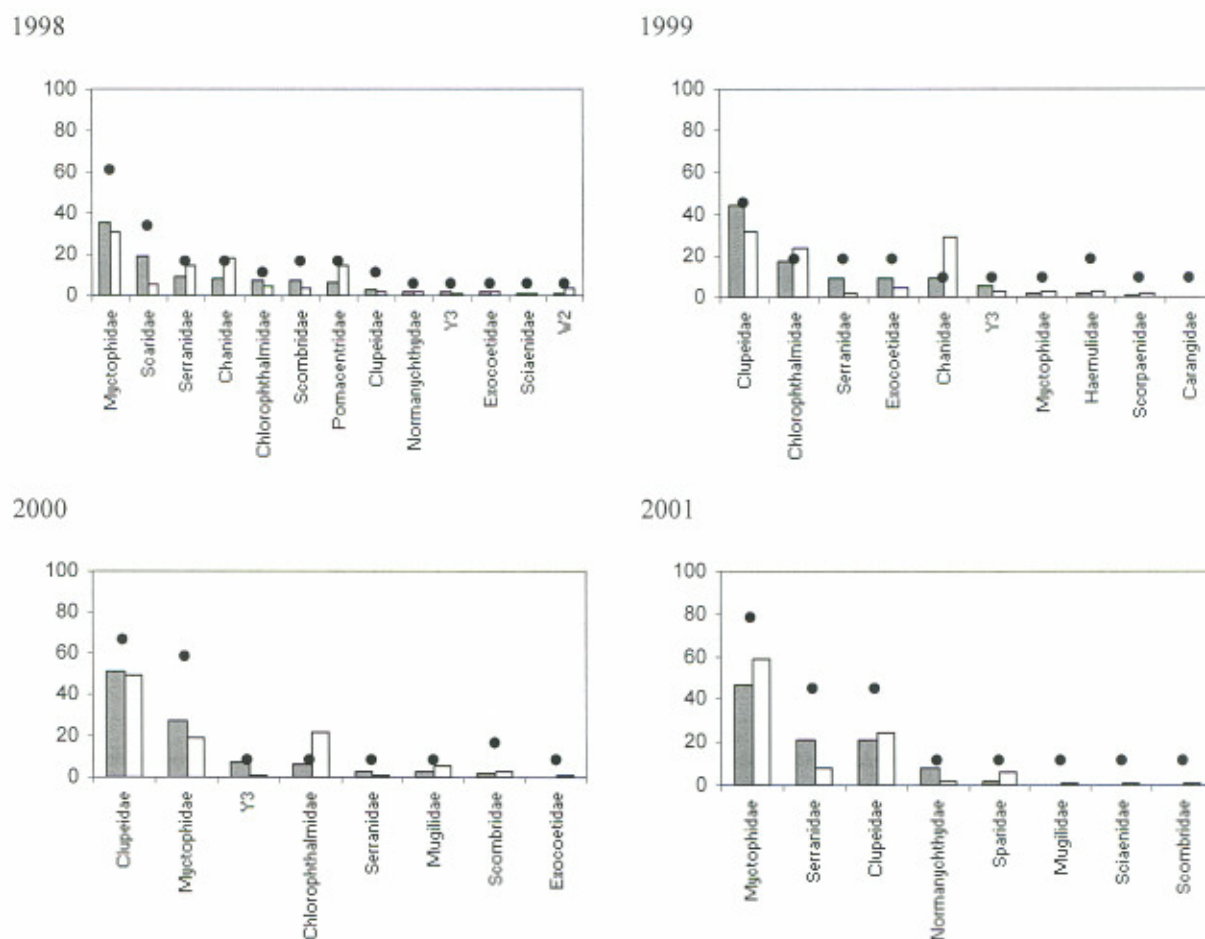
**Figura 14.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en La Lobería durante los cuatro periodos de muestreo.

**Champion.-** En esta colonia la familia Clupeidae dominó la dieta en 1998, además de registrar el mayor número de familias ( $n= 13$ ) en este sitio. En 1999 el número de familias disminuyó y la familia dominante fue Clupeidae. En el 2001 Clupeidae no apareció y la principal familia fue Myctophidae, seguida de Chlorophthalmidae. En este sitio una muestra no considerada en este estudio tuvo más de 1500 otolitos de la familia Bathylagidae, que no se había registrado en la dieta de *Z. wollebaeki* (Figura 15).



**Figura 15.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Champion durante los tres periodos de muestreo.

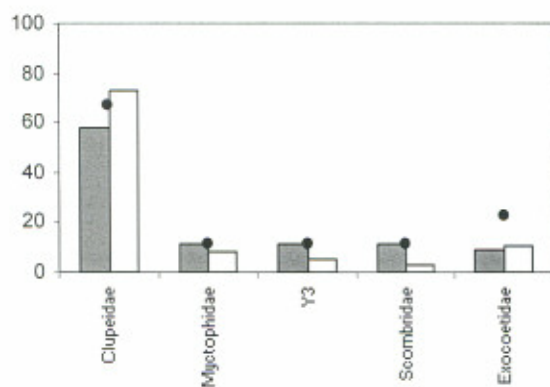
Punta Suárez.- La familia dominante fue Myctophidae. Para 1999 y 2000 la Clupeidae fue dominante, seguida por Chlorophthalmidae y Myctophidae, respectivamente (Figura 16).



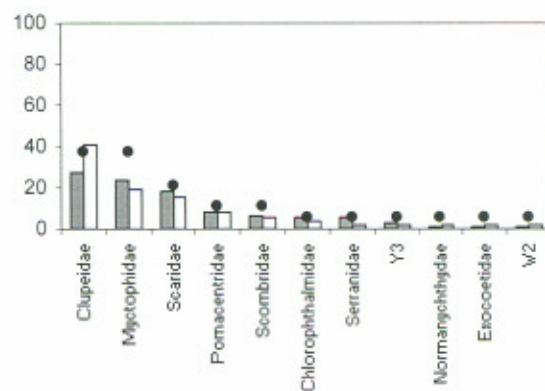
**Figura 16.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Punta Suárez durante los cuatro periodos de muestreo.

Bahía Gardner.- En 1997 se observó una dominancia casi absoluta de Clupeidae y Myctophidae, mientras que en 1998 aparecieron siete familias no registradas previamente, donde Scaridae se destacó después de las dos dominantes (Clupeidae y Myctophidae). En 1999 observamos tres familias nuevas y donde Chlorophthalmidae se destacó en el tercer lugar. En 2000 siguieron apareciendo nuevas familias (Sciaenidae y Sparidae), con un aumento evidente en la ocurrencia de Myctophidae. En 2001 aparecen dos nuevas familias pero no se encuentran al menos siete familias con relación a 1999 (Figura 17).

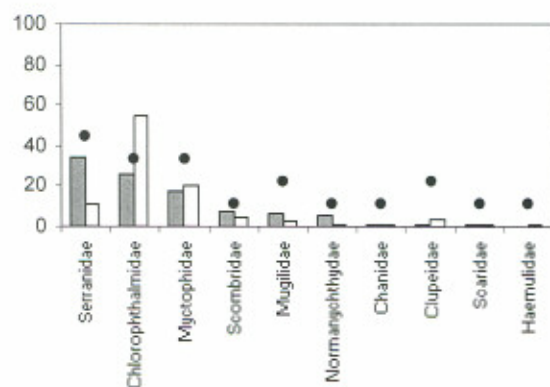
1997



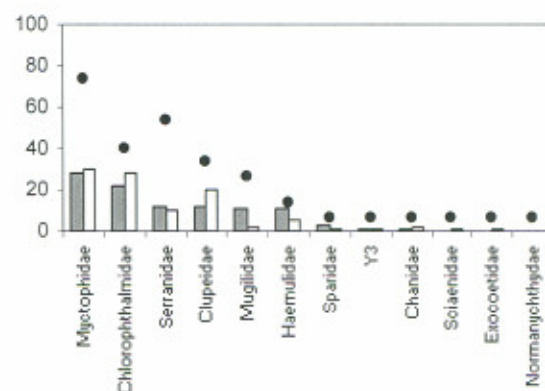
1998



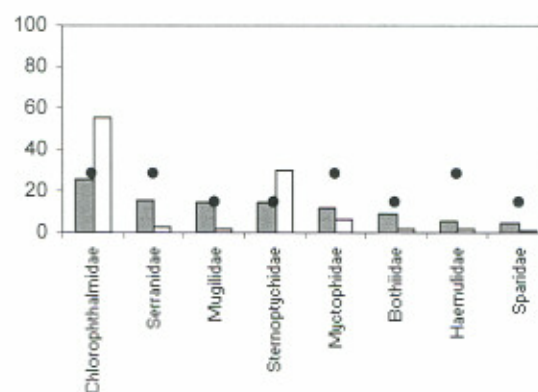
1999



2000



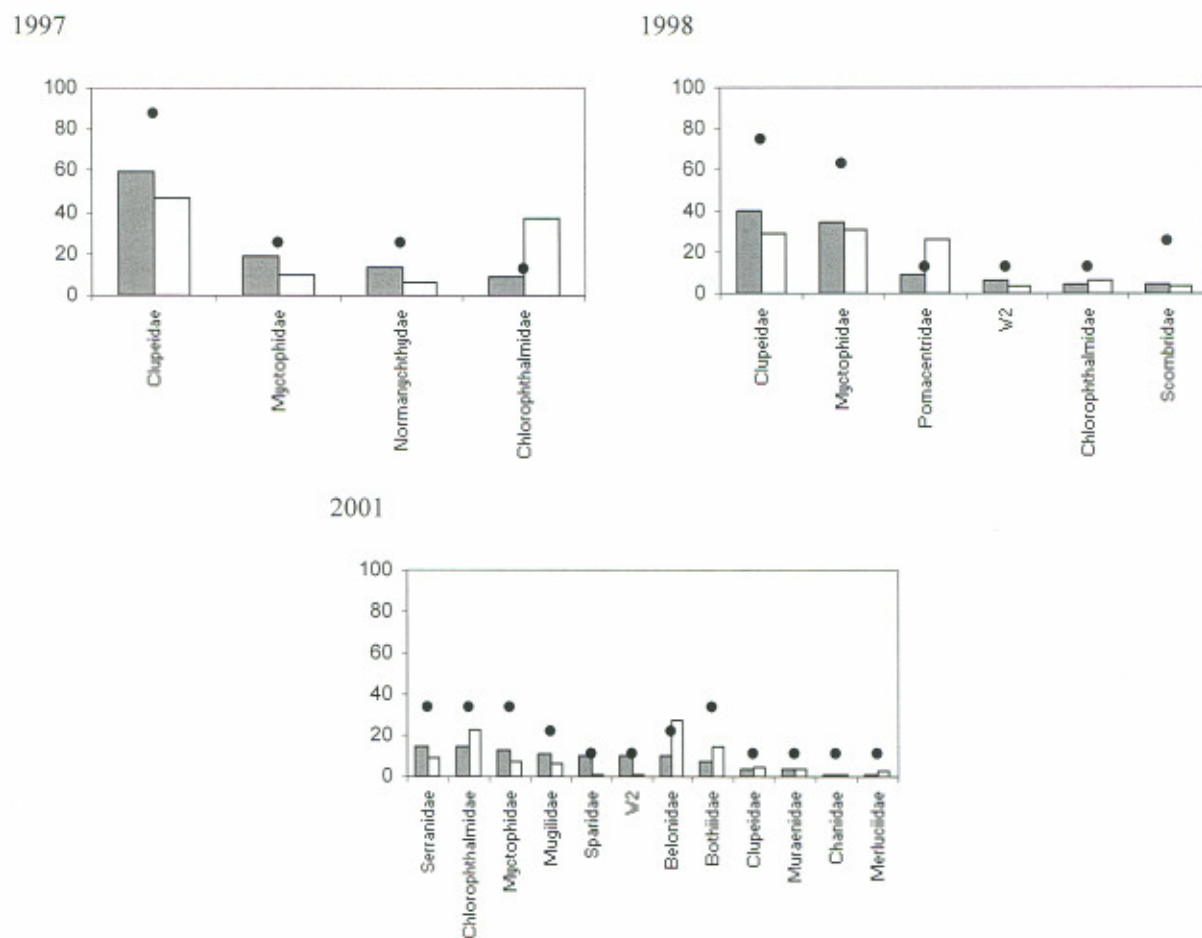
2001



**Figura 17.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Bahía Gardner durante los cinco periodos de muestreo.



Punta Cevallos.- Clupeidae dominó ampliamente en 1997 con cuatro familias identificadas. En 1998 Clupeidae fue nuevamente dominante, seguida de cerca por Myctophidae, mientras que en 2001 ninguna familia sobresalió. Clupeidae fue poco relevante en este muestreo y también se registró un mayor número de familias ( $n= 12$ ) (Figura 18).



**Figura 18.** Índice de importancia IIMP (barra gris), porcentaje numérico (barra blanca) y porcentaje de ocurrencia (puntos negros) de los ítems identificados en Punta Cevallos durante los tres periodos de muestreo.

### 3.2.1 Análisis multivariados: Arreglos espaciales y temporales con base en la composición de la dieta

#### a) Índices de importancia (IIMP) promedio por sitio en cada año

En general se observó poca consistencia en los patrones espaciales. Los pocos grupos que podrían tener una lógica espacial ya sea por 1) distancias geográficas próximas: Seymour Norte y Plaza Sur (1998, al nivel de corte 0.548 IBC<sup>2</sup>), Seymour Norte y Mosquera (1999, a 0.55 IBC), Mosquera y Plaza Sur (2000, a 0.357 IBC) o 2) Por zonas de alimentación en común: Bahía Gardner, La Lobería, Bahía Santa Fe, Punta Cevallos y Punta Suárez (1998, a 0.548 IBC), Bahía Santa Fe y Punta Suárez (1999, a 0.55 IBC y 2000, a 0.357 IBC), Bahía Gardner y La Lobería (1999, a 0.55 IBC), Caamaño y Champion (1999, a 0.38 IBC) (Apéndice 4A).

#### b) Índices de importancia (IIMP) promedio por año en cada sitio

Los grupos temporales fueron más evidentes en la mayor parte de colonias, así el año 1998 fue clasificado cuatro veces con el año 2001: en Mosquera al nivel de corte de 0.463 IBC, en Plaza Sur a 0.63 IBC, en Bahía Santa Fe a 0.673 IBC y en Punta Suárez a 0.687 IBC; tres con 1997: en Isla Lobo a 0.535 IBC, en Bahía Gardner a 0.889 IBC y en Punta Cevallos a 0.736 IBC; tres con 1999: en Seymour Norte a 0.91 IBC, en La Lobería a 0.574 IBC y en Champion a 0.809 y una con el 2000 en Caamaño a 0.403 IBC. Otro año que se destacó como diferente fue el 2001, que se agrupó cuatro veces sólo: en Isla Lobo a 0.61 IBC, en La Lobería a 0.574 IBC, en Champion a 0.809 IBC y en Punta Cevallos a 0.736 IBC; cuatro combinaciones con 1998 y una con cada uno de los años restantes: con 1997 en Seymour Norte a 0.91 IBC, con 1999 en Caamaño a 0.403 IBC y con 2000 en Bahía Gardner a 0.42 IBC (Apéndice 4B).

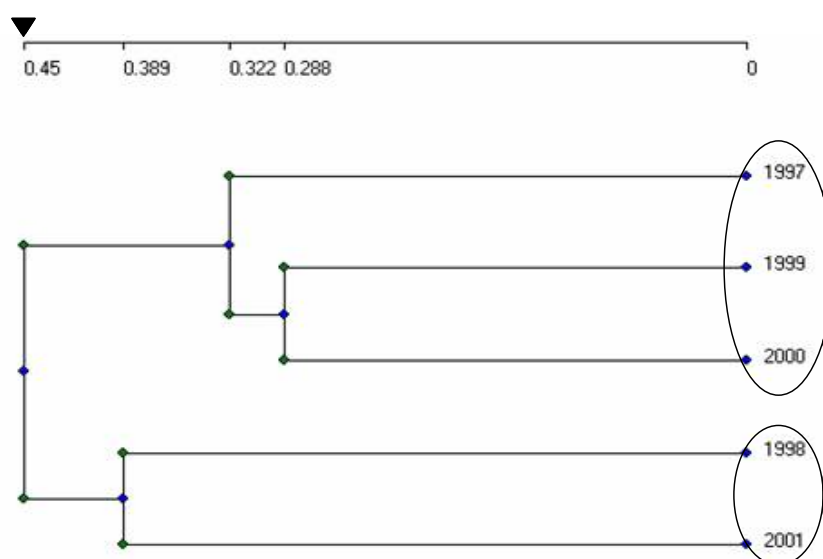
#### c) Promedio anual del Índice de importancia (IIMP)

En este análisis de grupos observamos un patrón temporal acorde con lo anterior. Donde los periodos 1998 y 2001 se separan de los periodos 1997, 1999 y 2000 en un nivel de corte de 0.45 IBC, con todos los sitios y sólo con los sitios muestreados los cinco años (Figura 19 Ay B).

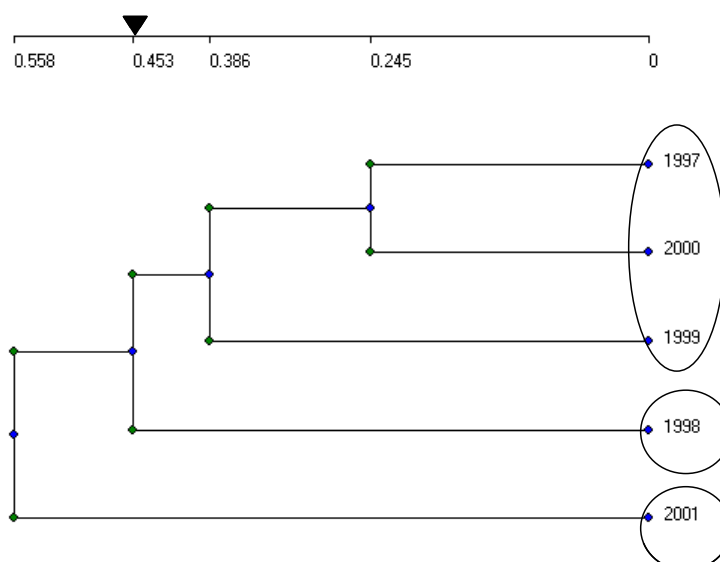
---

<sup>2</sup> Índice de similitud de Bray-Curtis

A.



B.



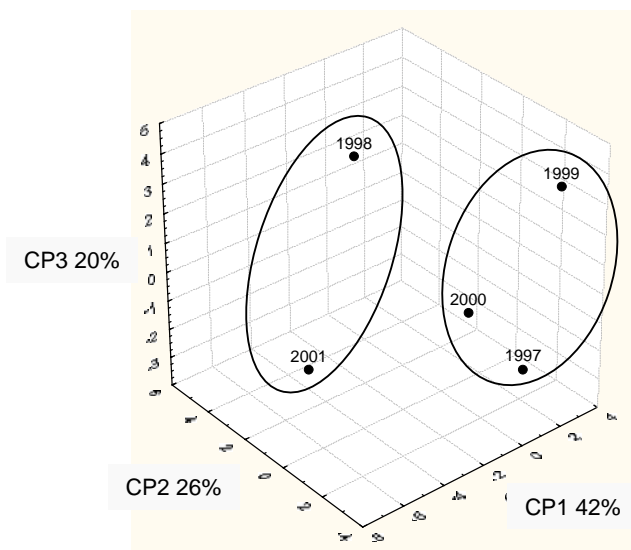
**Figura 19.** Análisis de grupos del índice de importancia (IIMP) promedio por año con todos los ítems **A.** en todos los sitios ( $n=11$ ) y **B.** en los cinco sitios muestreados consecutivamente.

En la ordenación de estos datos (Análisis de componentes principales, PCA) se encontró consistencia con el resultado de la clasificación. 1) En todos los sitios: Se generó un total de 34 componentes principales, tres de los cuales explican más del 90% de la varianza y nuevamente se separan los años 1998 y 2001 de 1997, 1999 y 2000 y (Figura 20 A). 2) En los cinco sitios muestreados los cinco años: revela una ordenación similar, pero el año 1997 se aleja más de 1999 y

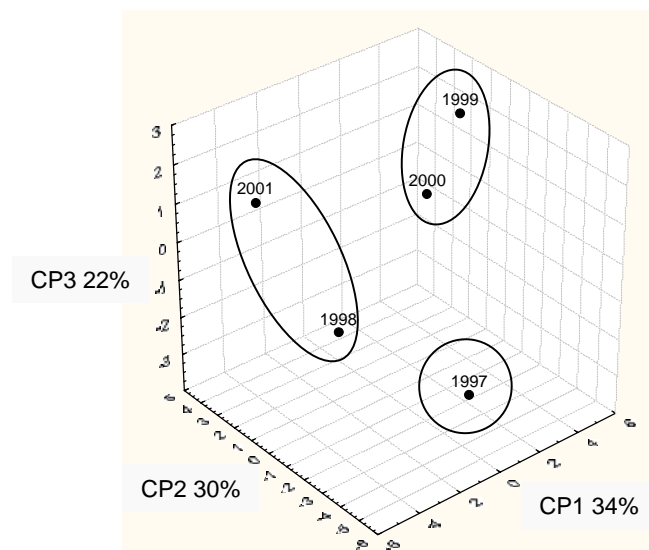
2000 esta ordenación generó un total de 27 componentes principales, tres de los cuales explican el 86% de la variancia, cuatro revelan el 100% (Figura 20 B). El PCA de todos los sitios con los cinco ítems principales muestra que los vectores discriminantes para la ordenación de los años 1998 y 2001 fueron los ítems Myctophidae y Serranidae (Figuras 20 C).

Con los análisis de grupos de los IIMP promedios por sitio con todos los ítems y con los cinco principales, no se observaron patrones consistentes (Apéndice 5).

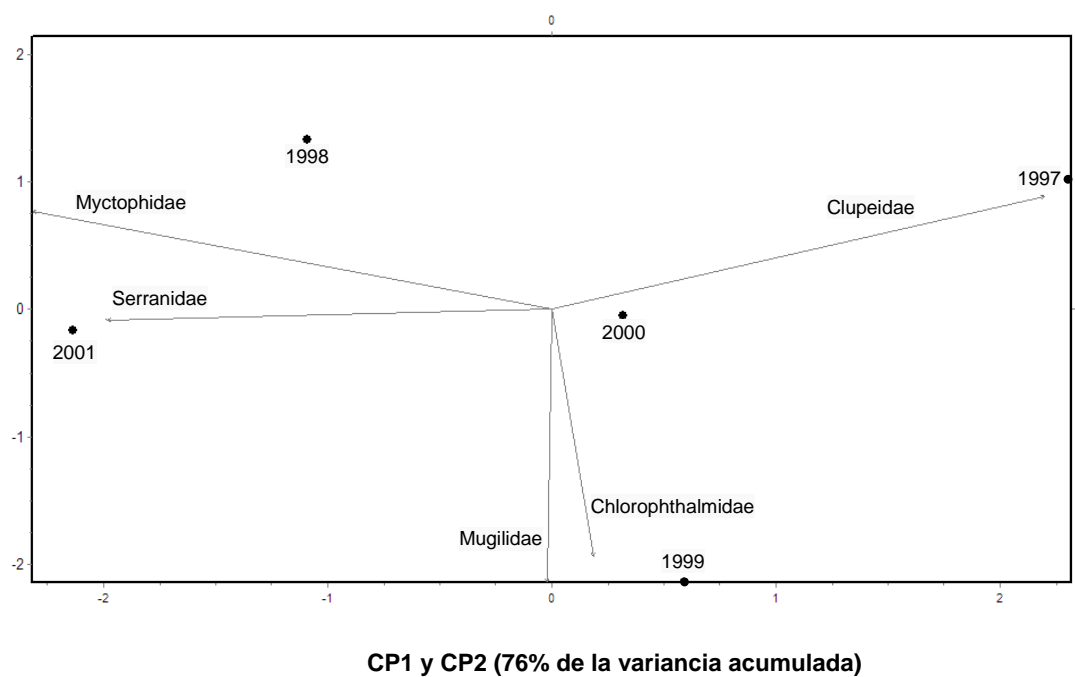
A.



B.



C.



**Figura 20.** PCA de los índices de importancia (IIMP) promedio anual: **A.** en todos los sitios con todos los ítems, **B.** en los sitios con muestras consecutivas y con todos los ítems y **C.** en todos los sitios con cinco ítems principales, los vectores discriminantes se señalan en gris.

### 3.2.3. Análisis no paramétricos

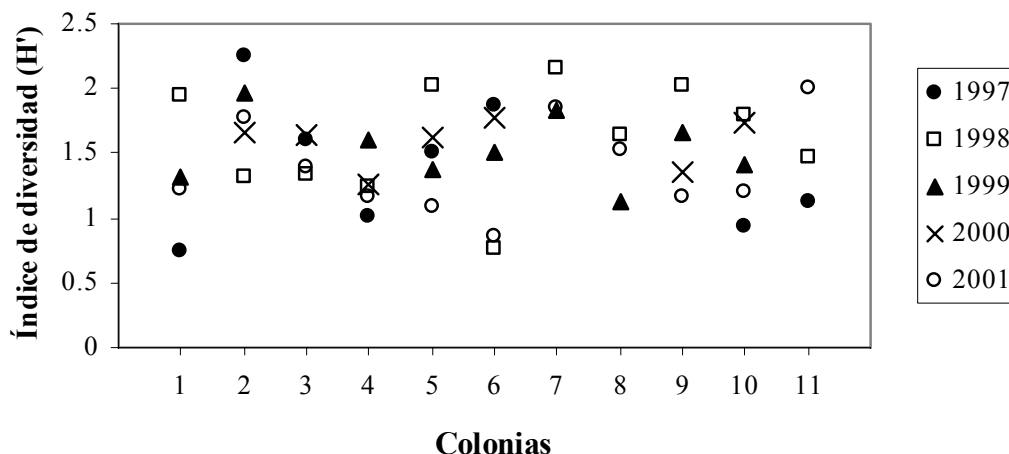
El análisis de la composición de la dieta entre los sitios, de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias significativas en 12 de los 34 ítems, tres pertenecieron a familias principales: Clupeidae ( $H_{(10, n=647)}=40$ ,  $p<0.01$ ), Myctophidae ( $H_{(10, n=647)}=28$ ,  $p<0.05$ ), y Mugilidae ( $H_{(10, n=647)}=26$ ,  $p<0.05$ ). El análisis temporal demostró diferencias significativas en 16 ítems, siendo los cinco principales: Clupeidae ( $H_{(4, n=647)}=26$ ,  $p<0.01$ ), Myctophidae ( $H_{(4, n=647)}=30$ ,  $p<0.01$ ), Chlorophthalmidae ( $H_{(4, n=647)}=13$ ,  $p<0.05$ ), Mugilidae ( $H_{(4, n=647)}=35$ ,  $p<0.01$ ) y Serranidae ( $H_{(4, n=647)}=37$ ,  $p<0.01$ ). Finalmente entre muestras solo se encontraron diferencias significativas para dos ítems, uno de estos principal: Chlorophthalmidae ( $H_{(27, n=647)}=47$ ,  $p<0.05$ ) (Apéndice 6).

De acuerdo con el análisis de correlación de Spearman (utilizando los IIMP de los ítems identificados) entre todos los sitios y todos los años muestreados, se observó que la mayor correlación proporcional entre sitios ocurre en el año 2000, lo cual indica que en este año el índice de importancia entre la mayor parte de sitios están relacionados ( $p<0.05$ ); mientras que el año que menos correlaciones proporcionales ocurre es el 2001 (Apéndice 7A). La mayoría de correlaciones proporcionales ( $p<0.05$ ) entre años sucedió en La Lobería, Champion, Cevallos y Mosquera. En los sitios que existen menos correlaciones entre años son en Seymour Norte, Plaza Sur y Caamaño (Apéndice 7B).

En cuanto a la comparación entre 1997 y 1998, se registró un cambio proporcional en las presas consumidas por *Z. wollebaeki*. Este cambio no fue estadísticamente significativo (Mann-Whitney,  $p>0.05$ ); sin embargo, utilizando los cinco ítems principales se encuentran diferencias significativas con el 85% de confianza (Mann-Whitney,  $U_{6,6}=21$ ).

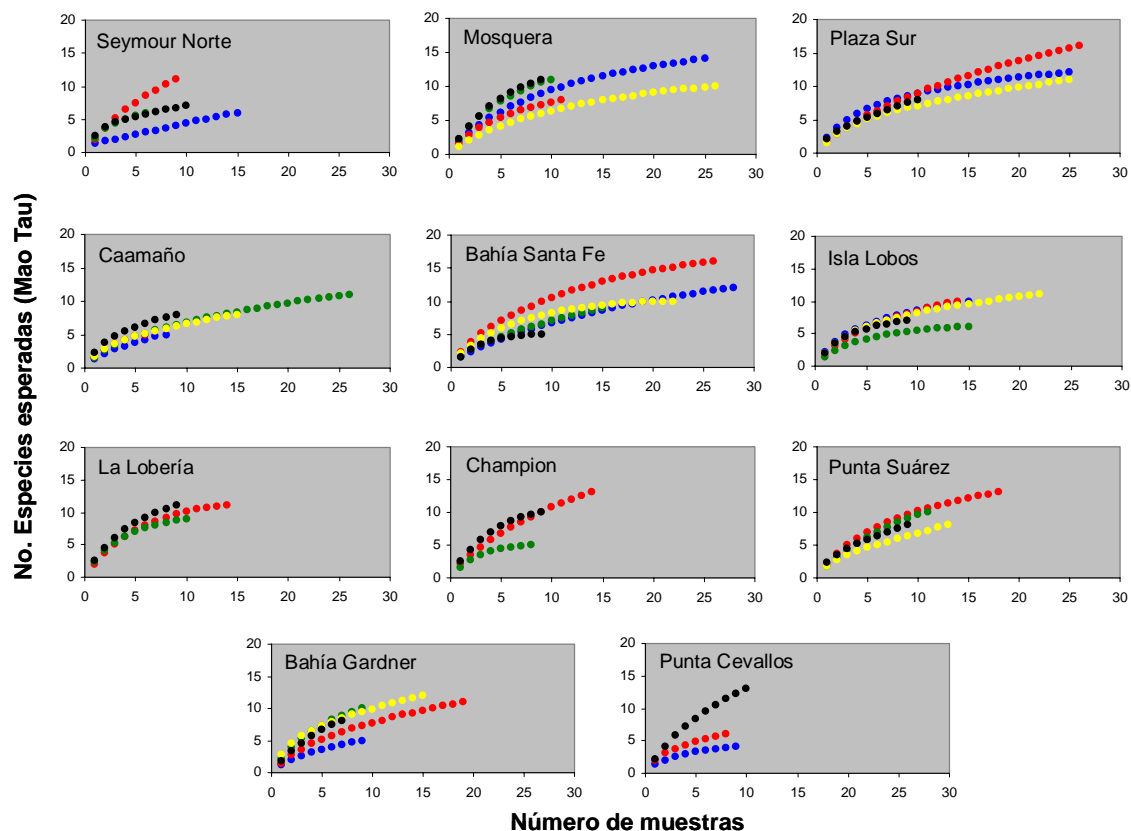
### 3.3 Diversidad temporal y espacial del espectro trófico de *Z. wollebaeki*

Durante el periodo más cálido (1998) se observó tres patrones con el índice de diversidad de Shannon-Wiener de los ítems recuperados en los diferentes sitios: 1) la mayor diversidad registrada ( $H' \geq 1.5$  bits) en todos los años en siete colonias, 2) diversidad promedio ( $H'$  entre 1 y 1.4 bits) en tres colonias, y 3) la menor diversidad registrada ( $H' < 1$  bit) en Isla Lobos. (Figura 21).



**Figura 21.** Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de los ítems en las once colonias muestreadas entre los años 1997 y 2001. 1) Seymour Norte (sitio de visita), 2) Mosquera, 3) Plaza Sur, 4) Caamaño, 5) Bahía Santa Fe, 6) Isla Lobos, 7) La Lobería, 8) Champion, 9) Punta Suárez, 10) Bahía Gardner y 11) Punta Cevallos.

Para medir la representatividad del número de muestras recolectadas, se utilizó un análisis de rarefacción sin remuestreo (Mao Tau) que permite observar el comportamiento de la diversidad con respecto al tamaño de muestra. La asíntota refleja la estabilización de la diversidad de ítems. El análisis de rarefacción reflejó que los sitios donde el muestreo pudo ser insuficiente fueron Punta Cevallos, Champion y Seymour Norte y el período 2001 (Figura 22). Los sitios y años donde las asíntotas sugieren mejor representatividad de los muestreos, fueron aquellas que tuvieron más de 15 muestras.



**Figura 22.** Curvas de rarefacción de no remuestreo (Mao Tau, 95% de intervalo de confianza) para los once sitios muestreados. 1997 (puntos azules), 1998 (puntos rojos), 1999 (puntos verdes), 2000 (puntos amarillos) y 2001 (puntos negros).

### 3.3.1. Análisis multivariados: Arreglos espaciales y temporales en base a la diversidad de la dieta

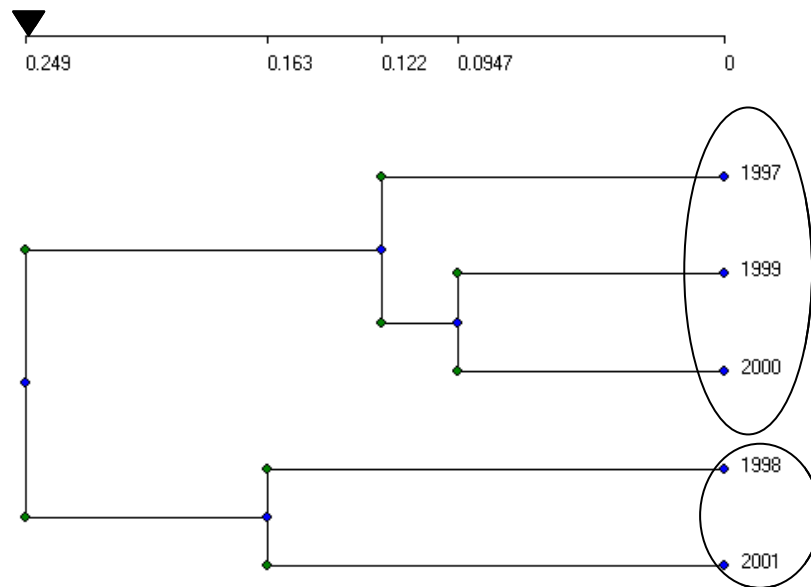
En el análisis de grupos basado en la diversidad de ítems ( $H'$ ), por periodos y por sitios, se encontró que los sitios muestreados durante años consecutivos presentaron patrones temporales consistentes con los encontrados con base en la composición. Así al nivel de corte de 0.249 IBC, los periodos 1998 y 2001 con diversidad de ítems similares, se separaron de 1999 y 2000. La diversidad en 1997 nuevamente se acercó más a la de los periodos 1999 y 2000, que a la de 1998 y 2001 (Figura 23 A).

En términos espaciales y con estos mismos datos, se encontraron los siguientes grupos a un nivel de corte de 0.188 IBC: Mosquera (MOS) e Isla Lobos mostraron índices de diversidad similares en cuatro periodos, exceptuando 2000 (IL) se agruparon y separaron de los sitios Bahía Santa Fe

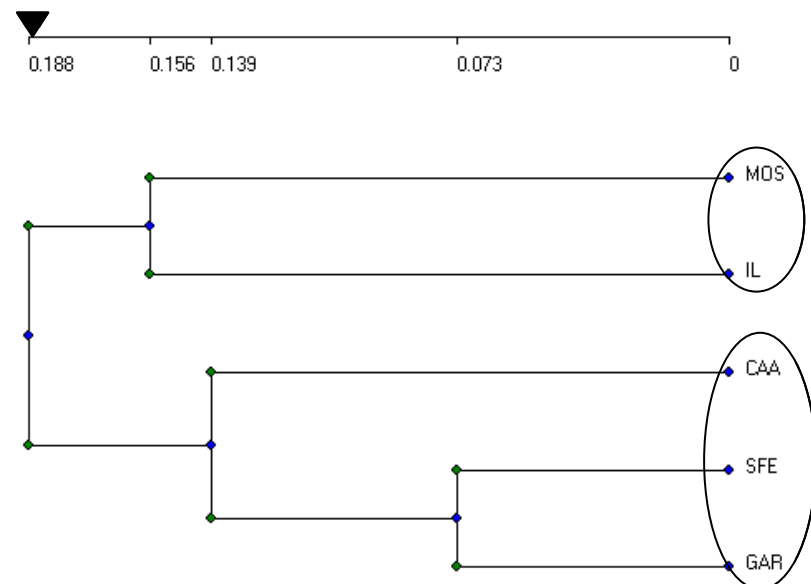


(SFE) y Bahía Gardner (GAR) con una diversidad similar en al menos cuatro años (excepto 1997). Caamaño (CAA) se agrupó mejor con este último grupo (Figura 23 B).

A.



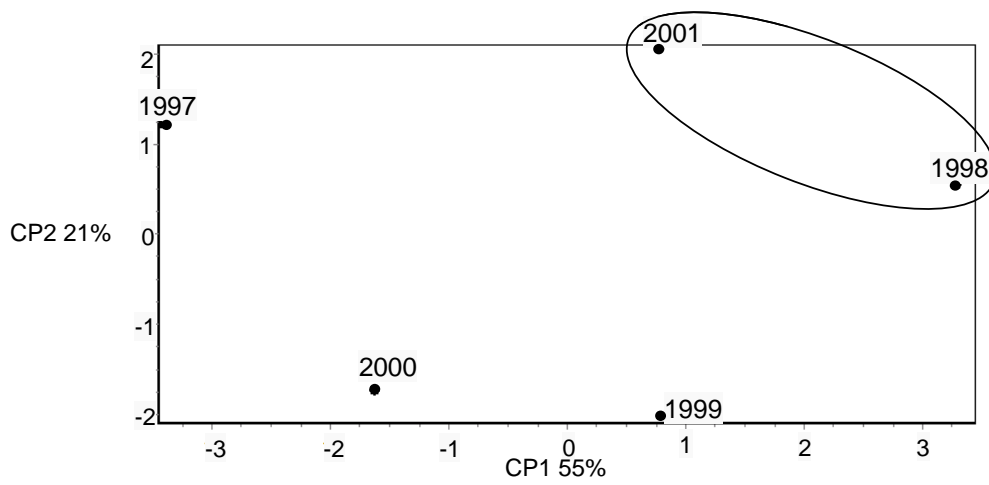
B.



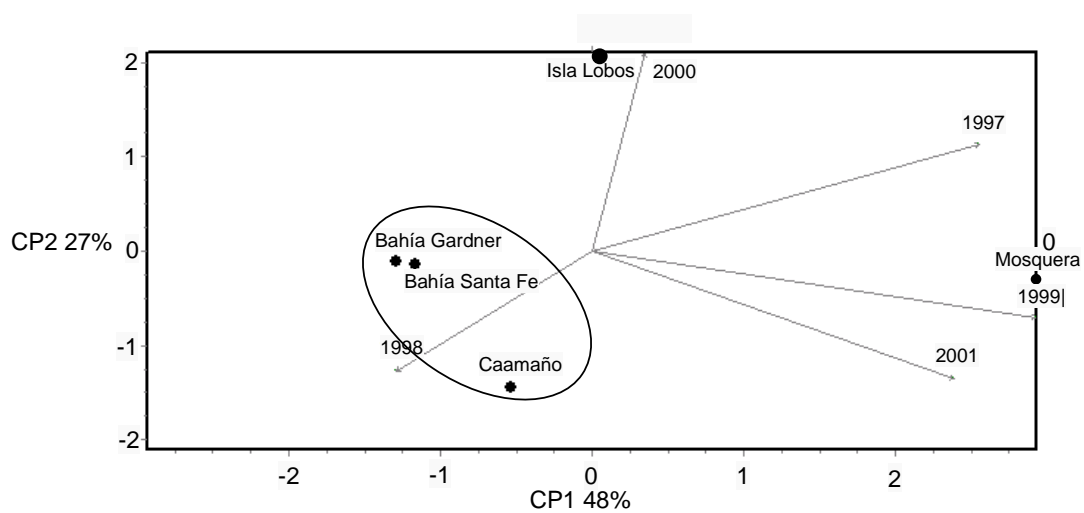
**Figura 23** Análisis de grupos (“complete linkage”, índice de Bray-Curtis) con base en la diversidad de ítems (índice de Shannon-Wiener,  $H'$ ) en las cinco colonias muestreadas en los cinco periodos consecutivos.: **A.** por años y **B.** por sitios

El análisis de ordenación mostró en general consistencia con los agrupamientos encontrados, temporal y espacialmente, así la variancia acumulada con los dos componentes principales fue mayor al 75% en ambos casos. En el PCA temporal se observaron las variables (años) separadas entre si, sin embargo se diferenciaron los años 1998 y 2001 de los demás años; se identificaron un total de cinco componentes principales, los cuatro primeros explicaron toda la variancia (Figura 24A). El PCA espacial muestra una ordenación acorde con lo encontrado en el análisis de grupos, donde Bahía Gardner, Bahía Santa Fe y Caamaño se separaron de Mosquera e Isla Lobos, se genero un total de cinco componentes los cuatro primeros revelan toda la variancia. Es importante señalar que el vector discriminante del primer grupo descrito fue la diversidad alimenticia de 1998 (Figura 24B).

A.



B.



**Figura 24.** Análisis de componentes principales basado en la diversidad de ítems alimenticios de los cinco sitios muestreados en años consecutivos: **A.** por años y **B.** por sitios, las líneas grises muestran los vectores discriminantes.

## 4 DISCUSIÓN

### *Presas y restos recuperados*

Los peces son las presas más importantes en la dieta de *Z. wollebaeki* (Salazar 1999, Salazar y Bustamante 2003), sin embargo en este estudio se incrementa evidencia de que los cefalópodos forman parte complementaria de la dieta de este otárido. En el estudio de Dellinger y Trillmich (1999) no se encontraron restos de cefalópodos en la dieta de *Z. wollebaeki* en Cabo Hammond (Fernandina) en los años 1983–1985. Es posible que al cohabitar con *Arctocephalus galapagoensis*, un depredador nocturno, *Z. wollebaeki* se alimente exclusivamente en el día, dadas las condiciones de alta productividad de las islas del oeste (Isabela y Fernandina), lo que podría resultar con un mayor éxito de captura de peces en el día y no sea necesario hacer incursiones nocturnas en busca de alimento. Asimismo es importante considerar, que tanto la distribución de las colonias reproductivas, como las áreas de alimentación de *A. galapagoensis* y de *Z. wollebaeki* se encuentran relativamente separadas (Salazar 2002 a). Así las principales colonia de *A. galapagoensis* están en las islas del oeste y norte (en especial en Fernandina e Isabela) y normalmente se alimentan en aguas profundas, por lo general afuera de la placa de Nasca (pero con buceos nocturnos menos profundos que *Z. wollebaeki* —Kooyman y Trillmich 1986b). *Z. wollebaeki* habita principalmente en las islas del centro y sur, y se alimenta en aguas someras durante el día. Es común verlos acompañado de otras especies, como delfines y aves alimentándose en bajos en las primeras y últimas horas del día (Obs. Pers.).

La variación en la ocurrencia de cefalópodos en los diferentes sitios, puede sugerir que esta presa es aprovechada cuando está disponible. Sin embargo, su bajo porcentaje numérico podría deberse a que estos restos (picos) pueden estar subestimados por el método (análisis de excretas) utilizado en este estudio, ya que sus partes duras por lo general son retenidas en el aparato digestivo o por su gran tamaño pueden ser incluso regurgitadas por el animal (Clarke y Trillmich 1980). Este sesgo es común en los estudios de otáridos que se alimentan de cefalópodos (Dellinger y Trillmich 1999).

Los restos de crustáceos no fueron abundantes ni frecuentes, posiblemente porque las excretas se originaron de animales adultos o juveniles no lactantes. La captura e ingesta de crustáceos en los crías y juveniles de *Z. wollebaeki* podría ser mayor, ya que es común observar a estos individuos

capturando “zayapas” (*Grapsus grapsus*), un cangrejo muy común en las costas del archipiélago cuyo estadio adulto es grande y de un color naranja muy llamativo.

A pesar de que los restos de gasterópodos y cirrípedos fueron relativamente abundantes y ocurrentes, por sus tamaños (< 3 mm) estos fueron considerados como restos del alimento consumido por las presas de *Z. wollebaeki*.

La inclusión de vegetación terrestre (65 muestras) en la dieta de *Z. wollebaeki* no es clara, sin embargo podrían sugerirse algunas ideas a reserva de tener evidencia para apoyar o descartar alguna de las siguientes hipótesis:

1) Posiblemente ocurre como una estrategia de eliminación de parásitos intestinales. Se ha observado que varios carnívoros “utilizan” la ingestión de fibras de celulosa indigerible para desparasitación, en especial para la eliminación de nemátodos o simplemente para provocar vómito o regurgitación (Schwartz 1994). Sin embargo, en pinnípedos este es el primer reporte y su origen podría o no estar vinculado a la estrategia antes mencionada. Es importante señalar que existe evidencia empírica de este comportamiento (Obs. pers.) y que la cobertura (>50%) que se consideró para determinar si una muestra entraba dentro de esta categoría, se utilizó para evitar incluir vegetación accidental (e.g. sustrato donde se halla una muestra).

2) Otra razón podría ser el hambre. En cuatro delfines nariz de botella *Tursiops truncatus* se observó la ingesta de plantas debido a condiciones de hambruna extrema, así se encontraron más de cinco libras (Aprox. 2 kg) de hojas de mangle en el contenido estomacal de dos de estos individuos (Salazar et al. 2003). Esta última razón podría ser menos probable en el caso de *Z. wollebaeki*, ya que durante un periodo de escasez de alimento como lo fue durante el evento del ENOS 97-98, no se observó esta actividad ni se encontraron heces con contenido vegetal abundante.

Otros restos de corales, equinodermos, etc, podrían estar relacionados a ingesta accidental o incluso por juego. En este punto cabe mencionar dos muestras particulares: la primera colectada en Punta Cevallos en 1999 donde se encontraron restos de huesos y plumas blancas posiblemente de un pichón de piquero (*Sula* sp.) y la segunda colectada en Caamaño en 2000 que contenía huesos, dientes y restos de piel de iguana marina (*Conolophus subcristatus*). Existe solo un reporte de un

guía naturalista donde se observó a un lobo marino adulto cazando una iguana marina en la colonia de Punta Espinosa en la isla de Fernandina (Matías Espinosa<sup>3</sup> com. Pers 2001).

### *Peces*

Una de las principales limitaciones en este estudio fue el número de copros colectados en las diferentes colonias y los diferentes momentos de muestreo, ya que como ocurre en la mayor parte de los estudios biológicos, la variabilidad de las condiciones en el momento del muestreo puede sesgar severamente los datos de una investigación. La estrategia inicial para tratar con este problema fue la estandarización de los datos por medio del uso de un factor de corrección (FC) con base al esfuerzo de muestreo y a la densidad poblacional de cada colonia. Este factor fue utilizado para corregir el número de otolitos recobrados y consideraba la densidad ecológica ( $dE$ ) de un sitio (Y) en el periodo de muestreo (X) y el número de viajes realizados al sitio (Y) durante el periodo(X).

$$FC = \frac{dE_{colonia}}{No.viajes_{colonia}}$$

$$dE = \frac{No.individuos}{km^2 hábitat}$$

En el Apéndice 8 se incluye los valores de las densidades ecológicas por sitio por año y en la tabla 1 se encuentra el número y fechas de los viajes de recolección a las diferentes colonias entre 1997 y 2001. Dado que no se encontraron diferencias entre los resultados con los datos estandarizados y con los no estandarizados, es decir, la probabilidad de encuentro de una muestra fue igual con diferentes condiciones, los resultados de este estudio se expresaron con el número real de otolitos.

La sardina del sur *Sardinops sagax* resultó ser una presa muy importante para *Z. wollebaeki*, a pesar de tener otolitos muy frágiles su abundancia y ocurrencia se destaca. Sin embargo, en la familia Clupeidae, los otolitos de los juveniles de *Opisthonema* spp. (pinchagüas) pueden ser fácilmente confundidas con *S. sagax* al perder sus esculturas de la cara media por procesos digestivos (Obs. Pers.).

---

<sup>3</sup> Instructor de buceo, Scuba Iguana, Puerto Ayora, Galápagos.

La abundancia de sardina y de pinchagüa en las aguas ecuatorianas ha decrecido en los últimos 20 años, con una ligera recuperación a partir de 1996, esto basado en la información de desembarcos pesqueros del continente ecuatoriano (González y Miranda 2004). La pesca artesanal de estas especies en Galápagos ocurre a muy baja escala (para carnada de pesca de altura) y tampoco se ha registrado la pesca industrial ilegal de estas especies pelágicas. Estas especies son altamente migratorias y muy sensibles a eventos cálidos (ENOS), llegando incluso a desaparecer en las capturas de pelágicos menores en Ecuador, Perú y Chile en estos periodos (Lluch-Cota et al. 1997, Alfaro-Fuentes 2003, González y Miranda 2004). Además se conoce que las especies de pelágicos menores, incluida la sardina, migran en sentido este-oeste, norte-sur en busca de focos de surgencias. En la dimensión vertical también se puede detectar un cambio en la profundidad de los cardúmenes asociado a la profundización de la termoclina (isoterma de 15 °C) (Pinochet y Villagrán 2004).

Se han identificado regimenes multidecadales de alternancia en la abundancia y distribución de la sardina y anchoveta en el hemisferio norte y sur. En el sur existe evidencia de esto en la costa peruana en los últimos 40 años, asimismo en la mayor disponibilidad de anchoveta en la región norte respecto de una mayor presencia en la zona central en los años 60 (Informe final de la octava reunión del grupo de trabajo CPPS/FAO sobre evaluación de recursos y pesquerías artesanales en el Pacífico Sudeste 2003). Esta alternancia en diversos sistemas sujetos a extracción pesquera puede ser explicada bajo la hipótesis que se basa en el forzamiento interdecadal de baja frecuencia y fuertemente correlacionada a cambios en el sistema climático planetario (Lluch-Cota et al. 1997).

La segunda familia importante en la dieta de *Z. wollebaeki* son los peces linterna de la familia Myctophidae. Estos organismos se caracterizan por habitar en aguas profundas (300–1200 m) durante el día y en aguas más someras (10–100 m de profundidad) durante la noche (Nelson 1994) y constituyen una de las principales presas de varios depredadores marinos por su amplia distribución y abundancia (Casaux et al. 1998, Dellinger y Trillmich 1999, García-Godos 2001, Osman et al. 2004). Las especies más abundantes en las islas Galápagos son *Diogenichthys laternatus*, seguida por *Loweina laurae* y *Triphoturus oculus* (Wisner 1974). Los mictófididos suelen hacer migraciones verticales nocturnas, lo que los hace vulnerables a ser capturados por *Z. wollebaeki*, poniendo en evidencia nuevamente la importancia de los hábitos de alimentación nocturna de este depredador cuando no se encuentra cohabitando con *A. galapagoensis* (Salazar 1999, Salazar y Bustamante 2003). Además, existe evidencia empírica de que esta especie puede

capturar presas en condiciones de oscuridad o cuando sufren de ceguera (Salazar 2001 y Obs. pers.).

Datos recientes a partir de nueve hembras de *Z. wollebaeki* equipadas con instrumentos (marcas satelitales y TDR<sup>4</sup>) en el islote de Caamaño (madres con crías, por tanto residentes de este islote) reflejaron hábitos de alimentación diurna y nocturna. Seis de estas hembras presentaron periodos de buceo de 12 horas, lo que fue consistente desde las 0 a las 12 hrs. o de las 12 a las 0 hrs. Las otras hembras presentaron periodos de rangos de 4 a 20 hrs. sin un patrón consistente (Villegas et al. 2005).

Un tercer grupo de presas, los serránidos, se encuentra ampliamente distribuido en Galápagos y sus abundancias también son considerables; sin embargo, una de las especies comerciales más importantes para los pescadores artesanales de las islas es el bacalao (*Mycteroperca olfax*) que ha sido explotada intensivamente durante los últimos 30 años y cuyas abundancias y tallas han tendido a decrecer a través del tiempo (Reck 1984, Coello y Grimm 1993, Okey et al. 2004). Esta especie también puede considerarse presa de *Z. wollebaeki* ya que se tienen reportes de la interacción con esta pesquería (com. personal con pescadores de bacalao de Puerto Ayora).

Las especies de serránidos que habitan en Galápagos, por lo general, son de hábitos costeros y de arrecifes rocosos. Una de las especies más abundantes es el gringo (*Paranthias colonus*) que forma cardúmenes diurnos y pernocta disperso en el fondo, en especial entre las rocas (Grove y Lavenberg. 1997, Okey et. al. 2004). Esta especie es una de las principales presas de los piqueros patas azules (*Sula dactylatra*) (Harris 1969).

Los peces de la familia Chlorophthalmidae (*Chlorophthalmus* sp.) en Galápagos han sido reportados únicamente como presa de *Z. wollebaeki* (Dellinger y Trillmich 1999, Salazar y Bustamante 2003). La familia se caracteriza por ser cosmopolita y de hábitos mesopelágicos y batipelágicos (Paxton y Eschmeyer 1998).

En la familia Mugilidae en Galápagos, las especies más probables de formar parte de la dieta de *Z. wollebaeki* son *Mugil cephalus* (lisa pardete) y *Mugil galapagoensis* (lisa de Galápagos, rabo negro y rabo amarillo). Estas son de hábitos demersales-costeros, se encuentran entre los 0 y 100 m de

---

<sup>4</sup> “Time depth recorder” instrumento que registra la profundidad y el tiempo de inmersión de un organismo marino.



profundidad y también son pescadas artesanalmente con “mallas y chinchorros” principalmente en playas de arena y comercializadas como pesca seca-salada en el continente (Grove y Lavenberg, 1997, Espinoza et al. 2001). Durante la pesca es común observar como lobos marinos y pelícanos aprovechan la ocasión para capturar lisas.

Resumiendo y de acuerdo con los hábitos de las presas consumidas por el lobo marino de Galápagos, este estudio presenta evidencia de que *Z. wollebaeki* captura presas demersales, pelágicas y bentónicas. El incluir varios tipos de presas puede ser una estrategia para sobrevivir en aguas subtropicales con una productividad relativamente baja (e.g. Costa y Gales 2003). Esto fue evidente también con los resultados de diversidad; así, en el año más cálido (ENOS 1998) se encontraron tres situaciones con el índice de Shannon-Wiener: 1) la mayor diversidad registrada en todos los años, 2) diversidad promedio, y 3) la menor diversidad registrada. Las condiciones extremas de diversidad pueden señalarnos dos escenarios: el primero nos indica la inclusión de un mayor número de presas en condiciones de estrés nutricional, por los efectos ya concebidos de los cambios de abundancia y distribución de los recursos habituales, es decir “comer cualquier presa que esté disponible para sobrevivir”.

El segundo escenario sería una disminución sustancial de las presas disponibles en el ambiente. La diversidad promedio sería posible explicarla por las condiciones ambientales particulares de los sitios de alimentación. Así el aumento de diversidad en las presas de un depredador tope (nivel trófico 4, Okey et al. 2004) en aguas tropicales y subtropicales podría reflejar también condiciones de estrés alimenticio y no sólo el decremento de la misma, como se ha sugerido en el lobo marino de Steller del Golfo de Alaska (Merrick et al. 1997, Trites 1998, Winship y Trites, 2003).

La diversidad de presas y el oportunismo mostrado por *Z. wollebaeki* lo hace vulnerable a tener interacciones con pesquerías, tanto con la pesca artesanal desarrollada en las islas como con la pesca industrial ilegal en la RMG, así en los últimos años (1995-2003) se han reportado 134 lobos marinos enredados con desechos de pesca (Fuente: Bitácoras de Avistamientos SPNG y FCD). Esto sumado a su tamaño poblacional reducido y a su vulnerabilidad frente a eventos extremos como ENOS convierten al lobo marino de Galápagos en una especie clave para los programas de conservación (Trillmich y Limberger 1985, Salazar y Bustamante 2003), por lo que es relevante tomar acciones de manejo que consideren sus zonas de alimentación y un monitoreo regular de su población.

### ***Variación temporal y espacial***

Los cambios en el índice de importancia, tanto de las principales familias como de las complementarias, pueden estar asociados a los eventos climáticos ENOS 97-98 y La Niña (1999 y 2000), pero además a las condiciones predominantes en los sitios de alimentación de las colonias. Dellinger y Trillmich (1999) no encontraron cambios en la composición de la dieta de *Z. wollebaeki* en diferentes años, con excepción del año 1984 (año posterior al ENOS 82-83). Esta estabilidad es explicable dado que las aguas que rodean a las islas del oeste de Fernandina (sitio del estudio de Dellinger y Trillmich 1999) e Isabela suelen mantenerse frías y ricas durante todo el año gracias a la influencia de la corriente de Cromwell (excepto en años ENOS).

Los sitios de estudio de la presente investigación se ubicaron en el sur y centro del archipiélago, los cuales, aunque con influencia de la corriente de Cromwell, tienen un mayor influjo estacional de la corriente cálida de Panamá y la corriente fría de Humboldt creando zonas frías y mixtas que generan una diversidad de especies particular (Harris 1969, Banks 2002).

Los patrones temporales encontrados en la composición del espectro trófico de este mamífero concuerdan mayormente con lo esperado, que el año ENOS 1998 (27 °C de TSM<sup>5</sup> promedio durante la colecta de este periodo) se separe de los demás años. Sin embargo, en base a las condiciones oceanográficas observadas en los diferentes años esperábamos que el año 1997 (23 °C de TSM promedio en el periodo de colecta) se agrupara más con el año cálido que con los fríos. Esto pudo suceder dado que los efectos del ENOS modificaron en alguna forma la abundancia y por tanto la disponibilidad de las presas de *Z. wollebaeki*, por lo que un año pre-ENOS como 1997 se asemejó más a los años fríos 2000 y 1999 (22 y 21 °C de TSM promedio de los periodos de colecta, respectivos) que al cálido. Finalmente el año 2001 (22 °C de TSM promedio durante la colecta de este periodo) se diferencia y se agrupa mejor con 1998 que con los años fríos, esto podría explicarse dado que el 2001 en general fue más cálido que los otros años, a pesar que el periodo de colecta no reflejó temperaturas elevadas.

Es importante señalar que la exploración de la técnica de clasificación fue amplia y que no se encontró una modificación de los patrones observados ni por años ni por colonias al usar otros métodos de clasificación.

---

<sup>5</sup> TSM: Temperatura superficial del mar.

Al comparar las proporciones de presas consumidas por *Z. wollebaeki* entre 1997 y 1998 pero, con la identificación de varios ítems que se hallaban en la categoría de “no identificados” (Salazar y Bustamante 2003). Encontramos que el cambio observado no fue estadísticamente significativo; Sin embargo, limitando el análisis a los ítems principales, se encontraron diferencias significativas con el 85% de confianza (Mann-Whitney,  $U_{6,6}=21$ ).

La variabilidad del espectro trófico de *Z. wollebaeki* fue evidente dentro de cada colonia. Esto podría sugerirnos que lobos de un mismo sitio podrían estar alimentándose en zonas diferentes. Esto se ha observado y reportado en otras especies de pinnípedos (Robson et al. 2004). Por observaciones empíricas y cruceros científicos (Salazar 2002a) se conoce que *Z. wollebaeki* se alimenta en zonas conocidas como “bajos” (montañas submarinas), que se hallan ampliamente distribuidos en la plataforma de Nazca. Así, podemos pensar que lobos de una misma colonia se alimenten en áreas diferentes.

Una investigación reciente de Villegas et al (2005) con hembras instrumentadas proporcionó información consistente con lo encontrado en este estudio. Siete de las nueve hembras instrumentadas exhibieron una distribución bimodal en sus profundidades de buceo, con buceos someros y profundos. Los someros fueron entre 13 y 36 m. y los profundos entre 51 y 234 m. La profundidad máxima registrada fue de 373.5 m. La duración de las inmersiones varió entre 1 y 9 minutos. La inmersión mas larga fue de 10 min. El tiempo de las inmersiones profundas fue de 10 segundos a 3.43 min. Las formas de buceo exhibidas fueron epipelágicas y bénticas, y cada hembra mostró los dos tipos de buceo. Cuatro de las nueve hembras se alimentaron a unos 16 km de la isla, viajando distancias desde 14 a 43 km, de la colonia. Las otras cinco se alimentaron a distancias entre 18 y 50 km, de la isla y viajaron distancias de 35 a 77 km de la colonia. En general, las hembras que se alimentaron cerca de la isla presentaron inmersiones someras, sugiriendo que se estaban alimentados en la plataforma de Nazca. Los viajes de alimentación fueron hacia el este, oeste y sur de la isla, ninguna fue hacia el norte. Las hembras de esta colonia presentaron por tanto una variabilidad individual en su comportamiento de buceo, así como en las áreas de alimentación, lo que sugiere que cada individuo está usando diferentes estrategias de explotación de un mismo hábitat alrededor de la colonia (Villegas et al. 2005).

Es importante destacar que en este estudio de dieta no se pudieron diferenciar las excretas por sexos o estados (juvenil o adulto), por lo que es posible que diferencias de alimentación espacial existan a estos niveles, debido a sus hábitos alimenticios y capacidades de buceo diferentes. Es muy probable

que existan diferencias espaciales también al comparar la dieta entre colonias distantes (islas del oeste y del norte).

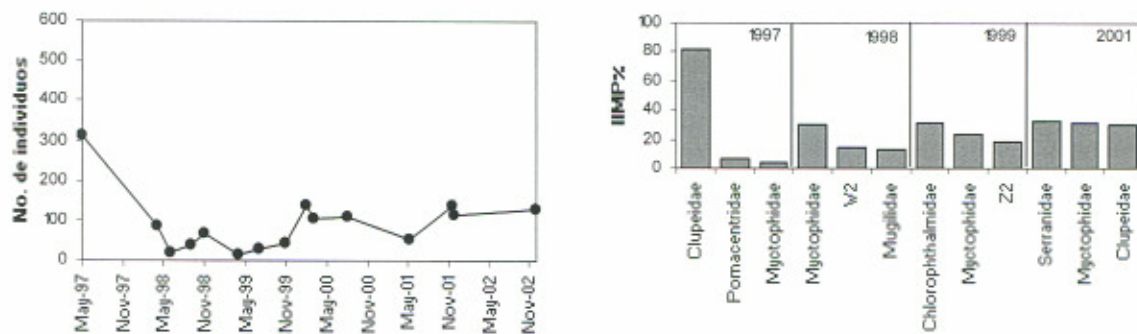
El espectro trófico de *Z. wollebaeki* que habita en las principales colonias del centro-sur de las Galápagos es amplio y el mismo varía más temporalmente que espacialmente. Esto podría deberse tanto a la capacidad de desplazamiento de este mamífero como a las distancias relativamente cortas y corrientes que podrían ser aprovechadas para llegar a sitios distantes. La variación temporal de la dieta fue más evidente, ya sea por los cambios en la productividad o por la disponibilidad de alimento.

### ***Relación con el tamaño poblacional***

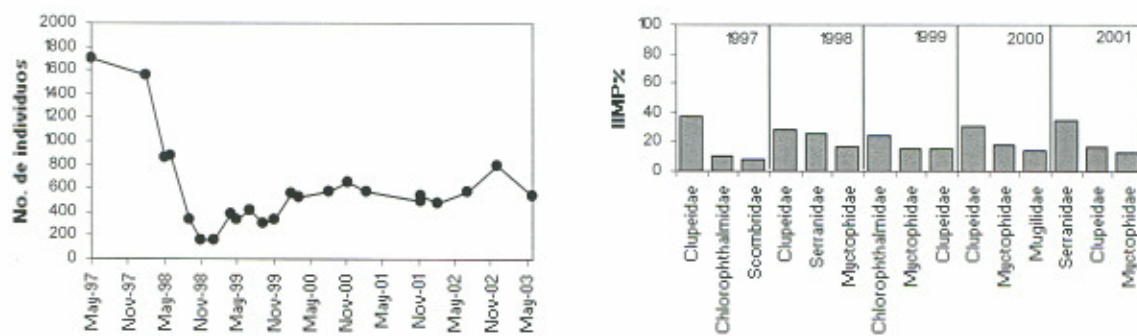
Si observamos la variación en el número de individuos del periodo 1997–2003 con relación a los tres principales ítems de la dieta de *Z. wollebaeki*, en cada uno de los sitios estudiados y en los periodos que se obtuvieron colectas, observamos que en 9 de los 11 sitios, los incrementos de población coinciden con una marcada dominancia de una familia en la dieta (Figuras 25, 26, 27 y 28). Esto podría sugerir que el incremento en la disponibilidad de un particular grupo de presas es importante para el crecimiento de la población. Así, los clupeidos responden favorablemente a condiciones de alta productividad lo mismo que los lobos marinos. Estos peces pelágicos no solo son importantes en términos de ser presa del lobo marino, sino también como presa de otros peces que son presa de este mamífero marino. Sin embargo, este patrón no es evidente en sitios como Plaza Sur (con excepción del año 2001), Isla Lobos, Champion y el periodo 2001 en Bahía Santa Fe.

En cuanto a las tendencias poblacionales, podemos observar la recuperación lenta de la mayor parte de colonias, el incremento de unas pocas (Bahía Santa Fe y Champion) y la estabilidad de al menos dos colonias (Caamaño y Mosquera). Cabe señalar que algunas variaciones en el número de individuos se deben a mortalidad y a movimientos entre islas (Figuras 25, 26, 27 y 28).

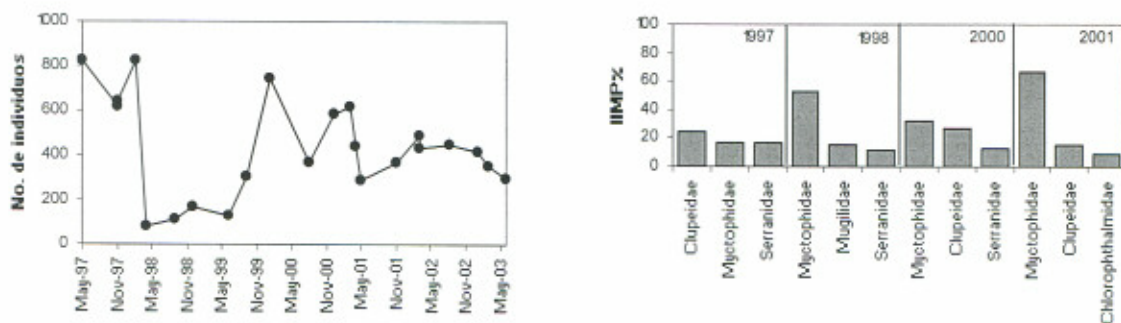
## a) Seymour Norte



## b) Mosquera

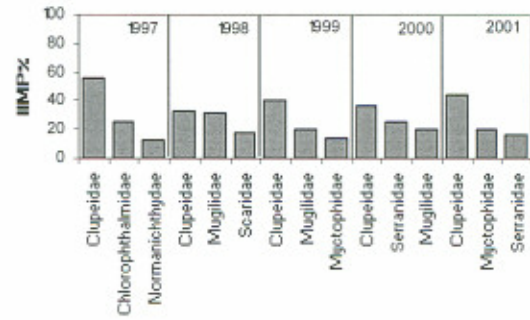
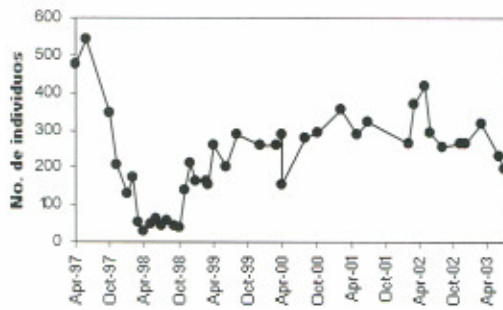


## c) Plaza Sur

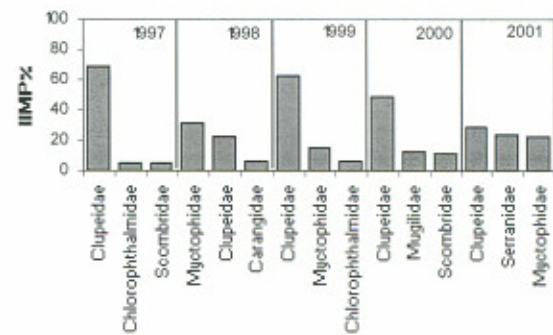
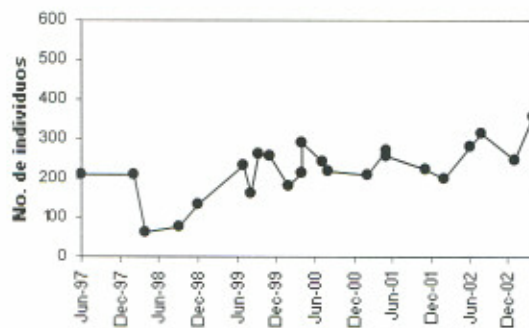


**Figura 25.** Número de individuos promedio a través del tiempo (columna izquierda) e índice de importancia (IIMP) de los tres principales ítems de la dieta de *Z. wollebaeki* por año de muestreo en: a) Seymour Norte, b) Mosquera y c) Plaza Sur.

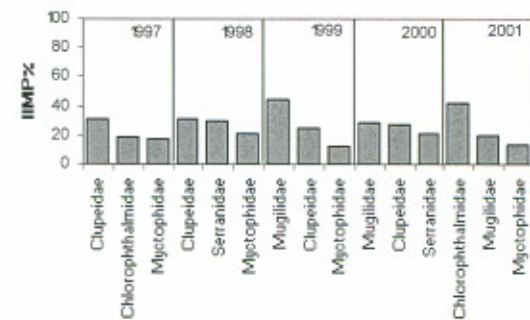
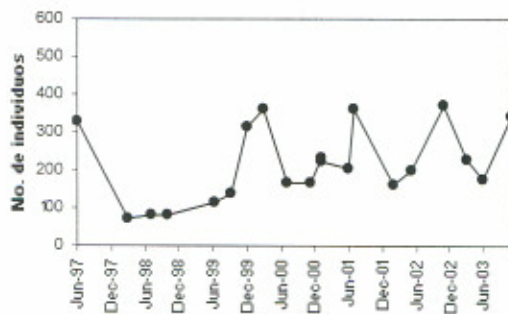
## d) Caamaño



## e) Bahía Santa Fe

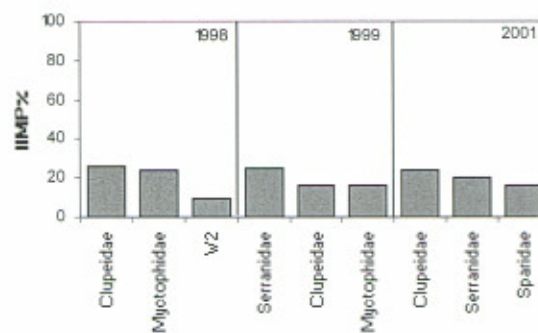
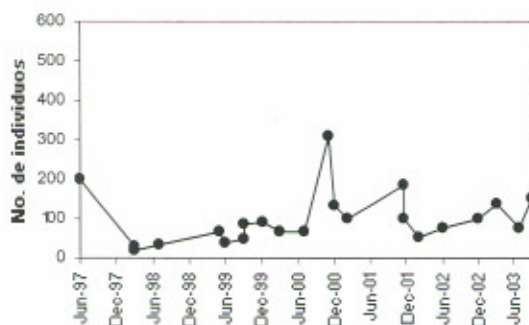


## f) Isla Lobo

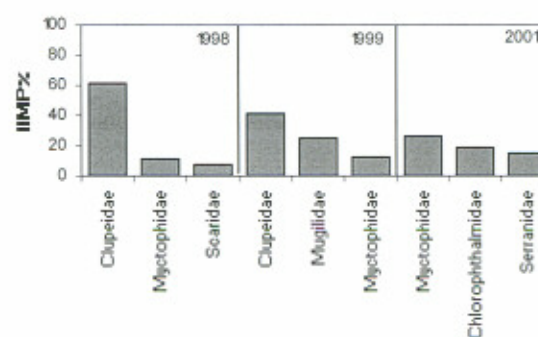
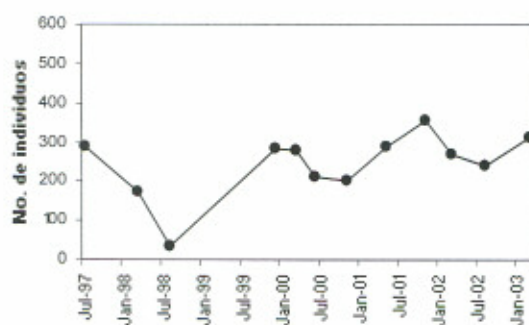


**Figura 26.** Número de individuos promedio a través del tiempo (columna izquierda) e índice de importancia (IIMP) de los tres principales ítems de la dieta de *Z. wollebaeki* por periodo de muestreo en: d) Caamaño e) Bahía Santa Fe y f) Isla Lobos.

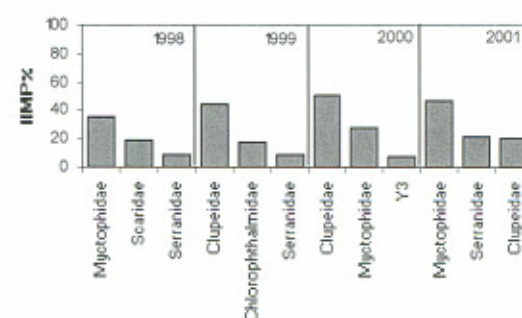
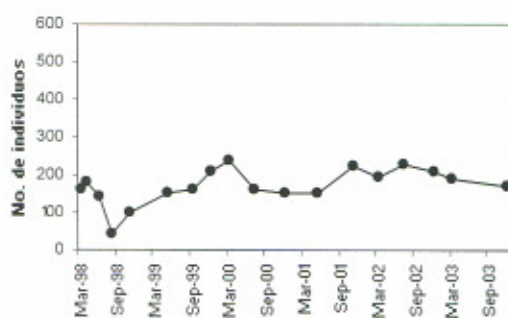
## g) La Lobería



## h) Champion

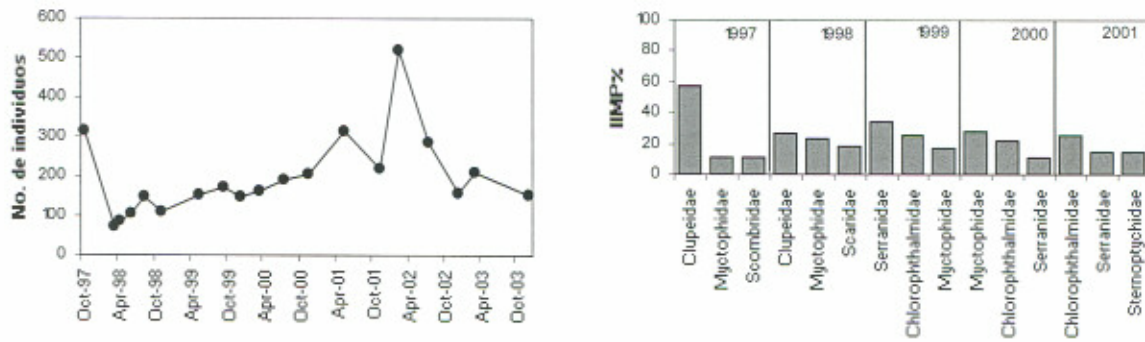


## i) Punta Suárez

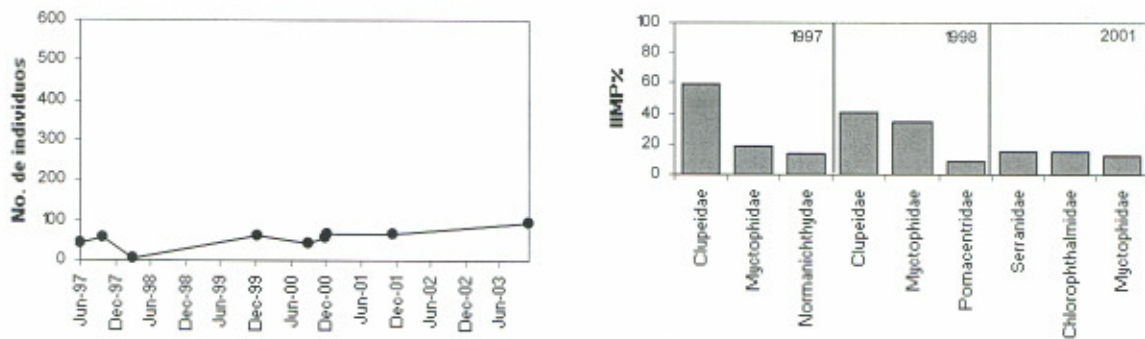


**Figura 27.** Número de individuos promedio a través del tiempo (columna izquierda) e índice de importancia (IIMP) de los tres principales ítems de la dieta de *Z. wollebaeki* por periodo de muestreo en: g) La Lobería, h) Champion e i) Punta Suárez.

## j) Bahía Gardner



## k) Punta Cevallos

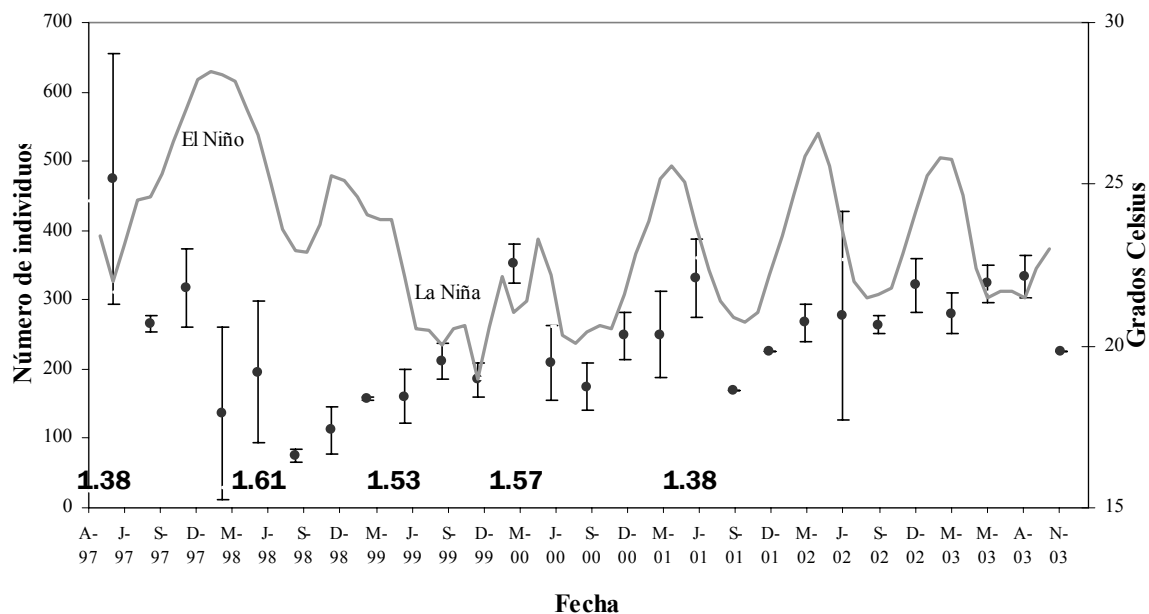


**Figura 28.** Número de individuos promedio a través del tiempo (columna izquierda) e índice de importancia (IIMP) de los tres principales ítems de la dieta de *Z. wolfebaeki* por periodo de muestreo en: j) Bahía Gardner y k) Punta Cevallos.

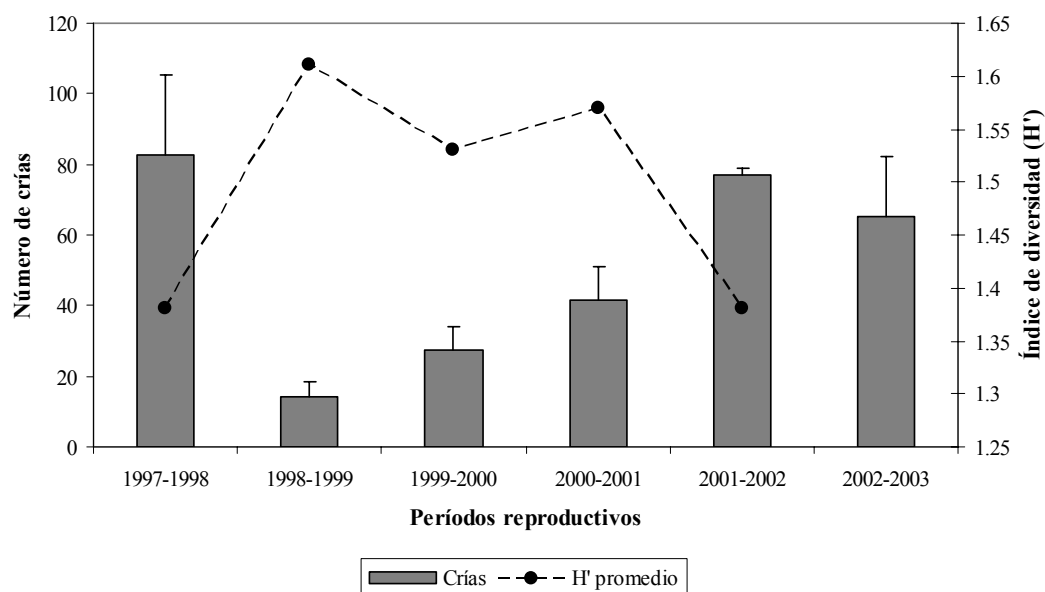
En la figura 29 A se muestran los promedios trimestrales de las once colonias monitoreadas desde el año 1997 hasta el 2003, junto con la temperatura superficial del mar (TSM) como referencia para la identificación de los eventos climáticos de ENOS y La Niña. En la figura 29 B se encuentra el número promedio de crías recién nacidos en los periodos reproductivos. El periodo incluye dos años, dado que los recién nacidos eran contados hasta enero del año siguiente. Ambos gráficos reflejan un importante decrecimiento poblacional (50%, Salazar y Bustamante 2003) registrado durante el período de ENOS 1997-98. En los dos gráficos se incluyeron los valores de diversidad promedio de los ítems identificados para cada año de estudio, donde fue evidente que los valores de diversidad para las presas consumidas posteriormente al ENOS se incrementan y regresan a un nivel pre-ENOS en el 2001. Lo que podría llevarnos a pensar a un reestablecimiento de la composición de las presas de *Z. wolfebaeki* en el ambiente.



A.



B.



**Figura 29** A. Promedios trimestrales de individuos en las once colonias monitoreadas durante el período 1997-2003 (puntos negros) en relación con la temperatura superficial del mar (línea gris). En negrilla gótica son los valores de  $H'$  promedio de los ítem para cada año. B. Promedios de crías recién nacidas y su error estándar de los periodos reproductivos monitoreados (barra gris) e índice de diversidad de ítems promedio por año (línea discontinua).

## 5 CONCLUSIONES

- *Z. wollebaeki* es de hábitos preferentemente ictiófago (96%), en segundo término teutófago (3%).
- El espectro trófico de *Z. wollebaeki*, que habita en las principales colonias del centro-sur de las Galápagos es amplio con 34 familias identificadas, las más importantes en los cinco años de estudio fueron: Clupeidae, Myctophidae, Serranidae, Chlorophthalmidae y Mugilidae.
- Dado que se encontraron diferencias significativas (Kruskall-Wallis, 95%) en la composición temporal (16 ítems) y espacial (12 ítems). La dieta de *Z. wollebaeki* varía más temporalmente que entre sitios.
- Se observó un patrón temporal con el IIMP promedio, en el que el año más cálido 1998 fue diferente de los años fríos (1999 y 2000) y del pre-ENOS (1997). El año 2001 se asemejó más a 1998 que a los años fríos.
- *Z. wollebaeki* al ser una especie oportunista y generalista, sus hábitos alimenticios varían de acuerdo con la disponibilidad y abundancia de sus presas.
- El grado de digestión de las partes duras recuperadas en las heces de esta especie es alto, en especial la identificación de otolitos a nivel específico esta sesgada.
- Myctophidae es un ítem importante en la dieta de *Z. wollebaeki*, lo que pone en evidencia la importancia de sus hábitos de alimentación nocturna.
- Es la primera vez que se reporta la inclusión de vegetación terrestre en la dieta de un pinnípedo.

## RECOMENDACIONES

Para futuros estudios tróficos en esta especie es importante tomar en cuenta los sesgos generales (Orr y Harvey 2001, Cottrell y Trites 2002, Arim y Naya 2003) y específicos (Bodley et al 1999) de la metodología de análisis de excretas, en especial para identificar los otolitos a niveles taxonómicos específicos, pues el grado de digestión de los otolitos recuperados de *Z. wollebaeki* es elevado, razón por la cual la identificación fue principalmente a nivel de familia. Se recomienda por tanto ensayar otras metodologías alternativas como estudios de isótopos estables o ácidos grasos para mejorar el conocimiento trófico de esta especie. El conocimiento sobre la alimentación específica podría mejorar con lobos marinos equipados con cámaras de video.

## 6 LITERATURA CITADA

Alfaro-Fuentes, J. R., 2003. Estudio de prospectiva para la cadena productiva de la industria pesquera en la región de la costa del Pacífico en América del Sur, Project No. US/RLA/02/14. Diagnóstico y evaluación del sector pesquero y acuicultura en la república de Chile (1992–2002), U.N.I.D.O., Fishery Industry, O.P.T.I., 41 p.

Anderson M. J. y A. M. Clements, 2000. Resolving environmental disputes: A statistical method for choosing among competing cluster models. *Ecological Applications* 10 (5): 1341–1355.

Antonelis, G. A. y H. C. Fiscus, 1980. The pinnipeds of the California Current. *California Cooperative Fish Investigation*, 21: 68–78.

Antonelis, G. A., E. H. Sinclair, R. R. Rean y B. W. Robson, 1997. Inter-island variation in the diet of female northern fur seal (*Callorhinus ursinus*) in the Bering Sea. *Journal of Zoology, London*, 242: 435–451.

Arim, M. y D. E. Naya, 2003. Pinniped diets inferred from scats: analysis of biases in prey occurrence. *Canadian Journal of Zoology*. 81: 67–73.

Aurioles-Gamboa, 1988. Behavioral ecology of California sea lions in the Gulf of California, Tesis de doctorado. Universidad de California. Santa Cruz, 175 p.

Aurioles-Gamboa, D., C. Fox, F. Sinsel y G. Tanos, 1984. Prey of the California sea lions (*Zalophus californianus*) in the bay of La Paz, Baja California Sur, México. *Journal of Mammalogy*, 65 (3): 519–521.

Banks, S. A., 1999. The use of the AVHRR data in determining sea surface temperature zonation and variability across the Galapagos Marine Reserve. Master Science Thesis, University of Southampton, Faculty of Science, School of Ocean and Earth Sciences, 60 p.

Banks, S. A., 2002. Ambiente Físico. *En: Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad*, Danulat E & G J Edgar (Eds.). 22–37. Fundación Charles Darwin y Servicio Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

Bodley, K. B., J. R. Mercer y M. M. Bryden, 1999. Rate of passage of digesta through the alimentary tract of the New Zealand fur seal (*Arctocephalus forsteri*) and the Australian sea lion (*Neophoca cinerea*) (Carnivora: Otariidae). *Australian Journal of Zoology*, 47: 193–198.

Casaux, R., A. Baroni y A. Carlini, 1998. The diet of the arctic fur seal (*Arctocephalus gazella*) at Harmony Point, Nelson Island, South Shetland Islands. *Polar Biology*, 20: 424–428.

Clarke, M. R. y F. Trillmich, 1980. Cephalopods in the diet of fur seal of the Galapagos Islands. *Journal of Zoology*. London, 190: 211–215.

Coello, S., y A. S. Grimm, 1993. The reproductive biology of *Mycteroperca olfax* (Jenyns) (Pisces Serranidae): protogyny and breeding season. *Revisión de Ciencias Marinas Limn.*, 3, 115–128.

Costa, D. P. y N. J. Gales, 2003. Energetics of a benthic diver: Seasonal foraging ecology of the Australian sea lion, *Neophoca Cinerea*. *Ecological Monographs*, 73(1): 27–43.

Cottrell, P. E. y A. W. Trites, 2002. Classifying prey hard part structures recovered from fecal remains of captive Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*). *Marine Mammal Science*, 18 (2): 525–539.

Cowles, T. J., R. T. Baber y O. Guillen, 1977. Biological Consequences of the 1975 El Niño. *Science*, 195: 285–287.

Dellinger, T. 1987. Das Nahrungsspektrum der Sympathiscen Galápagos-Seebaren: (*Arctocephalus galapagoensis*) und Galápagos-Seelöwen (*Zalophus californianus wollebaeki*) mit versuchen zur methodik der kotanalyse. Diplomarbeit, Univ. Konstanz, FRG, 71 pp.

Dellinger, T. y F. Trillmich, 1999. Fish prey of the sympatric Galapagos fur seals and sea lions: seasonal variation and niche separation. *Canadian Journal of Zoology*, 77: 1204–1216.

Espinoza, E., J. C. Murillo, M. V. Toral, R. H. Bustamante, F. Nicolaides, G. J. Edgar, J. Moreno, C. Chasiluisa, M. Yépez, J. C. Barreno, S. A. Shepherd, J. Viscaino, M. Villalta, R. Andrade, A. F. Born, L. Figueroa, P. Guerrero y M. Piu, 2001. La pesca en Galápagos: comparación de las capturas entre 1997-2000. In: Informe Galápagos 2000/2001, Fundación Natura y WWF, Quito, Ecuador, pp. 55–64.

Fariña, J. M., S. K. Salazar, P. Wallem, J. Witman y J. S. Ellis, 2003. Nutrient exchanges between marine and terrestrial ecosystems: the case of the Galapagos sea lion (*Zalophus wollebaeki*). *Journal of Animal Ecology* 72: 873–887.

FCD Informe Annual, 2002. Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos. Puerto Ayora, Galápagos, 28 pp.

Feldman, G. C., 1985. Satellites, seabirds and seals. En: El Niño in the Galapagos Islands: The 1982–1983 Event, Robinson y E. M. del Pino (Eds.), Charles Darwin Foundation, Quito, Ecuador, 125–130.

Fiscus, H. C., 1982. Predation by marine mammals on squids of the Eastern North Pacific Ocean and the Bering Sea. *Marine Fishery Review*, 44 (2): 1–10.

Fiscus, H.C. y G.A. Baines, 1966. Food and feeding behavior of Steller and California sea lions. *Journal of Mammalogy*, 64: 513–518.

Fundación Natura e INGALA, 2002. Las regulaciones migratorias de Galápagos: Manual de información para el residente insular. Quito, Julio 2002, 27p.

García-Rodríguez, F. J., 1995. Ecología alimentaria del lobo marino de California, *Zalophus californianus californianus* en Los Islotes, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 106 p.

García-Rodríguez, F. J., 1999. Cambios espaciales y estacionales en la estructura trófica y consumo del lobo marino de California, *Zalophus californianus* en la región de las grandes islas, Golfo de California. Tesis para el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos

Marinos. Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, México, 99 p.

García-Rodríguez, F. J. y D. Auriolles-Gamboa, 2004. Spatial and temporal variation in the diet of the California sea lion (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. Fishery Bulletin, 102 (1): 47–62.

García-Godos, I., 1996. Informe final del Proyecto: Patrones morfológicos del otolito *sagitta* de los peces de la costa central del Perú. CEPEC, CONCYTEC. Lima, 7–87.

García-Godos, I., 2001. Patrones morfológicos del otolito *sagitta* de algunos peces óseos del mar peruano, IMARPE (Instituto del mar de Perú), 20 (1-2) diciembre 2001, 83 p.

Gentry, R. L. y G. L. Kooyman, 1986. Introduction. *In*: Fur seals: Maternal strategies on land and at sea. Gentry, R. L. y G. L. Kooyman (Eds.). Princeton, N. J: Princeton University Press, 3–27.

Gonzales, N. y M. Miranda, 2004. Observaciones a las vedas de peces pelágicos pequeños. Informe del Instituto Nacional de Pesca, [www.ipn.gov.ec](http://www.ipn.gov.ec), 4 p.

Grove, J. S. y R. J. Lavenberg, 1997. The fishes of the Galapagos Islands. Stanford University Press. California USA, 863 p.

Harris, M. P., 1969. Breeding seasons of seabirds in the Galapagos Islands. Journal of Zoology (London). 159: 145–165.

Harvey, J. T. y G. A. Antonelis, 1994. Biases associated with non-lethal methods of determining the diet of northern elephant seals. Marine Mammal Science, 10 (2): 178–187.

Humann, P., 1993. Reef fish, identification, Galápagos. Libri Mundi. Quito, Ecuador, 55 p.

Jackson, M., 1997. Galápagos, una historia natural. University of Calgary Press, USA, 197 p.

Kooyman, G. L. y F. Trillmich, 1986a. Diving behavior of Galápagos sea lions. *In: Maternal investment in otariid seals and walruses.* Kovacs, K. M. and D. M. Lavigne. (1992). *Canadian Journal of Zoology*, 70: 1.953–1.964.

Kooyman, G. L. y F. Trillmich, 1986 b. Diving behavior of Galápagos sea lions. *In: Fur seals: Maternal strategies on land and at sea.* Gentry, R. L. y G. L. Kooyman (Eds.). Princeton, N. J: Princeton University Press, 209–219.

Krebs C., 1985. *Ecología, estudio de la distribución y la abundancia.* 2da. Edición, HARLA, México, 753 p.

Lehmann, E. L., 1975. *Nonparametrics: statistical methods based on ranks.* Holden-Day, San Francisco, USA, CA.

Limberger, D., 1985. El Niño en Fernandina. *En G.Robinson y E. M. del Pino (Eds.) El Niño en las islas Galápagos: el evento de 1982–1983.* Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos, Quito, Ecuador, Pp: 218–225.

Limberger, D., F. Trillmich, H. Biebach y R. D. Stevenson, 1986. Temperature regulation and microhabitat choice by free-ranging Galapagos fur seal pups (*Arctocephalus galapagoensis*). *Oecologia*, Berlín. 69: 53–59.

Lluch-Cota, D. B., S. Hernández-Vásquez y S. E. Lluch-Cota, 1997. Empirical investigation on the relationship between climate and small pelagic global regimes and El Niño-Southern Oscillation (ENSO). *FAO Fisheries Circular N° 934*, 48 p.

Lowry, M. S., C. W. Oliver, C. Macky, y J. B. Wexler, 1990. Food habits of California sea lions *Zalophus californianus* at San Clemente Island, California, 1981–86. *Fishery Bulletin*. 88:509–521.

Lowry, M. S., B. S. Stewart, C. B. Heath, P. K. Yochem, y J. M. Francis, 1991. Seasonal and annual variability in the diet of California sea lions *Zalophus californianus* at San Nicolas Island, California, 1981–86. *Fishery Bulletin*. 89:331–336.

- Merrick, R. L., M. K. Chumbley, y G. V. Byrd, 1997. Diet diversity of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) and their population decline in Alaska: a potential relationship. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 54: 1342–1348.
- Miranda, P. 1982. Catalogo de Otolitos (*sagitta*) de algunos peces óseos de importancia económica de la VIII región. Tesis para Tecnólogo Marino. Universidad Católica de Chile, Región de Talcahuano, 13–44.
- Murie, D. J. y D. M. Lavigne, 1985. Interpretation of otoliths in stomach content analysis of phocid seals: quantifying fish consumption. *Canadian Journal of Zoology*, 64: 1152–1157.
- Muromtsev, A. M., 1963. The principal Hydrological Features of the Pacific Ocean. Jerusalem Post Press, 417 p.
- Nascimento, M. G., R. Bustamante y C. Oyarzun, 1985. Feeding ecology of the South American sea lion *Otaria flavescens*: food contents and food selectivity. *Marine Ecology. Progress Series*. 21: 135–143.
- Nelson, J. S., 1994. *Fishes of the world*. 3th Ed. John Wiley & Sons, Inc. USA. 600 p.
- Nichols, J. D. y M. J. Corroy 1996. Techniques for Estimating Abundance and Species Richness. *In: Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Mammals*. Wilson, D. E, F. Russell Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster (Eds.). Smithsonian Institution Press, Washington and London. 10: 177–202.
- Okey, T. A., St. Banks, A. F. Born, R. Bustamante, M. Calvopiña, G. Edgar, E. Espinoza, J. M. Fariña, V. Francisco, L. E. Garske, S. Salazar, S. Shepherd, V. Toral y P. Wallem, 2004 A trophic model of a Galápagos subtidal rocky reef for evaluating fisheries and conservation strategies. *Ecological Modelling* 172: 383–401.
- Orr, A. y J. T. Harvey, 2001. Quantifying errors associated with using fecal samples to determine the diet of the Californian sea lion (*Zalophus californianus*). *Canadian Journal of Zoology*. 79: 1080–1087.



Osman, L. P., R. Hucke-Gaete, C. A. Moreno y D. Torres, 2004. Feeding ecology of Antarctic fur seal at Cape Shirreff, South Shetlands, Antarctica. *Polar Biology* 27: 92–98.

Paxton, J. R. y W. N. Eschmeyer. (Eds.), 1998. *Encyclopedia of fishes*. Natural World. USA. 240 p.

Pérez C. L., 2001 *Técnicas estadísticas con SPSS*. Madrid, Prentice Hall.

Pinochet, R. P. y H. L. Villagrán, 2004. El Niño Oscilación del Sur y el desarrollo pesquero nacional: bases para un marco político-institucional. *En: El Niño-La Niña 1997-2000: Sus efectos en Chile*. S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutllant y E. Yáñez. (Eds.) (2004). CONA, Chile, Valparaíso, 191–208.

Riedman M., 1990. *The Pinnipeds: seals, sea lions and walruses*. University of California Press, USA, CA.439 p.

Reck, G. 1984. *The coastal fisheries in the Galápagos Islands, Ecuador: description and consequences for management in the context of marine environmental protection and regional development*. Doctoral thesis, Kiel, 231 pp.

Reid, K., 1996. *A guide to the use of otoliths in the study of predators at South Georgia*. British Antarctic Survey., Natural Environment Research Council, Cambridge, pp. 1–37.

Reid, K. y E. Prothero-Thomas, 1997. *A preliminary report of the diet of *Zalophus californianus**. Unpublished document. Marine Investigation and Coastal Conservation Unit, Charles Darwin Research Station.

Robinson, G. y M. E. del Pino. 1985. *El Niño en las Islas Galápagos: The 1982 – 1983 Event*, Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos, Quito, Ecuador, pp. 125–130.

Robson, B., M. Goebel, J. Baeker, R. Rean, T. Loughlin, R. Francis, G. Antonelis y D. Costa, 2004. Separation of foraging habitat among breeding sites of a colonial marine predator: the northern fur seal (*Callorhinus ursinus*). *Canadian Journal of Zoology*, 82: 20–29.

Roger, L., G. Boxshall y P. Clark, 1998. A dictionary of Ecology, Evolution and Systematics, 2nd Edition. Cambridge University Press, UK, 361 p.

Salazar, S. K., 1999. Dieta, tamaño poblacional e interacción con desechos costeros del lobo marino *Zalophus californianus wollebaeki* en las islas Galápagos. Disertación previa al título de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 100 p.

Salazar, S. K., 2001. Un caso de albinismo en el lobo marino de Galápagos (*Zalophus wollebaeki*) – Isla Floreana. Informe técnico (Septiembre 2001) presentado a FCD y SPNG, Galápagos, 10 p.

Salazar, S. K., 2002a. Lobos marinos y peleteros (Cap 15). *En: Reserva Marina de Galápagos Línea Base de la Biodiversidad*. Danulat E. y G. Edgar (Eds.), 260–283. Fundación Charles Darwin y Servicio Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

Salazar, S. K., 2002b. Estado poblacional de los pinnípedos en las islas Galápagos. 10ª RT y 4º Congreso SOLAMAC, Libro de Resúmenes, 14–19 de octubre 2002, Valdivia, Chile, pp. 47.

Salazar, S. K., 2002c. Preliminary report of pinniped census in the Galápagos islands, November 2001. Charles Darwin Foundation. *Informe técnico-Noviembre 2001* presentado al SPNG, FCD y Karl Meyer Foundation, 12 p.

Salazar S. K., 2003. The Jessica oil spill effects on the Galapagos sea lion (*Zalophus wollebaeki*) population. *Marine Pollution Bulletin* 47: 313–318.

Salazar, S. K. y G. Edgar, 2001. Sea lion massacre. *Marine Pollution Bulletin* 43, News, September 2001.

Salazar, S. K. y R. Bustamante, 2003. Effects of the 1997–98 El Niño on population size and diet of the Galápagos sea lion (*Zalophus wollebaeki*). *Noticias de Galápagos, Puerto Ayora Galápagos*, 62:40–45.

Salazar, S. K., J. Moreno y S. Landázuri, 2003. Cuatro delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*) muertos en la laguna Concha y Perla, Puerto Villamil Isabela. Informe Técnico presentado al SPNG, Prensa local y ECCD, 9 p.

Schwartz, S., 1994. Canine and feline behavior problems. American Veterinary Publications, INC. USA, CA., 62 p.

Snell, M. H., P. A. Stone y H. L. Snell, 1996. A Summary of Geographical Characteristics of the Galapagos Island. *Journal of Biogeography*, 23: 619–624.

Sivertsen, E., 1953. A new species of sea lion, *Zalophus wollebaeki*, from Galapagos Islands. The Norwegian zoological expedition to the Galapagos Islands 1925, conducted by Alf Wollebæk, XIV. *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Forhandling*, 599: 1–3.

Spalding, D. J., 1964. Comparative feeding habits of the fur seal, sea lions and harbour seal on the British Columbia coast. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 146: 1–52.

Townsend, C. H., 1934. The fur seal of the Galapagos islands. *Arctocephalus galapagoensis*, Heller. *New York Zoological Society, USA*, Vol XVIII, 2: 43–51.

Trillmich, F., 1979. Lobos marinos y focas peleteras de Galápagos, *Noticias de Galápagos*, Fundación Charles Darwin, Quito, Ecuador, 29: 8–14.

Trillmich, F., 1981. Mutual mother-pup recognition in Galápagos fur seal and sea lions: Cues used and functional significance. *Behavior*, 78: 21–42.

Trillmich, F., 1984. Natural history of the Galapagos fur seal (*Arctocephalus galapagoensis*, Heller). *En: Key environments Galapagos perfamon*. Perry R.(Ed.). Oxford. pp. 212–223.

Trillmich, F., 1987. Galápagos fur seal, *Arctocephalus galapagoensis*. *In: Status, Biology, and Ecology of Fur Seals; Proceedings of an International Symposium and Workshop*. Croxall J. P. y R. L. Gentry (Eds.), NOAA Technological Report. NMS 51, Cambridge, England, 23–27.

- Trillmich, F. y D. Limberger, 1985. Drastic effects of El Niño on Galápagos Pinnipeds, *Oecologia*, 67: 19–22.
- Trillmich, F. y E. Lechner, 1986. Milk of the Galapagos fur seal and sea lion, with a comparison of the milk of eared seals (Otariidae). *Journal of Zoology, London (A)*, 209: 271–277.
- Trillmich, F. y T. Dellinger, 1991. The effects of El Niño on Galápagos pinnipeds. *In: The ecological effects of El Niño on otariids and phocids: Responses of marine mammals to environmental stress*. Trillmich, F. y K. A. Ono. Springer Verlag. Berlin, 66–74.
- Trites, A. W., 1997. The role of pinnipeds in the ecosystem. *En: Pinniped populations, eastern north Pacific: status, trends and issues*. G. Stone, J. Goebel y S. Webster (Eds.). A symposium of the 127<sup>th</sup> Annual Meeting of the American Fishery Society. New England Aquarium, Conservation Department, Central Wharf, Boston, 31–39.
- Trites, A. W., 1998. Steller Sea Lions (*Eumetopias jubatus*): Causes for their decline and factors limiting their restoration. *Steller Sea Lions: Causes for their Decline*. Octubre 29, 1998, 1–22.
- Utreras, V., D. Tirira y S. Salazar, 2000 a. El lobo peletero de Galápagos (*Arctocephalus galapagoensis*), *En: El libro rojo de los mamíferos del Ecuador*. Tirira D. (Ed.). Simbioe, Ecociencia, Ministerio del Ambiente y UICN, Quito, pp. 66–65.
- Utreras, V., D. Tirira y S. Salazar, 2000 b. El lobo marino de Galápagos (*Zalophus wolfebaeki*), *En: El libro rojo de los mamíferos del Ecuador*. Tirira D. (Ed.). Simbioe, Ecociencia, Ministerio del Ambiente y UICN, Quito, pp. 66–67.
- Villegas, S., D. Aurióles-Gamboa, S. Salazar y D. Costa, 2005. Foraging areas and Diving Behavior of Galápagos sea lions (*Zalophus wolfebaeki*) of Caamaño Island, Galápagos. Abstract for the 16th Bienal conference of the Society of Marine Mammalogy, San Diego, USA.
- Winship, A. y Trites, A.W., 2003. Prey consumption by Steller sea lions in Alaska: How much do they require? *Fishery Bulletin*, 101, 147–163.

Wisner, R., 1974. The taxonomy and distribution of lanternfishes (Family Myctophidae) of the eastern Pacific Ocean. NORDA Reporte 3. Mississippi, 130 p.

Zar, J. H., 1984. Biostatistical Analysis, 2nd. Ed. Prentice Hall. USA. 659 p.

**Programas:**

ArcView 3.2 1998.

Colwell R.K. 2004. EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from samples), Versión 7.0, University of Connecticut, USA.

Henderson P.A. y M.H. Seaby, 1999. Community Analysis Package (CAP), Versión 1.52, Pisces Conservation Ltd. IRC House, Pennigton, Lymington, UK.

Henderson P.A. y M.H. Seaby, 2001. Species Diversity and Richness, Versión 2.65, Pisces Conservation Ltd. IRC House, Pennigton, Lymington, UK.

Microsoft Excel 2002, USA.

Statistica 6.1, 2004. Stat Soft Inc. USA.

## 7 APÉNDICES

### APÉNDICE 1.

#### Descripción de las colonias muestreadas

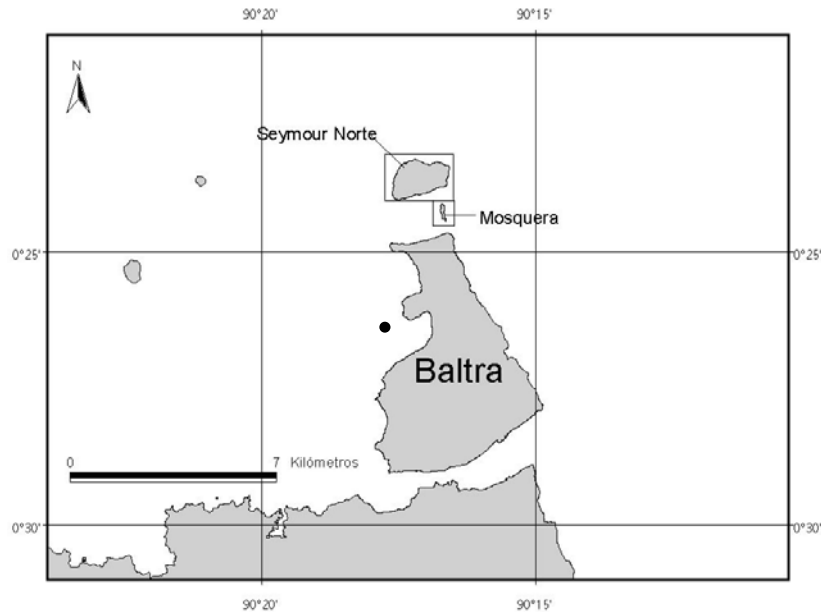
- Seymour Norte (0°23'30''S, 90°17'0''O)

Esta isla forma parte de las islas de canal del norte (Mapa 1A), tiene una superficie de 183,9 Ha. (Snell et al 1996). La principal colonia reproductiva de *Z. wolfebaeki* está en la punta suroeste, en la misma se encuentra establecido un sitio de turismo de uso intensivo. En esta colonia no se conoce la existencia de grupos de lobos solteros y su tamaño poblacional se estima entre 150 a 200 individuos (FCD: datos poblacionales no publicados 2003) (Mapa 1B).

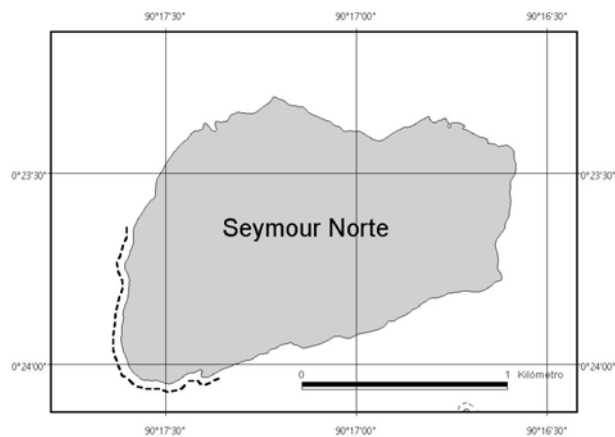
- Mosquera (0°24'4''S, 90°16'33''O)

Es un islote compuesto principalmente de arena biogénica, su superficie es de 4,6 Ha (Snell et al 1996). Es un sitio de visita turística de uso moderado, dado que el desembarco en la época cálida es complicado. Es la colonia más numerosa de todo el archipiélago (Salazar 2002a), aproximadamente entre 1.500–1.800 individuos (FCD: datos poblacionales no publicados 2003) (Mapa 1C).

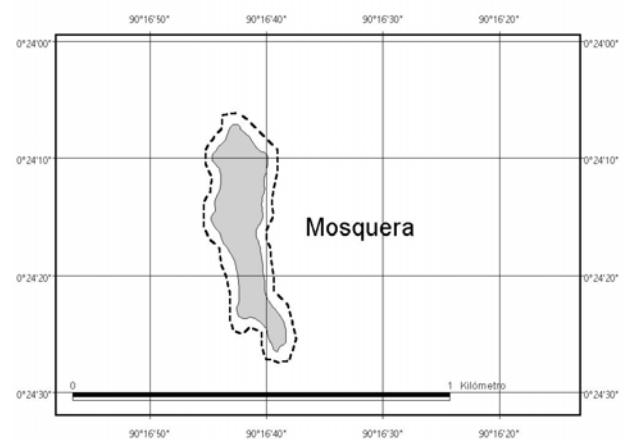
A.



B.



C.



**Mapa 1. A.** Las islas del Canal del Norte están formadas por dos islas y un islote: Seymour Sur o Baltra, Seymour Norte y Mosquera. En Baltra se encuentran establecidos el principal aeropuerto de Galápagos y una base militar (punto negro). **B.** Seymour Norte. **C.** Mosquera. Las líneas entrecortadas señalan la distribución de los grupos reproductivos de *Z. wollebaeki*.

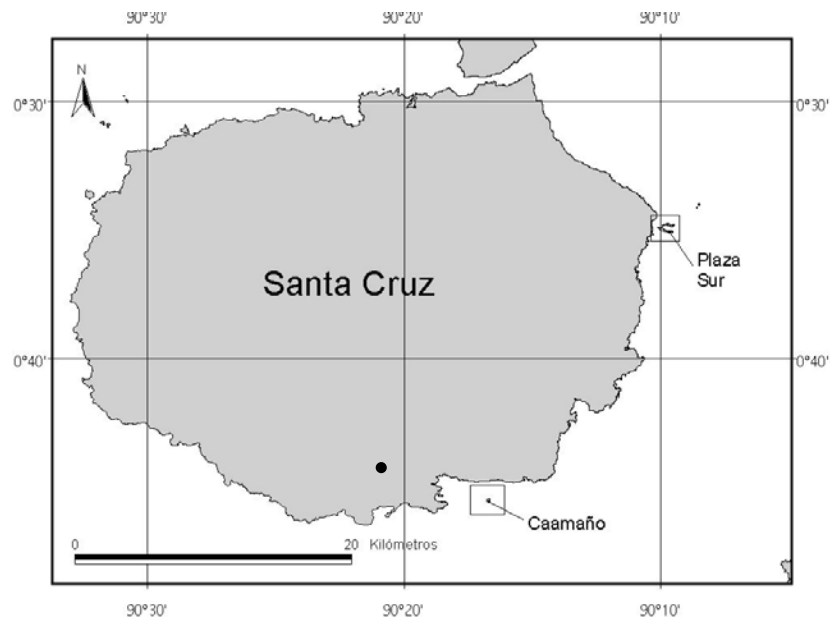
- Caamaño (0°45'21''S, 90°16'34''O)

Es un islote de 4.5 Ha (Snell et al 1996) ubicado al sur de la isla Santa Cruz, a media milla de Puerto Ayora (Mapa 2 A). Está conformado principalmente por rocas volcánicas, dos playas de arena biogénica (una norte y otra sur), en el centro del islote se pueden encontrar dos lagunas (una intermareal y otra de lluvia) (Mapa 2B). La población de *Z. wollebaeki* de este sitio se estima entre 600 a 800 individuos (FCD: datos poblacionales no publicados 2003). En esta colonia se diferencian dos grupos: 1) reproductor: formado por todas las categorías de individuos (machos, hembras, juveniles y crías), y se encuentra ubicado en las playas de arena. 2) grupo de solteros: machos adultos y sub adultos que se ubican en el centro-norte del islote, en las lagunas y entre la vegetación de monte salado en el norte del islote. La vegetación es baja y está compuesta principalmente por: monte salado (*Cryptocarpus pyriformis*) y *Sesuvium edmonstonei* (Fariña et al 2003). Este no es un sitio de visita turística, sin embargo es permitido realizar actividades de buceo libre en las aguas que lo rodean. La principal atracción turística de este sitio son los lobos marinos.

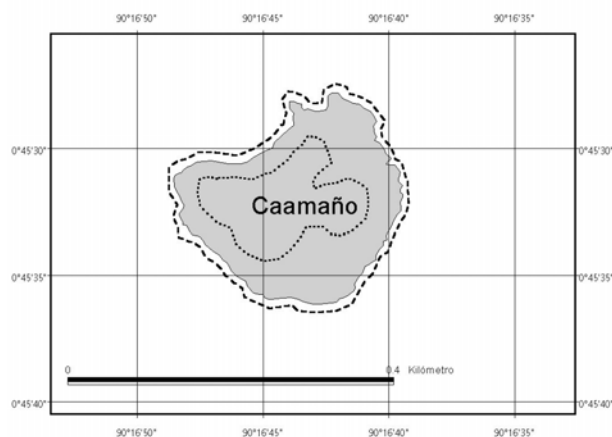
- Plaza Sur (0°34'56''S, 90°9'57''O)

En esta isla de 11,9 Ha (Snell et al 1996) se realizan actividades turísticas (lado este) y científicas (lado oeste); el uso turístico es intensivo y la principal atracción son las iguanas terrestres (*Conolophus subcristatus*), lobos marinos y aves marinas. Sus costas carecen de playas y su suelo está compuesto por rocas volcánicas y tierra. La vegetación baja está compuesta principalmente por *S. edmonstonei* y arrayancillo (*Maytenus octogona*); la alta por cactus arbóreos (*Opuntia* sp.) (Fariña et al 2003). En esta colonia los grupos reproductivos están a lo largo de la costa norte, en especial en el lado este de la isla. Un grupo de “solteros” puede ser encontrado en la punta sureste que se halla a unos 15 m. sobre el nivel del mar. Esta es una colonia numerosa de 1.000 a 1.200 individuos (FCD: datos poblacionales no publicados 2003) (Mapa 2C).

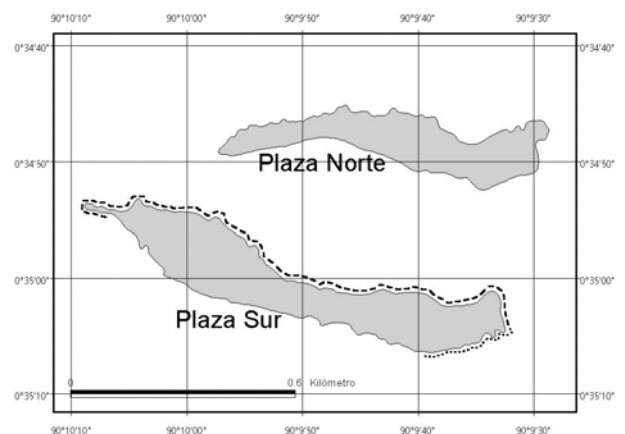




A.



B.

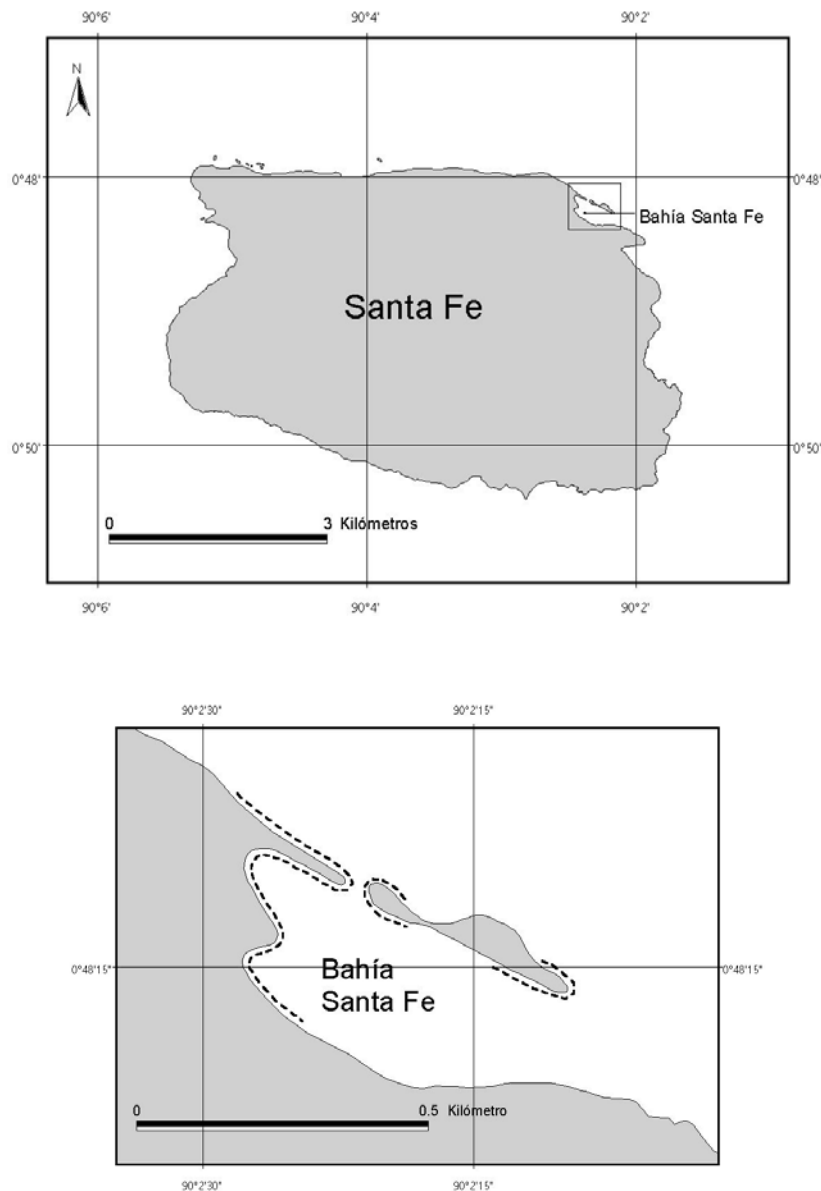


**Mapa 2.** A. Santa Cruz está en la parte central del archipiélago. El punto negro señala la ubicación de Puerto Ayora (principal centro poblado con 16.000 habitantes aprox.) y los recuadros señalan las principales colonias reproductivas de *Z. wollebaeki*. B. Islote Caamaño C. Islas Plazas. Las líneas entrecortadas señalan las zonas donde están los grupos reproductivos de *Z. wollebaeki*. Las líneas de puntos señalan los grupos de machos “solteros”.

- Bahía Santa Fe (0°48'18''S, 90°5'13''O)

En esta bahía se encuentra la principal colonia reproductiva de la isla Santa Fe (Mapa 3A) se pueden diferenciar dos playas de arena dorada, zonas de rocas volcánicas y un islote alargado. En este sitio habitan entre 600 a 800 lobos marinos (FCD: datos poblacionales no publicados 2003) y

estos, junto con las iguanas terrestres (*Conolophus palidus*), son las principales atracciones turísticas. La vegetación predominante está compuesta por monte salado y cactus arbóreos (Mapa 3B). Esta colonia fue la más afectada durante el derrame de combustible del B/T Jessica en la isla San Cristóbal en enero de 2001 (Salazar 2003).



**Mapa 3.** Santa Fe se encuentra en el centro-sur del archipiélago. **A.** La principal colonia de *Z. wollebaeki* está ubicada en la punta noreste (recuadro negro). **B.** Bahía Santa Fe: las líneas entrecortadas señalan la distribución de los grupos reproductivos de *Z. wollebaeki*. En este sitio los machos solteros suelen estar escondidos entre la vegetación.

- Isla Lobos (0°51'25''S, 89°33'52''O)

Este islote se encuentra en la costa noroeste de la isla San Cristóbal (Mapa 4A), esta compuesto por plataformas de lava de poca altura (costa sur-este), tierra y arena (centro) y playas rocosas (costa noroeste). Es un sitio de visita de uso moderado cuya atracción principal son los lobos marinos. Su vegetación es diversa, sin embargo destaca un árbol de mangle negro (*Avicennia germinans*) en el que descansa el grupo reproductivo más grande del sitio. Se estima entre 550 y 600 individuos de *Z. wollebaeki* en este lugar (Salazar 2002a) (Mapa 4B).

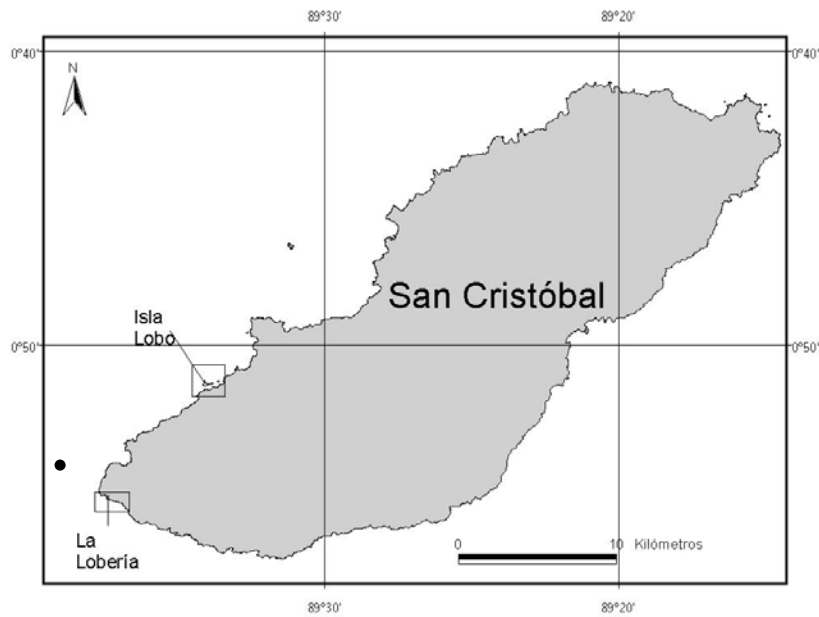
- La Lobería (0°55'41''S, 89°32'40,2''O)

Este sitio está a unos 5 km de Puerto Baquerizo Moreno, al final de la vía que conduce al aeropuerto de esta isla. La zona no está bien delimitada; sin embargo, se pueden diferenciar dos playas rocosas-arenosas y zonas extensas de rocas de lava a lo largo de la costa. Los lobos marinos se encuentran a lo largo de toda la costa, sin embargo en la segunda playa se puede encontrar el grupo reproductivo principal (>80 individuos). El tamaño poblacional estimado es de 300 animales (Salazar 2002a) (Mapa 4C).

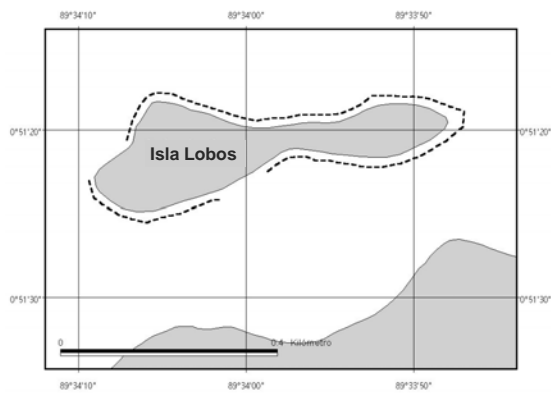
- Champion (1°14'7''S, 90°23'8''O)

En este islote de 9,5 Ha. se encuentra al norte de la isla Floreana (Mapa 5A), presenta dos grupos reproductivos en sus dos únicas playas, una de origen biogénico y otra no. En la playa de origen orgánico (en la costa sur) se halla el más numeroso. La población de *Z. wollebaeki* para este islote se estima entre 600–700 individuos (Salazar 2002a). Este islote tiene una elevación regular hacia el centro, de hasta 18 m sobre el nivel del mar y su vegetación es diversa. En este sitio sólo está permitido realizar actividades de buceo (Mapa 5B).

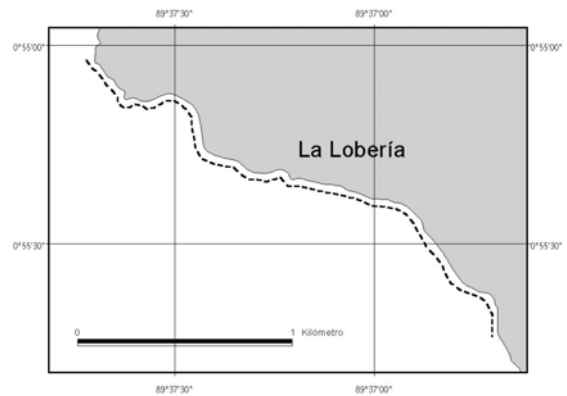
A.



B.

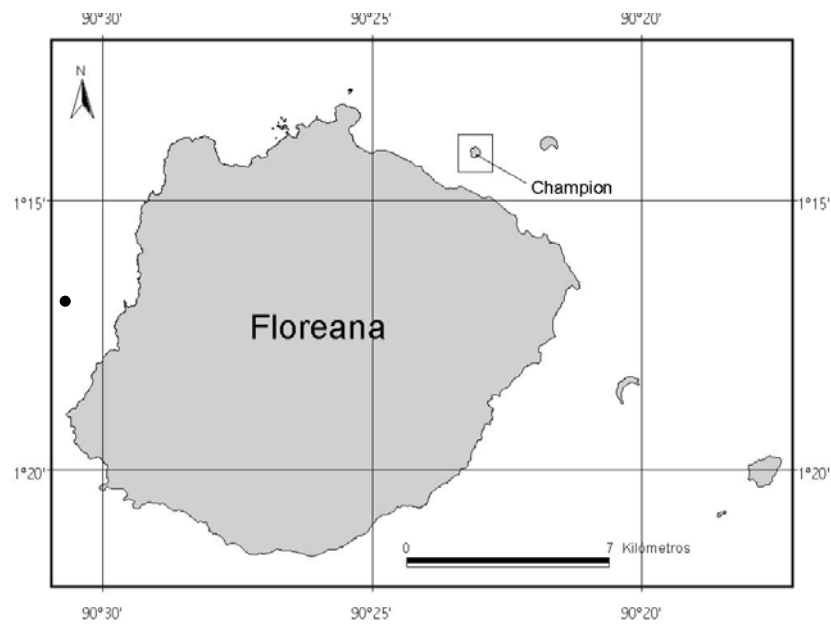


C.

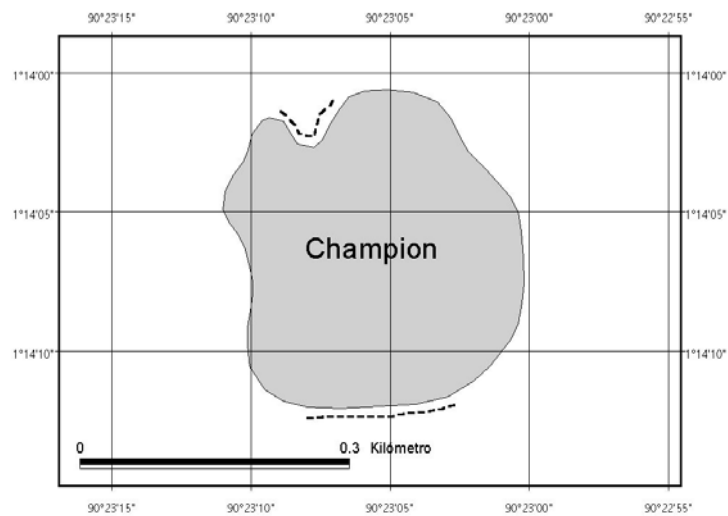


**Mapa 4.** **A.** San Cristóbal es la isla más oriental de Galápagos. El punto negro señala el asentamiento humano de Puerto Baquerizo Moreno (capital de provincia) y los recuadros negros las colonias muestreadas en este estudio. **B.** Isla Lobos, **C.** La Lobería. La línea entrecortada señala la distribución de los grupos reproductivos.

A.



B.



**Mapa 5. A.** Floreana se encuentra en el extremo sur-oeste del archipiélago. En esta isla se encuentran al menos cuatro colonias reproductivas de *Z. wollebaeki*, Champion es una de las principales (recuadro negro). El punto negro señala la población humana menos numerosa de Galápagos, Puerto Velasco Ibarra. **B.** Islote Champion: las líneas entrecortadas señalan las áreas de reproducción. En este islote no se ha encontrado un área de machos solteros.

- Punta Suárez (1°22'25,6''S, 89°44'30''O)

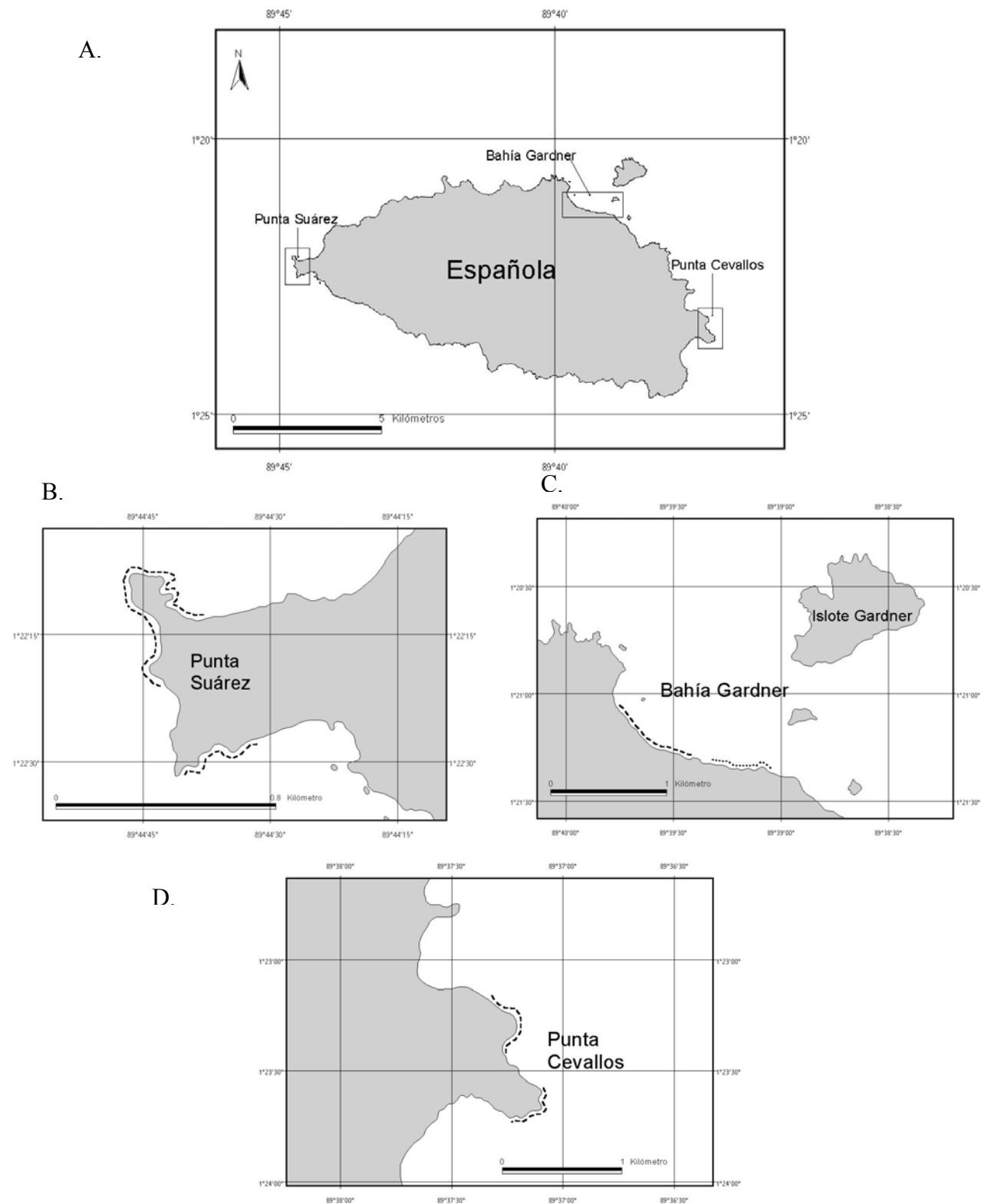
En este sitio es la principal colonia reproductiva de la isla Española (Mapa 6A) y en esta se pueden diferenciar dos playas de arena biogénica y una mixta en el lado norte del sitio. El resto del área costera (norte y oeste) está formado por rocas de lava en forma de canto rodado, la costa sur recibe oleaje fuerte por lo que su forma es irregular y se caracteriza por plataformas de lava de aprox. 30 m. de altura. La población de *Z. wollebaeki* es de 400–500 individuos (Salazar 2002a). La vegetación es diversa y las atracciones turísticas del sitio son las aves marinas y los lobos marinos (Mapa 6B).

- Bahía Gardner (1°21'2,7''S, 89°39'45''O)

Este sitio está conformado por dos playas biogénicas extensas (aprox. 3 km), tres islotes y un grupo de rocas. La playa más occidental es utilizada como sitio de visita, donde el principal atractivo son los lobos marinos. Los grupos reproductivos más numerosos en esta colonia se ubican en las dos playas y en el islote más grande (Islote Gardner). El número de animales en la colonia varía mucho; sin embargo, se estima una población entre 400 a 500 individuos (Salazar 2002a). La vegetación que rodea las playas está dominada por monte salado (Mapa 6C).

- Punta Cevallos (1°23'10,3''S, 89°37'20''O)

Este es un sitio de uso científico intensivo dado que aloja a varias especies de aves marinas en cantidades extraordinarias. La población de lobos marinos en este sitio en los últimos años no es muy numerosa (120–150 individuos, Salazar 2002a). En este sitio se encuentran dos playas (norte y noreste), zonas intermareales extensas de rocas de lava irregulares y plataformas de lava (lado este). La vegetación está compuesta principalmente por monte salado (Mapa 6D).



**Mapa 6.** A. Española se encuentra en el extremo sureste de las Galápagos. Los grupos reproductivos se señalan en recuadros negros. B. Punta Suárez, C. Bahía Gardner, D. Punta Cevallos. Las líneas entrecortadas señalan la presencia de grupos reproductivos y la línea de puntos en B indica el grupo de machos solteros.

## APÉNDICE 2

**Correlaciones del índice de importancia (IIMP) con respecto al porcentaje numérico (PN) y la ocurrencia (PO). En negrita las relaciones significativas  $\geq 80\%$**

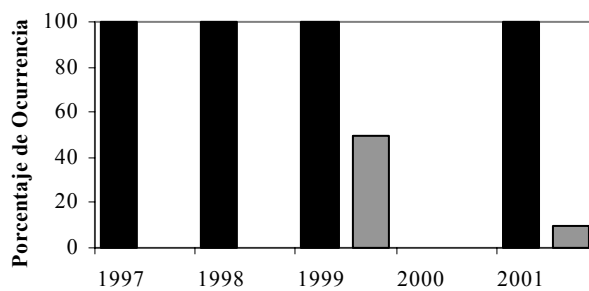
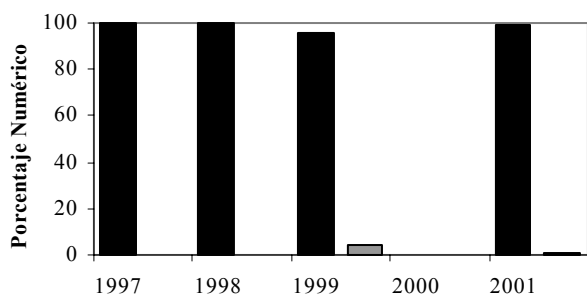
	Años	R <sup>2</sup> (IIMP vs. PN)	R <sup>2</sup> (IIMP vs. PO)
Todas las colonias	1997	<b>0.87</b>	<b>0.96</b>
	1998	0.75	<b>0.92</b>
	1999	0.48	<b>0.80</b>
	2000	<b>0.91</b>	<b>0.90</b>
	2001	0.67	0.74
Cinco colonias (5 años)	1997	<b>0.87</b>	<b>0.94</b>
	1998	0.58	<b>0.90</b>
	1999	0.56	<b>0.88</b>
	2000	<b>0.85</b>	<b>0.87</b>
	2001	0.74	0.77



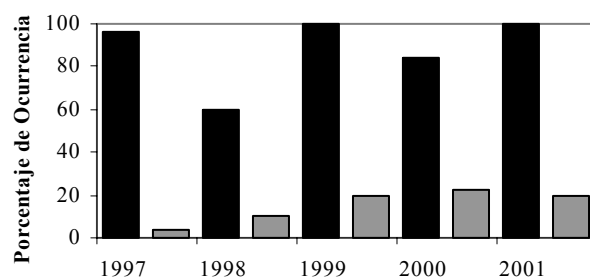
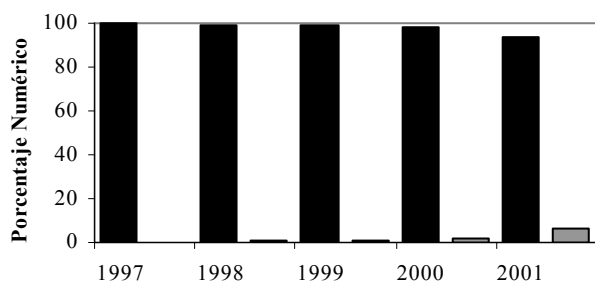
## APÉNDICE 3

**Porcentaje numérico y ocurrencia de peces (barra negra) y cefalópodos (barra gris) encontrados en las muestras de los periodos 1997–2001 en todos los sitios muestreados**

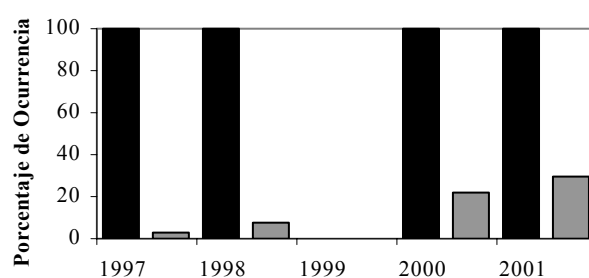
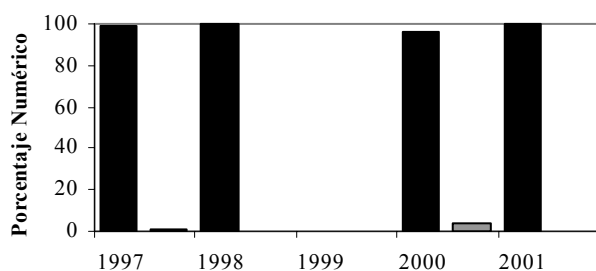
## a) Seymour Norte



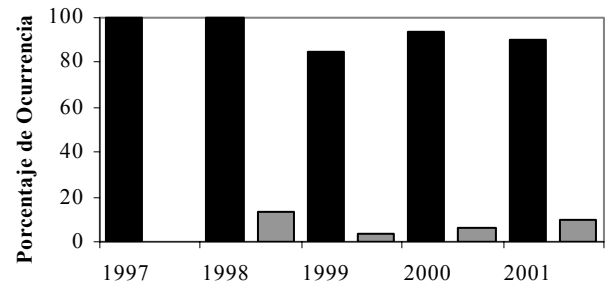
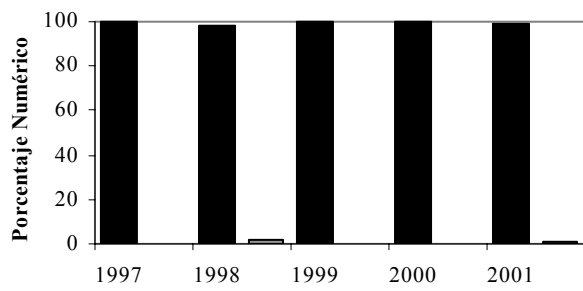
## b) Mosquera



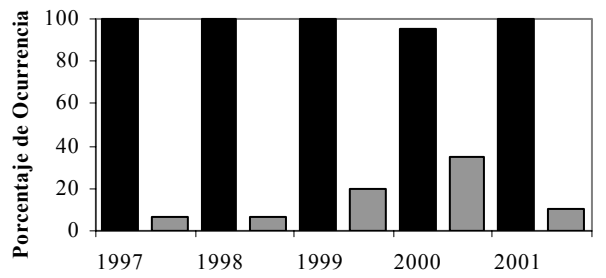
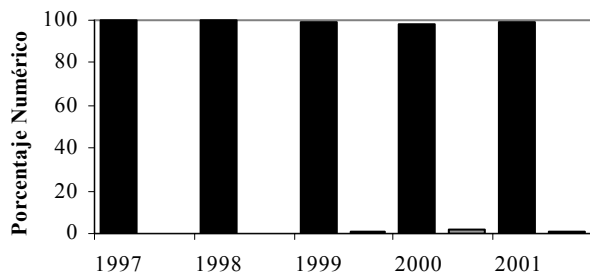
## c) Plaza Sur



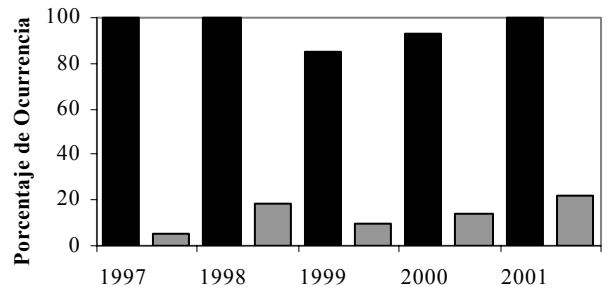
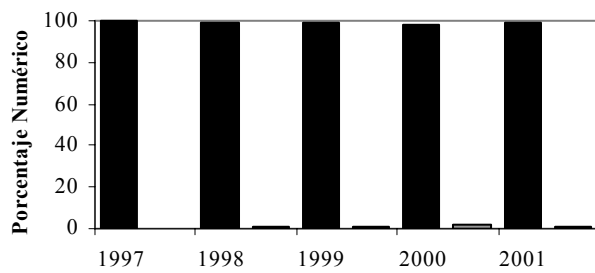
d) Caamaño



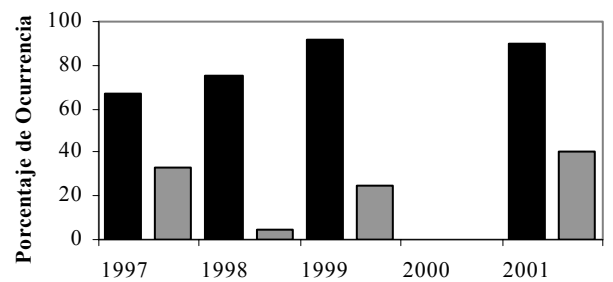
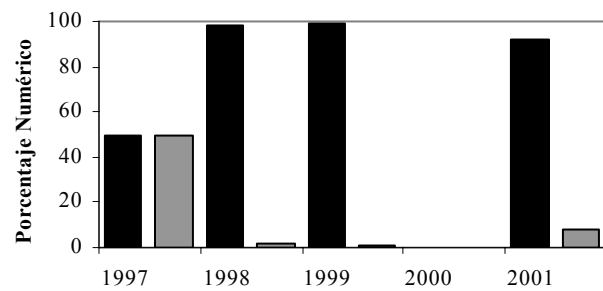
e) Bahía Santa Fe



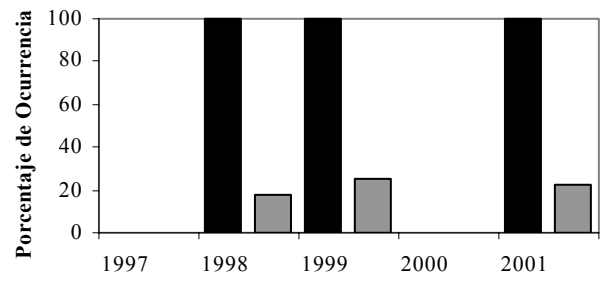
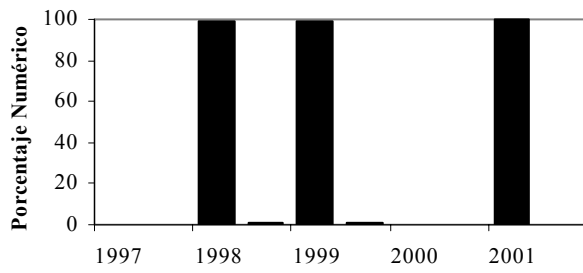
f) Isla Lobos



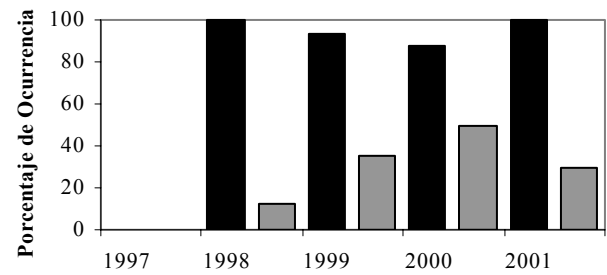
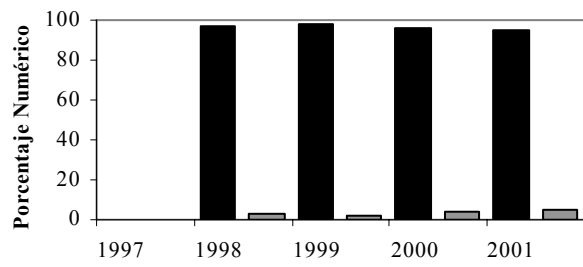
g) La Lobería



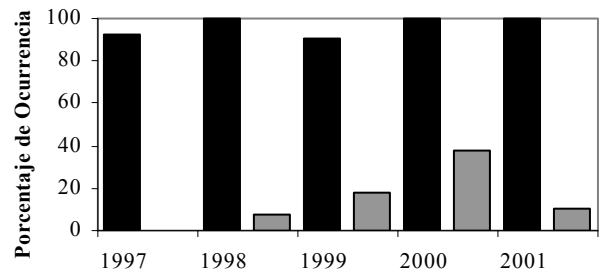
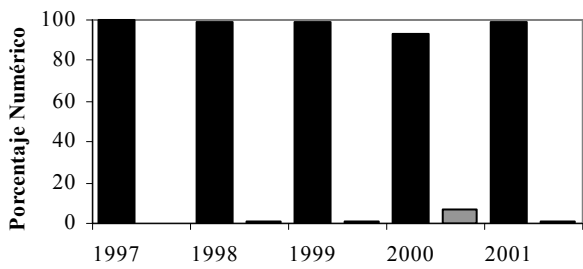
h) Champion



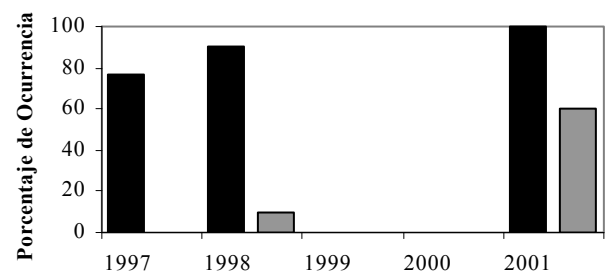
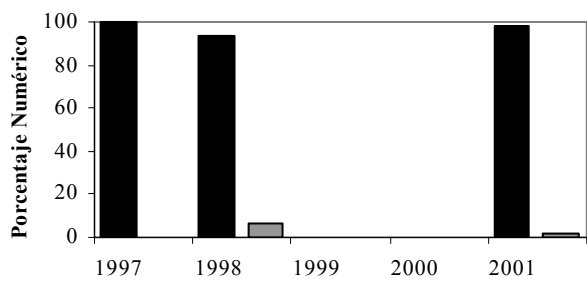
i) Punta Suárez



j) Bahía Gardner



k) Punta Cevallos

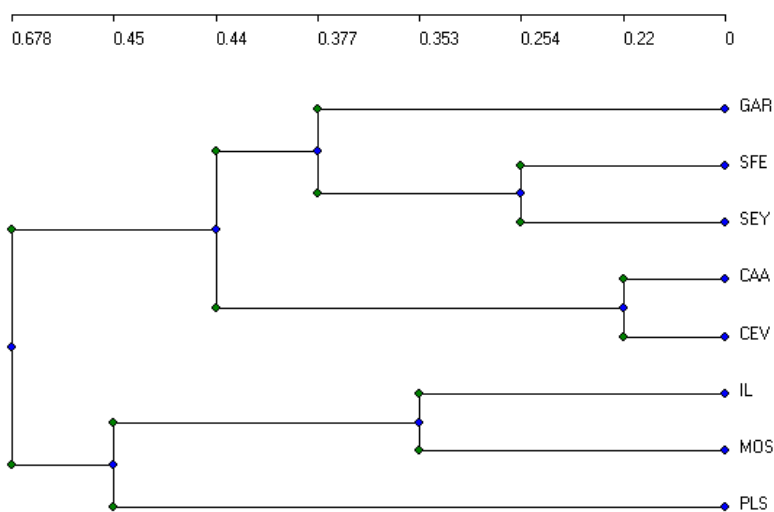


## APÉNDICE 4

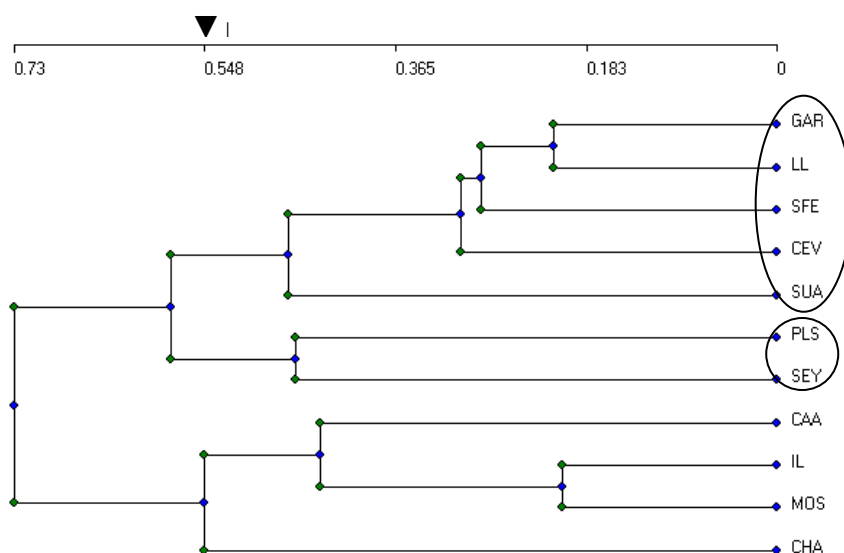
**A. Análisis de grupos (método jerárquico “complete linkage” índice de similitud de Bray-Curtis) del IIMP promedio por sitio en cada año.**

**Siglas:** Seymour Norte (SEY), Mosquera (MOS), Plaza Sur (PLS), Caamaño (CAA), Bahía Santa Fe (SFE), Isla Lobos (IL), La Lobería (LL), Champion (CHA), Punta Suarez (SUA), Bahía Gardner (GAR) y Punta Cevallos (CEV).

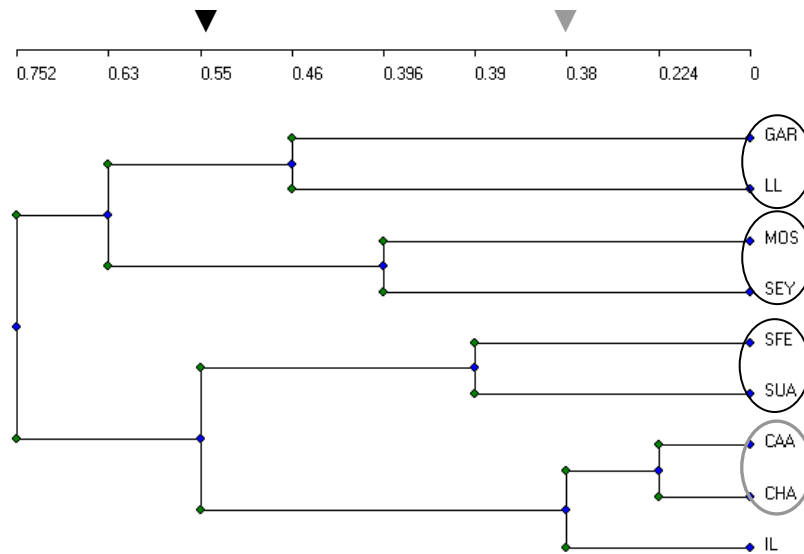
1997



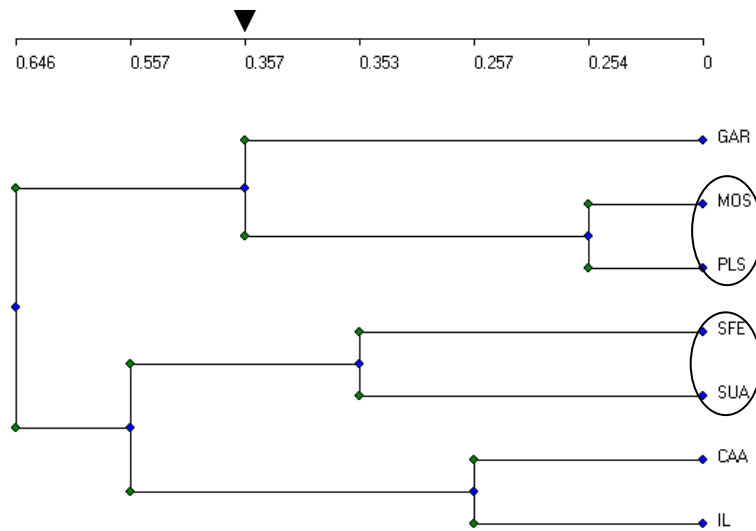
1998



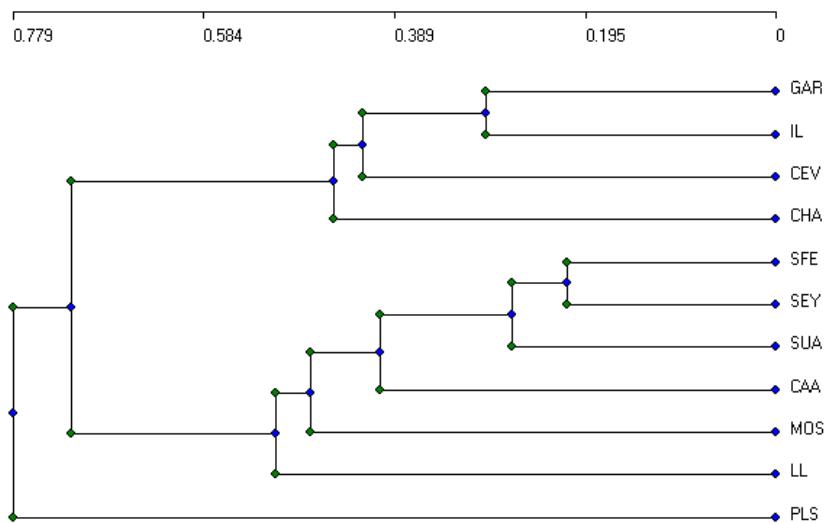
1999



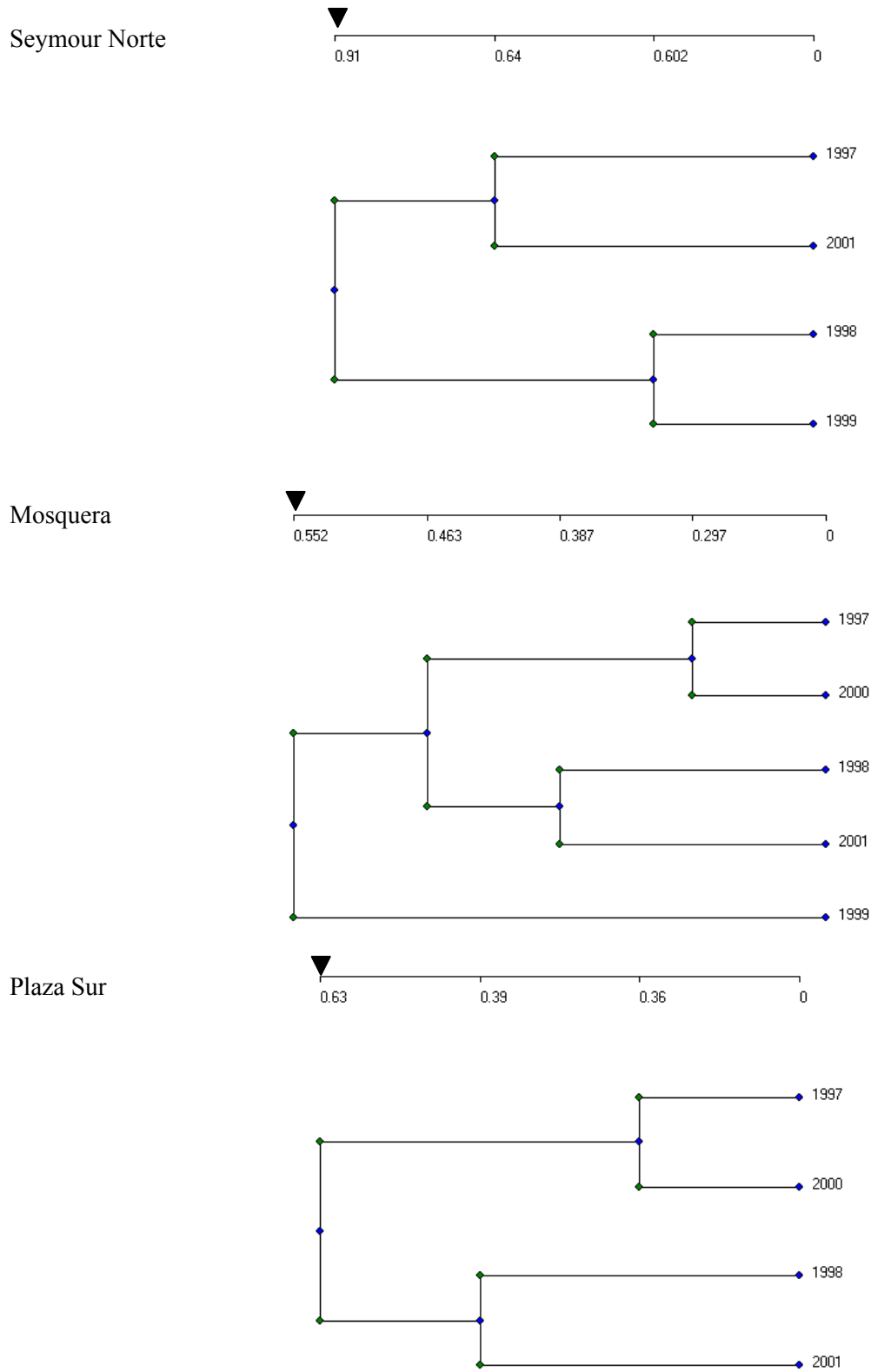
2000



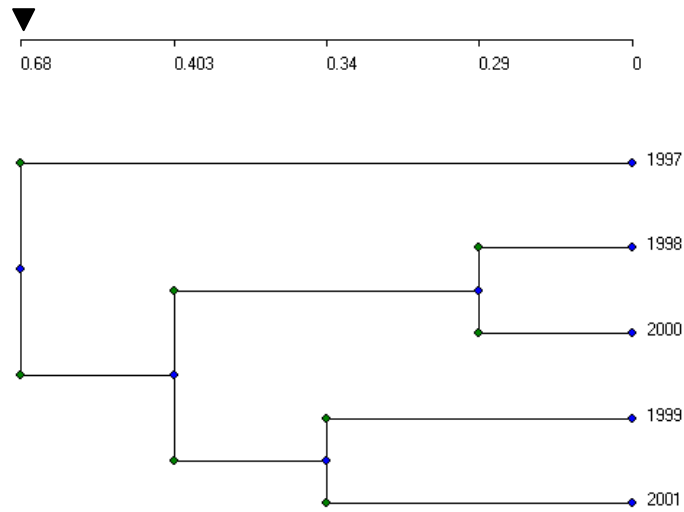
2001



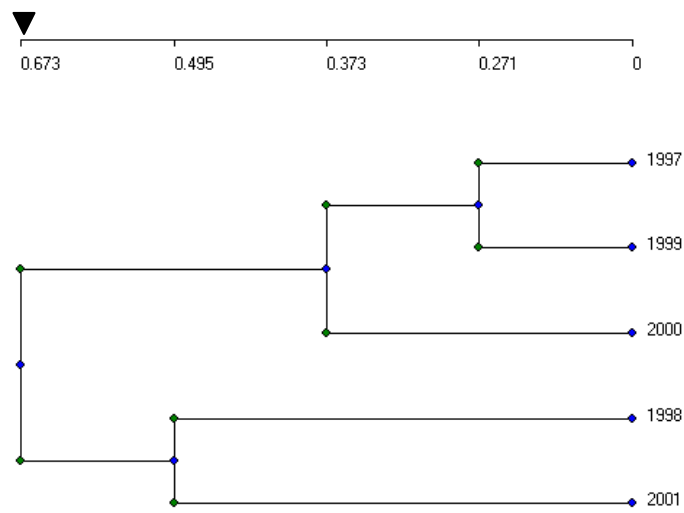
**B. Análisis de grupos (método jerárquico “complete linkage” índice de similitud de Bray-Curtis) del IIMP promedio por año en cada sitio**



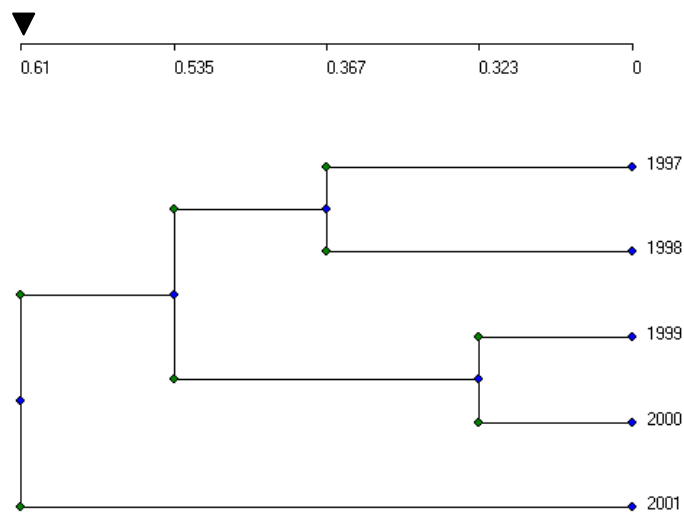
Caamaño



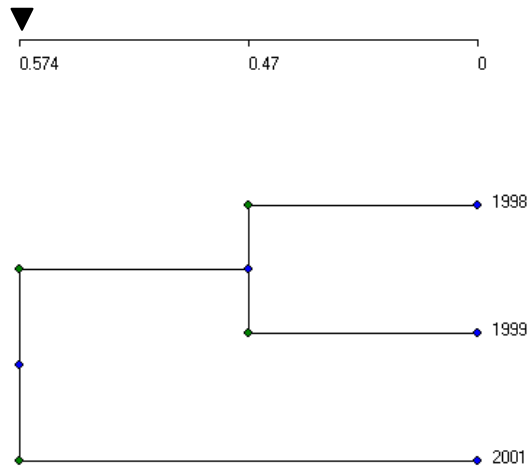
Bahía Santa Fe



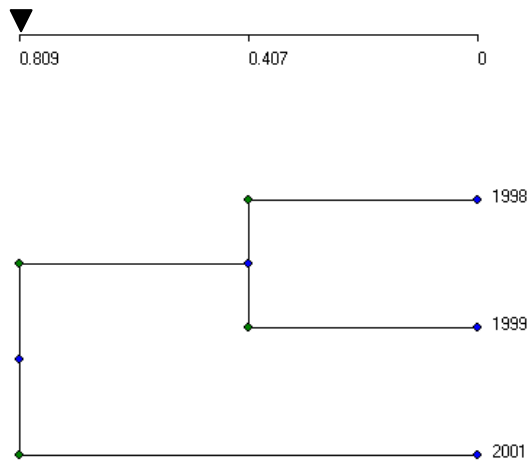
Isla Lobos



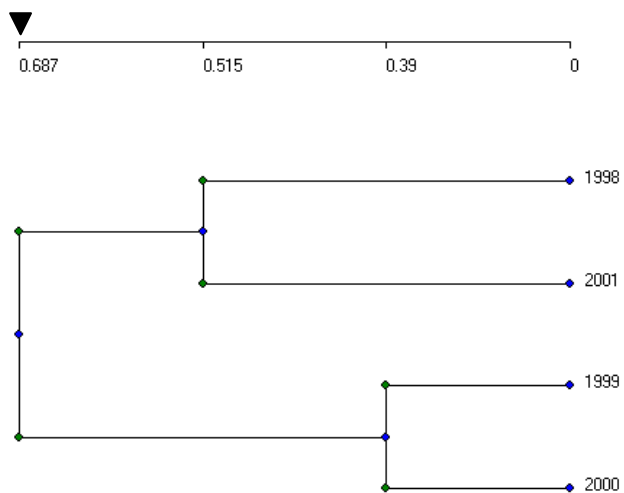
La Lobería



Champion

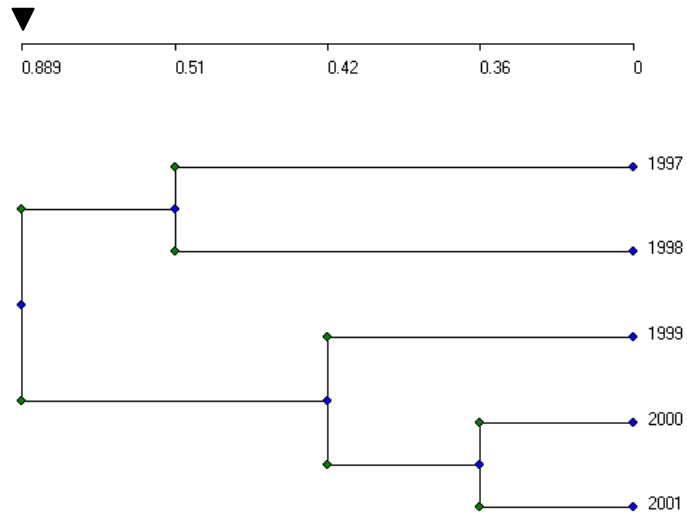


Punta Suárez

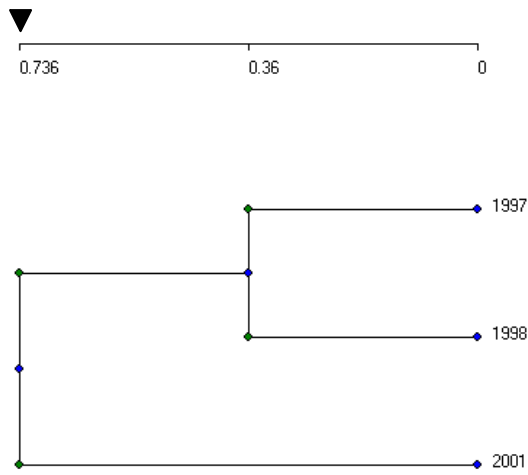




Bahía Gardner



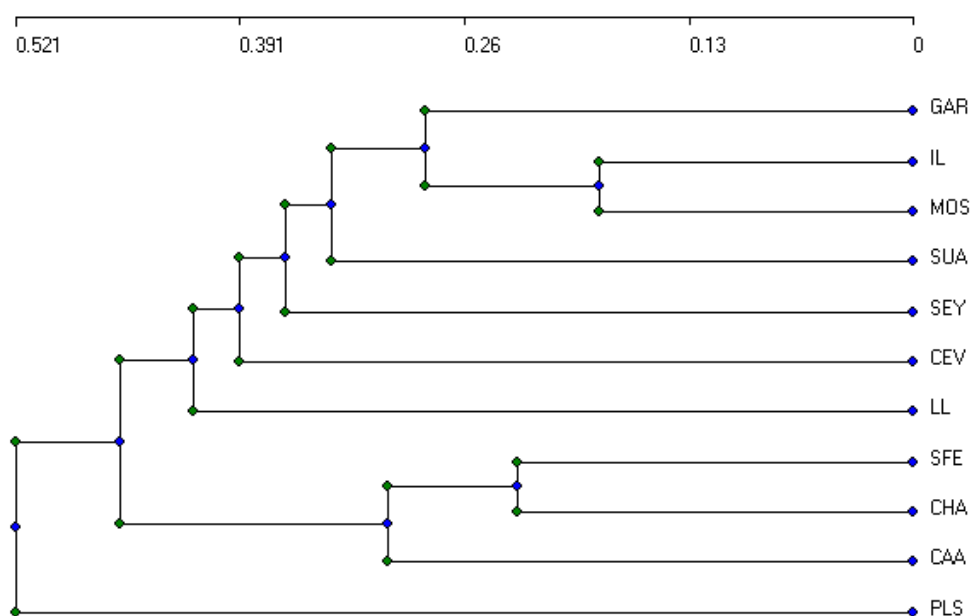
Punta Cevallos



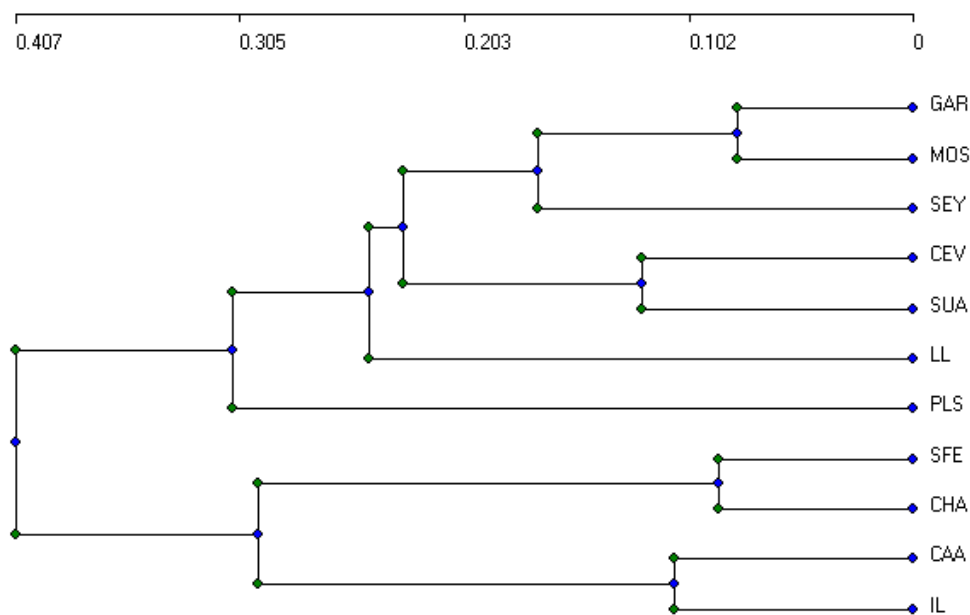
## APÉNDICE 5

**A. Análisis de grupos (método jerárquico “complete linkage” índice de similitud de Bray-Curtis) del índice de importancia (IIMP) promedio por sitios con todos los ítems identificados.**

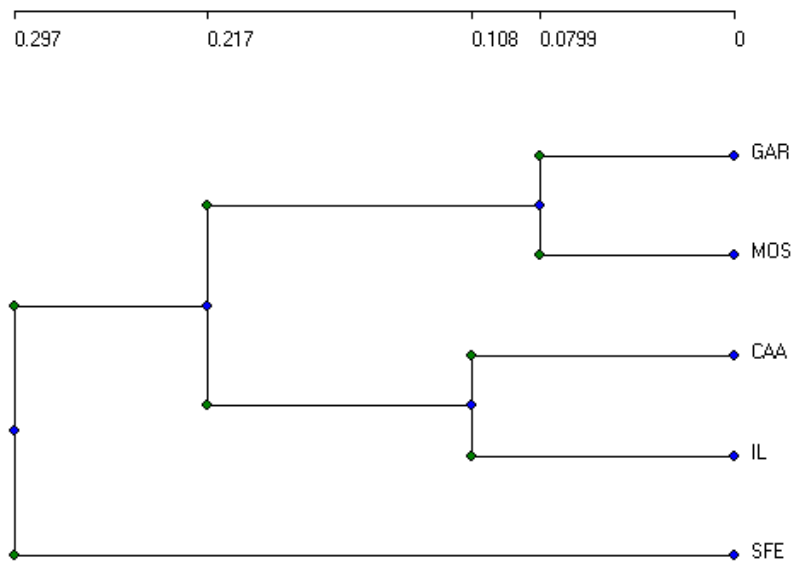
**Siglas:** Seymour Norte (SEY), Mosquera (MOS), Plaza Sur (PLS), Caamaño (CAA), Bahía Santa Fe (SFE), Isla Lobos (IL), La Lobería (LL), Champion (CHA), Punta Suarez (SUA), Bahía Gardner (GAR) y Punta Cevallos (CEV).



**B. Análisis de grupos (método jerárquico “complete linkage” índice de similitud de Bray-Curtis) del índice de importancia (IIMP) promedio por sitios con los cinco ítems más importantes.**



**C. Análisis de grupos (método jerárquico “complete linkage” índice de similitud de Bray-Curtis) del índice de importancia (IIMP) promedio de los cinco ítems importantes por los cinco sitios muestreados en años consecutivos.**



## APÉNDICE 6

**Prueba de Kruskal Wallis de los ítems identificados en las muestras recolectadas en once colonias reproductivas de *Z. wolfebaeki* en cinco años. En negritas se señalan las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), en gris los ítems principales.**

Item	Entre sitios		Entre años		Entre muestras	
	H ( 10, n= 647)	p	H ( 4, n= 647)	p	H ( 27, n= 647)	p
Bathylagidae	5.059	0.887	16.461	<b>0.003</b>	21.392	0.768
Belonidae	45.997	<b>0.000</b>	10.957	<b>0.027</b>	12.084	0.994
Bothiidae	46.072	<b>0.000</b>	33.075	<b>0.000</b>	13.202	0.988
Branchiostegidae	9.225	0.511	3.853	0.426	33.019	0.197
Carangidae	13.922	0.177	3.438	0.487	18.330	0.893
Centropomidae	7.063	0.720	2.762	0.598	20.985	0.787
Chanidae	12.972	0.225	3.910	0.418	26.950	0.467
Chlorophthalmidae	17.032	0.074	12.463	<b>0.014</b>	46.796	<b>0.010</b>
Clupeidae	40.041	<b>0.000</b>	25.949	<b>0.000</b>	38.356	0.072
E1	11.035	0.355	9.779	<b>0.044</b>	19.792	0.839
Engraulidae	19.871	<b>0.031</b>	5.470	0.242	14.047	0.981
Exocoetidae	12.126	0.277	11.008	<b>0.027</b>	19.840	0.837
Normanichthyidae	7.782	0.650	5.298	0.258	21.398	0.767
Gerreidae	6.299	0.790	3.655	0.455	20.088	0.827
Haemulidae	6.501	0.772	20.268	<b>0.000</b>	29.956	0.316
Kyphosidae	15.920	0.102	5.016	0.286	13.856	0.983
Labridae	6.523	0.770	2.921	0.571	52.917	<b>0.002</b>
Merluciidae	22.963	<b>0.011</b>	5.470	0.242	13.065	0.989
Mugilidae	26.356	<b>0.003</b>	35.165	<b>0.000</b>	24.816	0.585
Muraenidae	22.963	<b>0.011</b>	5.470	0.242	13.065	0.989
Myctophidae	28.403	<b>0.002</b>	30.046	<b>0.000</b>	28.483	0.386
Pomacentridae	7.578	0.670	32.435	<b>0.000</b>	28.251	0.398
Scaridae	17.780	0.059	38.728	<b>0.000</b>	25.361	0.554
Sciaenidae	18.605	<b>0.046</b>	5.822	0.213	19.105	0.866
Scombridae	18.881	<b>0.042</b>	20.382	<b>0.000</b>	18.270	0.895
Scorpaenidae	14.789	0.140	4.181	0.382	13.463	0.986
Serranidae	17.707	0.060	36.697	<b>0.000</b>	27.612	0.431
Sparidae	12.582	0.248	10.212	<b>0.037</b>	27.857	0.418
Sternoptychidae	9.966	0.444	5.470	0.242	13.065	0.989
W2	30.581	<b>0.001</b>	25.568	<b>0.000</b>	18.156	0.899
X2	8.160	0.613	8.791	0.067	33.439	0.183
y2	6.523	0.770	2.921	0.571	14.047	0.981
y3	16.161	0.095	4.534	0.339	29.815	0.323
Z2	45.962	<b>0.000</b>	8.809	0.066	23.954	0.633

## APÉNDICE 7

**A. Correlación de Spearman entre ítems recuperados en diferentes años en cada uno de los sitios de muestreo.**

## Seymour Norte

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet22)				
MD pairw ise deleted				
Marked correlations are significant at p <.05000				
Variable	IIMP_SEY97	IIMP_SEY98	IIMP_SEY99	IIMP_SEY01
IIMP_SEY97	1.000000	-0.177964	0.246616	0.138502
IIMP_SEY98	-0.177964	1.000000	0.090959	-0.068745
IIMP_SEY99	0.246616	0.090959	1.000000	0.538018
IIMP_SEY01	0.138502	-0.068745	0.538018	1.000000

## Mosquera

Spearman Rank Order Correlations (Mosquera)					
MD pairw ise deleted					
Marked correlations are significant at p <.05000					
Variable	IIMP_MOS97	IIMP_MOS98	IIMP_MOS99	IIMP_MOS00	IIMP_MOS01
IIMP_MOS97	1.000000	0.421853	0.514312	0.564424	0.453365
IIMP_MOS98	0.421853	1.000000	0.316502	0.508239	0.314166
IIMP_MOS99	0.514312	0.316502	1.000000	0.809005	0.377875
IIMP_MOS00	0.564424	0.508239	0.809005	1.000000	0.563204
IIMP_MOS01	0.453365	0.314166	0.377875	0.563204	1.000000

## Plaza Sur

Spearman Rank Order Correlations (PlazaSur)				
MD pairw ise deleted				
Marked correlations are significant at p <.05000				
Variable	IIMP_PLS97	IIMP_PLS98	IIMP_PL00	IIMP_PL01
IIMP_PLS97	1.000000	0.207671	0.699196	0.344172
IIMP_PLS98	0.207671	1.000000	0.506502	0.328270
IIMP_PL00	0.699196	0.506502	1.000000	0.511246
IIMP_PL01	0.344172	0.328270	0.511246	1.000000

## Caamaño

Spearman Rank Order Correlations (Caamano in Caamano)					
MD pairw ise deleted					
Marked correlations are significant at p <.05000					
Variable	IIMP_CAA97	IIMP_CAA98	IIMP_CAA99	IIMP_CAA00	IIMP_CAA01
IIMP_CAA97	1.000000	0.000000	0.051027	-0.010516	-0.172073
IIMP_CAA98	0.000000	1.000000	0.666270	0.607330	0.614970
IIMP_CAA99	0.051027	0.666270	1.000000	0.367835	0.462192
IIMP_CAA00	-0.010516	0.607330	0.367835	1.000000	0.556208
IIMP_CAA01	-0.172073	0.614970	0.462192	0.556208	1.000000

## Bahía Santa Fe

Spearman Rank Order Correlations (SantaFe)					
MD pairwise deleted					
Marked correlations are significant at $p < .05000$					
Variable	IIMP_Sfe97	IIMP_Sfe98	IIMP_Sfe99	IIMP_Sfe00	IIMP_Sfe01
IIMP_Sfe97	1.000000	0.496534	0.189891	0.343896	0.022533
IIMP_Sfe98	0.496534	1.000000	0.202985	0.394479	0.261961
IIMP_Sfe99	0.189891	0.202985	1.000000	0.418773	0.489133
IIMP_Sfe00	0.343896	0.394479	0.418773	1.000000	0.578592
IIMP_Sfe01	0.022533	0.261961	0.489133	0.578592	1.000000

## Isla Lobos

Spearman Rank Order Correlations (IslaLobo)					
MD pairwise deleted					
Marked correlations are significant at $p < .05000$					
Variable	IIMP_IL97	IIMP_IL98	IIMP_IL99	IIMP_IL00	IIMP_IL01
IIMP_IL97	1.000000	0.260870	0.568235	0.243694	0.129784
IIMP_IL98	0.260870	1.000000	0.711615	0.653931	0.318298
IIMP_IL99	0.568235	0.711615	1.000000	0.670658	0.551181
IIMP_IL00	0.243694	0.653931	0.670658	1.000000	0.322396
IIMP_IL01	0.129784	0.318298	0.551181	0.322396	1.000000

## La Lobería

Spearman Rank Order Correlations (Loberia)				
MD pairwise deleted				
Marked correlations are significant at $p < .05000$				
Variable	IIMP_LL98	IIMP_LL99	IIMP_LL01	
IIMP_LL98	1.000000	0.413641	0.075641	
IIMP_LL99	0.413641	1.000000	0.195614	
IIMP_LL01	0.075641	0.195614	1.000000	

## Champion

Spearman Rank Order Correlations (Champion)				
MD pairwise deleted				
Marked correlations are significant at $p < .05000$				
Variable	IIMP_CHA98	IIMP_CHA99	IIMP_CHA01	
IIMP_CHA98	1.000000	0.521734	-0.260649	
IIMP_CHA99	0.521734	1.000000	0.315127	
IIMP_CHA01	-0.260649	0.315127	1.000000	

## Punta Suárez

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet11)				
MD pairwise deleted				
Marked correlations are significant at $p < .05000$				
Variable	IIMP_SUA98	IIMP_SUA99	IIMP_SUA00	IIMP_SUA01
IIMP_SUA98	1.000000	0.343018	0.412505	0.269046
IIMP_SUA99	0.343018	1.000000	0.609388	0.045446
IIMP_SUA00	0.412505	0.609388	1.000000	0.458107
IIMP_SUA01	0.269046	0.045446	0.458107	1.000000

## Bahía Gardner

Spearman Rank Order Correlations (Gardner)					
MD pairwise deleted					
Marked correlations are significant at $p < .05000$					
Variable	IIMP_GAR97	IIMP_GAR98	IIMP_GAR99	IIMP_GAR00	IIMP_GAR01
IIMP_GAR97	1.000000	0.571355	0.122034	0.229571	-0.297972
IIMP_GAR98	0.571355	1.000000	0.419636	0.157108	-0.190473
IIMP_GAR99	0.122034	0.419636	1.000000	0.571950	0.411623
IIMP_GAR00	0.229571	0.157108	0.571950	1.000000	0.501717
IIMP_GAR01	-0.297972	-0.190473	0.411623	0.501717	1.000000

## Punta Cevallos

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet99)			
MD pairwise deleted			
Marked correlations are significant at $p < .05000$			
Variable	IIMP_CEV97	IIMP_CEV98	IIMP_CEV01
IIMP_CEV97	1.000000	0.558455	0.115102
IIMP_CEV98	0.558455	1.000000	0.042496
IIMP_CEV01	0.115102	0.042496	1.000000

## B. Correlación de Spearman entre ítems recuperados en los diferentes sitios en cada año de muestreo.

1997

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet2)								
MD pairwise deleted								
Marked correlations are significant at $p < .05000$								
Variable	IIMP_SEY	IIMP_MOS	IIMP_PLS	IIMP_CAA	IIMP_SFE	IIMP_IL	IIMP_GAR	IIMP_CEV
IIMP_SEY	1.000000	0.063171	0.380548	0.207507	0.163553	0.320693	0.389483	0.333092
IIMP_MOS	0.063171	1.000000	0.709089	0.402243	0.269511	0.359510	0.355907	0.633088
IIMP_PLS	0.380548	0.709089	1.000000	0.186520	0.313561	0.295087	0.463489	0.585832
IIMP_CAA	0.207507	0.402243	0.186520	1.000000	0.104420	0.398183	0.058309	0.642898
IIMP_SFE	0.163553	0.269511	0.313561	0.104420	1.000000	0.357450	0.536658	0.431221
IIMP_IL	0.320693	0.359510	0.295087	0.398183	0.357450	1.000000	0.489192	0.734460
IIMP_GAR	0.389483	0.355907	0.463489	0.058309	0.536658	0.489192	1.000000	0.407755
IIMP_CEV	0.333092	0.633088	0.585832	0.642898	0.431221	0.734460	0.407755	1.000000

1998

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet5)											
MD pairwise deleted											
Marked correlations are significant at $p < .05000$											
Variable	IIMP_SEY	IIMP_MOS	IIMP_PLS	IIMP_CAA	IIMP_SFE	IIMP_IL	IIMP_LL	IIMP_CHA	IIMP_SUA	IIMP_GAR	IIMP_CEV
IIMP_SEY	1.000000	0.272952	0.322833	0.365430	0.528273	0.330711	0.491505	0.276832	0.190144	0.269263	0.467946
IIMP_MOS	0.272952	1.000000	0.422454	0.617075	0.433111	0.710935	0.629414	0.477129	0.494239	0.507152	0.449590
IIMP_PLS	0.322833	0.422454	1.000000	0.724361	0.149356	0.256753	0.212710	0.352541	0.195633	0.273202	0.116820
IIMP_CAA	0.365430	0.617075	0.724361	1.000000	0.382026	0.563238	0.519468	0.634059	0.377757	0.481942	0.224165
IIMP_SFE	0.528273	0.433111	0.149356	0.382026	1.000000	0.560334	0.638131	0.561596	0.615838	0.624801	0.595736
IIMP_IL	0.330711	0.710935	0.256753	0.563238	0.560334	1.000000	0.606604	0.487170	0.448734	0.401003	0.493669
IIMP_LL	0.491505	0.629414	0.212710	0.519468	0.638131	0.606604	1.000000	0.698071	0.673347	0.662391	0.786398
IIMP_CHA	0.276832	0.477129	0.352541	0.634059	0.561596	0.487170	0.698071	1.000000	0.630546	0.591423	0.412003
IIMP_SUA	0.190144	0.494239	0.195633	0.377757	0.615838	0.448734	0.673347	0.630546	1.000000	0.796397	0.443433
IIMP_GAR	0.269263	0.507152	0.273202	0.481942	0.624801	0.401003	0.662391	0.591423	0.796397	1.000000	0.690791
IIMP_CEV	0.467946	0.449590	0.116820	0.224165	0.595736	0.493669	0.786398	0.412003	0.443433	0.690791	1.000000

1999

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet8)									
MD pairwise deleted									
Marked correlations are significant at $p < .05000$									
Variable	IIMP_SEY	IIMP_MOS	IIMP_CAA	IIMP_SFE	IIMP_IL	IIMP_LL	IIMP_CHA	IIMP_SUA	IIMP_GAR
IIMP_SEY	1.000000	0.631909	0.416276	0.409308	0.590044	0.339610	0.360911	0.306122	0.302264
IIMP_MOS	0.631909	1.000000	0.545556	0.514831	0.623045	0.251610	0.413072	0.426081	0.412731
IIMP_CAA	0.416276	0.545556	1.000000	0.302971	0.596493	0.409623	0.610856	0.228560	0.389110
IIMP_SFE	0.409308	0.514831	0.302971	1.000000	0.411936	0.585943	0.403480	0.516563	0.301858
IIMP_IL	0.590044	0.623045	0.596493	0.411936	1.000000	0.425171	0.726489	0.490696	0.576873
IIMP_LL	0.339610	0.251610	0.409623	0.585943	0.425171	1.000000	0.334266	0.609411	0.408202
IIMP_CHA	0.360911	0.413072	0.610856	0.403480	0.726489	0.334266	1.000000	0.195428	0.567151
IIMP_SUA	0.306122	0.426081	0.228560	0.516563	0.490696	0.609411	0.195428	1.000000	0.307345
IIMP_GAR	0.302264	0.412731	0.389110	0.301858	0.576873	0.408202	0.567151	0.307345	1.000000

2000

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet11)							
MD pairwise deleted							
Marked correlations are significant at $p < .05000$							
Variable	IIMP_MOS	IIMP_PLS	IIMP_CAA	IIMP_SFE	IIMP_IL	IIMP_SUA	IIMP_GAR
IIMP_MOS	1.000000	0.732059	0.411121	0.515057	0.671143	0.582879	0.764990
IIMP_PLS	0.732059	1.000000	0.364159	0.810999	0.866375	0.641179	0.806766
IIMP_CAA	0.411121	0.364159	1.000000	0.243620	0.415515	0.428749	0.262531
IIMP_SFE	0.515057	0.810999	0.243620	1.000000	0.903335	0.568799	0.479008
IIMP_IL	0.671143	0.866375	0.415515	0.903335	1.000000	0.642347	0.631335
IIMP_SUA	0.582879	0.641179	0.428749	0.568799	0.642347	1.000000	0.679540
IIMP_GAR	0.764990	0.806766	0.262531	0.479008	0.631335	0.679540	1.000000

2001

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet14)											
MD pairwise deleted											
Marked correlations are significant at $p < .05000$											
Variable	IIMP_SEY	IIMP_MOS	IIMP_PLS	IIMP_CAA	IIMP_SFE	IIMP_IL	IIMP_LL	IIMP_CHA	IIMP_SUA	IIMP_GAR	IIMP_CEV
IIMP_SEY	1.000000	0.671165	0.605368	0.644352	0.692602	0.650420	0.604974	0.537009	0.518183	0.578138	0.513022
IIMP_MOS	0.671165	1.000000	0.584101	0.444951	0.738739	0.669219	0.589006	0.456988	0.721777	0.471573	0.408452
IIMP_PLS	0.605368	0.584101	1.000000	0.385364	0.440325	0.548581	0.377455	0.318146	0.281290	0.341439	0.269663
IIMP_CAA	0.644352	0.444951	0.385364	1.000000	0.656775	0.373018	0.695090	0.409683	0.469445	0.297878	0.353798
IIMP_SFE	0.692602	0.738739	0.440325	0.656775	1.000000	0.383507	0.602815	0.446882	0.823457	0.332421	0.445056
IIMP_IL	0.650420	0.669219	0.548581	0.373018	0.383507	1.000000	0.568958	0.594955	0.418614	0.766568	0.577328
IIMP_LL	0.604974	0.589006	0.377455	0.695090	0.602815	0.568958	1.000000	0.483461	0.565516	0.447855	0.550810
IIMP_CHA	0.537009	0.456988	0.318146	0.409683	0.446882	0.594955	0.483461	1.000000	0.292126	0.633655	0.361673
IIMP_SUA	0.518183	0.721777	0.281290	0.469445	0.823457	0.418614	0.565516	0.292126	1.000000	0.317391	0.400998
IIMP_GAR	0.578138	0.471573	0.341439	0.297878	0.332421	0.766568	0.447855	0.633655	0.317391	1.000000	0.582607
IIMP_CEV	0.513022	0.408452	0.269663	0.353798	0.445056	0.577328	0.550810	0.361673	0.400998	0.582607	1.000000



## APÉNDICE 8

## Densidad ecológica de las 11 colonias muestreadas durante cinco años (1997–2001)

<b>MAX TOTAL</b>	<b>Area Min m2</b>	<b>MaxTot 1997</b>	<b>1997 (No. nd/m2)</b>	<b>MaxTot 1998</b>	<b>1998 (No.ind/m2)</b>	<b>MaxTot 1999</b>	<b>1999 (No.ind/m2)</b>	<b>MaxTot 2000</b>	<b>2000 (No.ind/m2)</b>	<b>Max Tot 2001</b>	<b>2001 (No.ind /m2)</b>
Bahía Gardner	26496.46	313	0.01	147	0.01	153	0.01	207	0.01	315	0.01
Caamaño	25567.51	474	0.02	211	0.01	288	0.01	286	0.01	354	0.01
Champion	3809.39	286	0.08	175	0.05	204	0.05	279	0.07	303	0.08
Bahía Santa Fe	34411.80	203	0.01	183	0.01	264	0.01	291	0.01	259	0.01
Isla Lobos	25641.77	330	0.01	90	0.00	213	0.01	361	0.01	282	0.01
La Loberia	21660.18	201	0.01	35	0.00	89	0.00	311	0.01	164	0.01
Malecón	38451.81		0.00	75	0.00	200	0.01	99	0.00	258	0.01
Mosquera	8055.63	1691	0.21	1553	0.19	409	0.05	657	0.08	564	0.07
Plaza Sur	35029.30	827	0.02	685	0.02	303	0.01	542	0.02	618	0.02
Punta Cevallos	9830.81	51	0.01	6	0.00	59	0.01	55	0.01	60	0.01
Punta Suárez	35552.25		0.00	179	0.01	209	0.01	225	0.01	169	0.00
Seymour Norte	16896.70	310	0.02	86	0.01	16	0.00	123	0.01	121	0.01