

TESIS DEFENDIDA POR
Francisco Javier López Rasgado
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

Dra. Sharon Zinah Herzka Llona
Director del Comité

Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Miembro del Comité

Dr. Juan Pablo Lazo Corvera
Miembro del Comité

Dr. Benjamín Barón Sevilla
Miembro del Comité

Dr. Juan Carlos Herguera García
*Coordinador del programa de
posgrado en Ecología marina*

Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla
Director de Estudios de Posgrado

28 de Agosto de 2005

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN ECOLOGÍA MARINA**

**EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DE CRIANZA ESTUARINO DE JUVENILES DE
LENGUADO DE CALIFORNIA (*Paralichthys californicus*) CON BASE EN EL
CRECIMIENTO Y LA ABUNDANCIA RELATIVA**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

FRANCISCO JAVIER LÓPEZ RASGADO

Ensenada, Baja California, México, Agosto de 2006.

RESUMEN de la tesis de **FRANCISCO JAVIER LÓPEZ RASGADO**, presentado como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en ECOLOGÍA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Agosto de 2006.

“EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DE CRIANZA ESTUARINO DE JUVENILES DEL LENGUADO DE CALIFORNIA (*Paralichthys californicus*) CON BASE EN EL CRECIMIENTO Y LA ABUNDANCIA RELATIVA

Resumen aprobado por:

Dra. Sharon Zinah Herzka LLona
Director de Tesis.

Este estudio evaluó la calidad del hábitat de crianza del Estero de Punta Banda, Baja California, México para juveniles del lenguado de California (*Paralichthys californicus*). La calidad del hábitat de crianza se evaluó utilizando como indicadores la abundancia relativa y el crecimiento. La abundancia relativa y el crecimiento de peces capturados en el medio natural y mantenidos en jaulas en tres zonas del sistema (boca, central e interna) fueron evaluados durante un año. Así mismo, se evaluó la relación entre los parámetros abióticos y la abundancia relativa, así como la relación entre la temperatura y el crecimiento somático y de los otolitos. La abundancia relativa varió entre 0.36 a 10.63 ind/1000 m⁻² durante el transcurso del año. La sección interna del estero generalmente tuvo las abundancias relativas más altas. Un análisis de varianza indicó que la abundancia relativa varió significativamente a través del tiempo y entre zonas. La mayor abundancia relativa ocurrió en invierno (noviembre a febrero), y hubo un segundo pico durante la primavera y principios de verano (abril a junio). Individuos pequeños (<100 mm longitud estándar, LE) fueron capturados en todas las zonas, lo cual sugiere que todo el sistema sirve como hábitat de crianza para los reclutas estuarinos. Aunque los individuos más pequeños a los 200 mm LE fueron los más abundantes (87% del total), también fueron capturados adultos en todas las zonas del sistema. Análisis de la relación entre la abundancia relativa y los factores abióticos a través de un modelo de regresión múltiple indicó que la temperatura, la salinidad y la profundidad estuvieron relacionadas significativamente con la abundancia. No hubo relación con el oxígeno disuelto. Las tasas de crecimiento recientes (últimos 14 días) medidas a través del análisis del ancho de anillos diarios en los otolitos fueron aproximadamente seis veces más altas en los juveniles capturados en el medio natural en comparación con las de individuos mantenidos en jaulas. Esto se atribuyó a diferencias sustanciales en los niveles de llenado estomacal de los peces, aquellos mantenidos en jaulas exhibieron estómagos generalmente vacíos, mientras que los del medio natural tenían alimento. En consecuencia, para evaluar la calidad del hábitat de crianza, sólo se tomaron en cuenta las tasas de crecimiento de los peces capturados en el medio natural. Las tasas de crecimiento promedio de los peces de poblaciones naturales a través del tiempo fueron de 86.57, 81.24 y 84.88 $\mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$ para la parte de la boca, media e

interna del estero, respectivamente. Un análisis de varianza indicó que hubo una interacción significativa entre la zona y los meses de estudio. No hubo una relación significativa entre las tasas de crecimiento recientes y las temperaturas promedio del agua, probablemente debido a que se presentaron temperaturas por encima del óptimo para el crecimiento de esta especie. Aunque la calidad del hábitat de crianza estuarino varió a través del tiempo y entre zonas, el sistema sustenta alto crecimiento y abundancias de individuos pequeños, lo cual indica que todo el Estero de Punta Banda funge como hábitat de crianza para esta especie.

Palabras clave: *Paralichthys californicus*, hábitat de crianza, estuarios, otolitos, crecimiento.

ABSTRACT of the thesis presented by **FRANCISCO JAVIER LOPEZ RASGADO**, as a partial requirement to obtain the MASTER OF SCIENCE degree in MARINE ECOLOGY. Ensenada, Baja California, México. Agosto de 2006.

“EVALUATION OF THE QUALITY OF NURSERY HABITAT FOR JUVENILE CALIFORNIA HALIBUT (*Paralichthys californicus*) BASED ON GROWTH AND RELATIVE ABUNDANCE”

In this study, I evaluated the quality of nursery habitat of the Estero de Punta Banda, Baja California, México, for juvenile California halibut (*Paralichthys californicus*). Recent growth rates and relative abundance were used as proxies of the quality of nursery habitat available in different sections of the estuary. The relative abundance and recent growth rates of wild-caught juveniles and caged individuals were evaluated in the mouth, central and internal sections of the estuary during the course of one year (October 2004-October 2005). In addition, I evaluated the relationship between abiotic parameters and relative abundance, as well as average temperatures and otolith and somatic growth rates. Relative abundance ranged between 0.36 a 10.63 ind 1000 m⁻² during the course of the year. The higher abundances were found in the central section of the estuary. Analysis of variance indicated that relative abundance varied significantly as a function of time and section of the estuary. Relative abundance peaked in winter (November to February), and there was a secondary peak during late spring and early summer (April-June). Small juveniles (<100 mm standard length; SL) were captured in all the sections of the estuary, indicating that the entire system serves as nursery habitat for this species. Although California halibut < 220 mm SL were the most abundant (87% of total), adults were also captured throughout the estuary. Multiple regression analysis indicated that temperature, salinity and depth were significantly related to abundance, while there was no relationship with dissolved oxygen. Recent growth rates (measured as the otolith increment widths of the 14 days prior to capture) were ca. six times higher in wild-caught individuals than in caged fishes. This was attributed to lack of feeding within the cages based on the evaluation of the degree of gut fullness. Hence, recent somatic and otolith growth estimates derived from caged fishes were not used as indicators of habitat quality. The average otolith growth rates of wild-caught fishes during the course of the year were 86.57, 81.24 y 84.88 $\mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$ in the mouth, central and internal sections of the estuary, respectively. Analysis of variance indicated that there was a significant interaction between section of the estuary and time. There was no relationship between recent otolith growth rates and mean temperatures registered with thermographs in the three sections of the estuary, which may be due to the relatively high temperatures which were registered during summer and which are considered to be above the optimum for this species (20 °C). Although nursery habitat quality varied as a function of time and space, the relatively high growth rates and relative abundance found in this study suggest that the entire systems serves as nursery habitat for this species.

Keywords: *Paralichthys californicus*, nursery habitat, estuaries, otoliths, growth rates.

DEDICATORIA

Con cariño y por haber confiando en mí:

A mis padres:

Javier López Montaña

Alvis Rasgado López

Que afortunadamente me sostuvieron durante la carrera en aquellos momentos donde más los necesitaba y por no chistar cuando se enteraron que pensaba venir a Ensenada.

A mis hermanos:

Cynthia y Germán.

A mi familia.

Por confiar en mí siempre y por aguantarme en los momentos que los visitaba durante las vacaciones.

AGRADECIMIENTOS

Muchas personas participaron directa e indirectamente en la realización de este trabajo así como en la formación de su servidor.

A la Dra. Sharon Herzka, quien creyó y confió en mi; le agradezco por haberme permitido ser parte de su equipo, por lo comprometida que siempre estuvo con este trabajo y por su especial apoyo y amistad.

A los Drs. Oscar Sosa, Juan Pablo Lazo y Benjamín Barón, por aceptar ser parte de este proyecto, por todo el apoyo, la confianza y sobre todo la amistad. Gracias por sus sugerencias y comentarios que mejoraron sustancialmente el manuscrito.

A los ayudantes de campo que me aguantaron y no me botaron al mar cuando entraba en etapa de frenesí y me ponía de mal humor: Sharon, Yuma, Vanessa, Alfredo, Nadia, Iván “el chinito”, Fausto, Jesús Mariscal y Sonia Valle.

A los marineros de la Genus: Luis Demetrio e Iván por todo el apoyo brindado en campo, así como al Ing. Roberto Mendoza por todo el apoyo en embarcaciones.

Nuevamente mis agradecimientos a Vanessa, Juan Pablo Lazo y Nadia por ayudarme a recuperar la red de muestreo cuando esta se atoraba en las diferentes estructuras que están enterrados en el Estero de Punta Banda.

Una mención especial a Fausto Valenzuela que me ayudó a procesar gran parte de las muestras y por analizar el llenado estomacal del lenguado de California.

Al Dr. Oscar Sosa y M. C. Carmen Rodríguez y a los miembros del Laboratorio de Ecología Pesquera del CICESE, por permitirme formar parte de su equipo, por su alegría y su apoyo, así como por el espacio físico y humano.

Al Dr. Eric Mellink por permitirme utilizar el Laboratorio de Fauna Silvestre, así como el equipo de trabajo que me ayudaron a terminar esta larga y tediosa tesis.

Por el apoyo y por los momentos que pasamos juntos: Santiago, Emmanuel, Alfredo, Yuma, Toño, Neto, Nadia, Lorenzo, Marco. Y a las compañeras de mi generación por los instantes que compartimos durante la maestría: Samantha, Vanesa, Ligeia, Cris, Aines y Lucía.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por mi beca de postgrado.

Diidxá hribee diidxá. Tu naya'ni xquendabiaani' qué hrusiaanda' xquidxi ne stiidxa'. Za'bi' stiidxa' ca binigula'sa' neza tiisi.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Planteamiento	1
I. 1. 1. Sistemas estuarinos como hábitat de crianza	3
I. 1. 2. Crecimiento de los otolitos	6
I. 1. 3. Biología de la Especie	8
I.2. Objetivos	10
I. 2. 1. Objetivo general	10
I. 2. 2. Objetivos particulares	10
I. 2. 3. Hipótesis	11
II. MATERIALES Y MÉTODOS	12
II. 1. Descripción del área de estudio	12
II. 2. Diseño experimental	14
II. 2. 1. Estimación de la abundancia relativa y tasas de crecimiento de poblaciones naturales	15
II. 2. 1. 1. Abundancia relativa	15
II. 2. 1. 2. Tasas de crecimiento del medio natural	18
II. 2. 2. Experimentos en jaulas	20
II. 2. 3. Llenado estomacal	21
II. 3. Análisis estadístico	22
III. RESULTADOS	24
III. 1. Abundancia relativa, parámetros abióticos y tasas de crecimiento de poblaciones naturales	24
III. 1. 1. Abundancia relativa	24
III. 1. 2. Parámetros abióticos y su relación con la abundancia relativa	28
III. 1. 3. Distribución de frecuencia de tallas	31
II. 2. Tasas de crecimiento de los otolitos de juveniles de lenguado capturados en el medio natural durante los 14 días más recientes	38

CONTENIDO (continuación)	<u>Página</u>
III. 3. Experimentos en jaulas	42
III. 3. 1. Tasas de crecimiento somático: 14 días	45
III. 3. 2. Tasas de crecimiento somático: 28 días	46
III. 4. Tasas de crecimiento de los otolitos de lenguados mantenidos en jaulas	48
III. 4. 1. Tasas de crecimiento de los otolitos: 14 días	48
III. 4. 2. Tasas de crecimiento de los otolitos: 28 días	49
III. 5. Relación entre las tasas de crecimiento somático vs de los otolitos: 14 días	50
III. 6. Relación entre la temperatura medida in situ y el crecimiento	51
III. 6. 1. Temperatura medida in situ	51
III. 6. 2. Relación entre la temperatura y las tasas de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural	53
III. 6. 3. Relación con el crecimiento somático y de los otolitos de peces mantenidos en jaulas por 14 días	55
III. 7. Llenado estomacal	58
III. 7. 1. Llenado estomacal de los peces capturados en el medio natural	58
III. 7. 2. Llenado estomacal de los peces mantenidos en jaulas durante 14 y 28 días	60
IV. DISCUSIÓN	63
IV. 1. Abundancia relativa	63
IV. 2. Parámetros abióticos	67
IV. 3. Tasas de crecimiento del medio natural	73
IV. 4. Tasas de crecimiento jaulas	77
IV. 5 El uso de indicadores (proxies) para evaluar el hábitat de crianza	80
V. CONCLUSIONES	82
VI. LITERATURA CITADA	85
ANEXOS	100

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>Página</u>
1	Área del estudio, incluyendo las tres zonas en las que fue dividido el Estero de Punta Banda. Los puntos negros indican las localidades donde fueron colocadas las jaulas para los experimentos.	13
2	Abundancia relativa del lenguado de California en las tres zonas de muestreo del Estero de Punta Banda. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.	26
3	Distribución de frecuencias de tallas (longitud estándar, mm) de lenguados de California (<i>Paralichthys californicus</i>) capturados en la zona 1 del Estero de Punta Banda de octubre del 2004 a octubre del 2005. El intervalo de tallas de 390-400 mm LE incluye individuos con tallas mayores a los 400 mm.	33
4	Distribución de frecuencias de tallas (longitud estándar, mm) del lenguado de California (<i>Paralichthys californicus</i>) capturados en la zona 2 en el Estero de Punta Banda de octubre de 2004 a octubre de 2005. El intervalo de tallas de 390-400 mm LE incluye individuos con tallas mayores a los 400 mm.	34
5	Distribución de frecuencias de tallas (longitud estándar, mm) del lenguado de California (<i>Paralichthys californicus</i>) capturados en la zona 3 en el Estero de Punta Banda de octubre de 2004 a octubre de 2005. El intervalo de tallas de 390-400 mm LE incluye individuos con tallas mayores a los 400 mm.	34

<u>FIGURA</u>	LISTA DE FIGURAS (Continuación)	<u>Página</u>
6	Distribución de frecuencias de tallas (longitud estándar, mm) de lenguados de California (<i>Paralichthys californicus</i>) capturados en las tres zonas del Estero de Punta Banda de octubre del 2004 a octubre del 2005. El intervalo de tallas de 390-400 mm LE incluye individuos con tallas mayores a los 400 mm.	37
7	Tasa de crecimiento de los otolitos de juveniles de lenguado de California en el medio natural en el Estero de Punta Banda durante 14 días. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.	39
8	Relación entre la tasa de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural y su longitud estándar (mm LE).	40
9	Tasas de crecimiento instantáneo G (d^{-1}) de lenguados de California durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 14 días. El asterisco representa jaulas que se perdieron. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.	46
10	Tasa de crecimiento instantáneo G (d^{-1}) de lenguados de California durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante aproximadamente 28 días. Los asteriscos indican jaulas que se perdieron. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.	47
11	Tasa de crecimiento de los otolitos durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 14 días. El asterisco son jaulas que se perdieron. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.	49

<u>FIGURA</u>	LISTA DE FIGURAS (Continuación)	<u>Página</u>
12	Tasa de crecimiento de los otolitos durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 28 días. El asterisco son jaulas que se perdieron. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.	50
13	Relación entre la tasa de crecimiento instantánea (G) y la tasa de crecimiento del otolito de peces individuales mantenidos en jaulas en el Estero de Punta Banda durante 14 días.	51
14	Temperaturas promedios diarias entre octubre 2004 y 2005 en la zona externa (zona 1), central (zona 2) e interna (zona 3) del Estero de Punta Banda. La ausencia de datos se debe a la pérdida de termógrafos.	52
15	Relación entre la tasa de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural con la temperatura diaria promedio medida <i>in situ</i> durante 14 días previos a la captura del medio natural en el Estero de Punta Banda.	54
16	Relación entre la tasa de crecimiento instantánea (G) con la temperatura <i>in situ</i> durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 14 días. Los puntos representan promedios.	56
17	Relación entre la tasa de crecimiento de los otolitos con la temperatura <i>in situ</i> durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 14 días. Los puntos representan promedios.	57

<u>FIGURA</u>	LISTA DE FIGURAS (Continuación)	<u>Página</u>
18	Porcentaje de peces capturados en el medio natural que exhibieron distintos niveles de llenado estomacal. Se agruparon los datos de las tres zonas del estero para cada mes.	59
19	Porcentaje de individuos mantenidos en jaulas con distintos niveles de llenado estomacal. Los peces fueron mantenidos en jaulas en la zona externa, central e interna del Estero de Punta Banda durante 14 días entre octubre 2004 y septiembre 2005. El asterisco representa jaulas que se perdieron.	61
20	Porcentaje de individuos mantenidos en jaulas con distintos niveles de llenado estomacal. Los peces fueron mantenidos en jaulas en la zona externa, central e interna del Estero de Punta Banda durante 14 días entre octubre 2004 y septiembre 2005. El asterisco representa jaulas que se perdieron.	62

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>Página</u>
I	Fechas de muestreo en las cuales se llevo a cabo la estimación de la abundancia relativa y de las tasas de crecimiento de los peces mantenidos en jaulas y capturados del medio natural.	17
II	Capturas totales de lenguados de California por zona en el Estero de Punta Banda entre octubre 2004 y octubre 2005. CT: captura total; n: número de arrastres.	25
III	Resultados del ANOVA de la abundancia relativa de lenguados capturados en el Estero de Punta Banda. Los datos fueron transformados ($\log\sqrt{x+1}$) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. SC = suma de cuadrados; g. l. = grados de libertad; CM = cuadrados medios.	27
IV	Resultados de la prueba de Tukey para identificar grupos homogéneos en la abundancia relativa de lenguados capturados mensualmente en el Estero de Punta Banda. Letras distintas indican diferencias significativas. AR = abundancia relativa transformada ($\log\sqrt{x+1}$). Los valores representan promedios y se presentan de manera ascendente.	27
V	Resultados de la prueba de Tukey para identificar grupos homogéneos en la abundancia relativa de lenguados capturados en las tres zonas de estudio del Estero de Punta Banda. Letras distintas indican diferencias significativas. AR = abundancia relativa transformada ($\log\sqrt{x+1}$). Los valores representan promedios y se presentan de manera ascendente.	27

<u>TABLA</u>	LISTA DE TABLAS (Continuación)	<u>Página</u>
VI	Parámetros abióticos medidos en el Estero de Punta Banda durante los arrastres. Valores representan promedios \pm 1 error estándar.	29
VII	Resultados de la regresión múltiple entre la abundancia relativa y parámetros abióticos en el Estero de Punta Banda.	30
VIII	ANDEVA de la regresión múltiple entre la abundancia relativa y parámetros abióticos (temperatura, zona, salinidad, profundidad) en el Estero de Punta Banda. Abreviaciones como en la Tabla III.	30
IX	Resultados del análisis de Kruskal-Wallis comparando las frecuencias de tallas obtenidas entre octubre de 2004 a octubre de 2005 para cada zona del Estero de Punta Banda. g. l. = grados de libertad.	32
X	Resultados del ANOVA de las tasas de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural en el Estero de Punta Banda. Los datos fueron transformados ($\log\sqrt{(\mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1} + 1)}$) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Abreviaciones como en la Tabla III.	41
XI	Resultados de la prueba de Tukey para identificar grupos homogéneos en la tasa de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural. Letras distintas indican diferencias significativas. TC es la tasa de crecimiento transformada [$\log\sqrt{(\mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1} + 1)}$]. Los valores representan promedios y se presentan en forma ascendente.	41

<u>TABLA</u>	LISTA DE TABLAS (Continuación)	<u>Página</u>
XII	Datos de la fecha de inicio de los experimentos, zonas, número de identificación de jaulas y intervalos iniciales de LE de los peces introducidos en jaulas durante aproximadamente 14 días. Los asteriscos indican jaulas que se perdieron. n.r: jaula en la cual no se introdujeron peces por no ser capturados los suficientes.	43
XIII	Datos de la fecha de inicio de los experimentos, zonas, número de identificación de jaulas y intervalos iniciales de LE de los peces introducidos en jaulas durante aproximadamente 28 días. Los asteriscos indican jaulas que se perdieron. n.r: jaula en la cual no se introdujeron peces por no ser capturados los suficientes.	44
XIV	Temperaturas medidas con termógrafos en distintas zonas del Estero de Punta Banda por periodos de 14 días previos a la captura de peces del medio natural. Los asteriscos representan minitermógrafos que se perdieron. Valores representan promedios diarios ± 1 error estándar.	54
XV	Temperaturas medidas con termógrafos en distintas zonas del Estero de Punta Banda durante los primeros 14 días de los experimentos en jaulas. Los asteriscos representan minitermógrafos que se perdieron. Los valores representan promedios diarios ± 1 error estándar.	55
XVI	Estimaciones de los parámetros de regresión lineal entre los promedios de las tasas de crecimiento y las temperaturas <i>in situ</i> durante los experimentos en jaulas en el Estero de Punta Banda.	56

<u>TABLA</u>	LISTA DE TABLAS (Continuación)	<u>Página</u>
XVII	ANDEVA de la relación entre las tasas de crecimiento somático y la temperatura diaria promedio <i>in situ</i> medida durante los experimentos en jaulas. Abreviaciones como en la Tabla III	56
XVIII	ANDEVA de las tasas de crecimiento de los otolitos y la temperatura diaria promedio <i>in situ</i> medida durante los experimentos en jaulas. Abreviaciones como en Tabla III.	57

EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DE CRIANZA ESTUARINO DE JUVENILES DE LENGUADO DE CALIFORNIA (*PARALICHTHYS CALIFORNICUS*) CON BASE EN EL CRECIMIENTO Y LA ABUNDANCIA RELATIVA

I. INTRODUCCIÓN

I. 1. Planteamiento

Uno de los objetivos principales de la ecología pesquera es identificar las causas de la variabilidad anual en el reclutamiento y predecir el número de individuos que alcanzan las poblaciones de adultos. La supervivencia durante las etapas tempranas del ciclo de vida de los peces marinos depende de procesos estocásticos que frecuentemente no pueden ser anticipados con precisión (Winemiller y Rose, 1993). Una proporción variable de cada generación de jóvenes alcanzará hábitats favorables donde crecerá y se desarrollará para eventualmente reclutarse a la población de adultos (Wootton, 1990). Aunque el entendimiento de los factores que influyen sobre el reclutamiento es crítico, esto aún no ha sido resuelto por la ciencia pesquera (Houde, 1987).

Las fluctuaciones en el tamaño poblacional de los peces marinos son resultado de la combinación de fecundidad alta y mortalidad diferencial durante la etapa temprana de su desarrollo (Hjort 1914; Houde, 1987). Durante el inicio del ciclo de vida, la mayoría de los individuos sucumbe a la mortalidad (Houde, 2002). La variabilidad en las tasas de crecimiento y supervivencia durante la etapa temprana del ciclo controlan el reclutamiento anual, y por lo tanto, el tamaño poblacional de peces adultos (Cushing, 1975; Houde, 1987). Las principales causas de mortalidad en esta etapa son la depredación, inanición y condiciones físicas desfavorables (Houde, 1987). Además, se ha observado que en muchas especies la tasa de mortalidad decrece en función de la talla, por lo cual la tasa de

crecimiento es de suma importancia durante las fases tempranas del ciclo de vida (Litvak y Leggett, 1992; Wootton, 1992). Sin embargo, para exhibir tasas de crecimiento altas, la tasa de alimentación debe ser alta, la cual si es baja tiene el potencial de incrementar el tiempo de búsqueda del alimento y por lo tanto la vulnerabilidad a la depredación (Pepin, 1991).

Muchas especies exhiben un ciclo de vida en el cual el desove ocurre en la costa y hay reclutamiento obligatorio o facultativo a un hábitat estuarino durante la fase temprana del ciclo de vida. En estas especies, el asentamiento (transición de la etapa planctónica a la bentónica) y el movimiento al hábitat estuarino durante la etapa juvenil temprana están frecuentemente relacionados con la variabilidad que se observa en la producción de juveniles tardíos o adultos (Gibson, 1997; Able y Fahay, 1998). Diversos procesos físicos y biológicos operan sobre el asentamiento y el uso de estuarios (Boehlert y Mundy, 1987). Algunos de estos factores incluyen el flujo de marea, la velocidad de las corrientes, la temperatura, señales olfatorias, la turbidez y las características del fondo (Weinstein *et al.*, 1980; Boehlert y Mundy, 1988). La variabilidad espacial y temporal en factores bióticos y abióticos, así como en la calidad del hábitat, pueden influir sobre las tasas de crecimiento y de mortalidad, y por ende, sobre la abundancia de juveniles (Malloy *et al.*, 1996).

En este estudio, se evaluó: (1) la calidad del hábitat de crianza estuarino utilizado por juveniles del lenguado de California, *Paralichthys californicus*, en un sistema del Pacífico mexicano a través de mediciones de abundancia relativa y crecimiento, y (2) la relación entre los factores abióticos, la abundancia relativa y el crecimiento con el fin de contribuir al entendimiento de los procesos que afectan el reclutamiento de esta especie. Esta información podría ser utilizada para un mejor manejo y protección de ésta especie económicamente importante.

I. 1. 1. Sistemas estuarinos como hábitat de crianza

El uso preferencial de bahías protegidas y estuarios durante las etapas larvarias y juveniles tempranas de algunas especies de peces marinos sugiere la presencia de procesos que aumentan la aptitud (fitness) de los individuos que los ocupan en comparación con aquellos que habitan zonas costeras. Los hábitats protegidos como las bahías y estuarios favorecen tasas de crecimiento rápidas debido a la presencia de aguas cálidas, y a la alta abundancia de presas, también incrementan la probabilidad de supervivencia debido a la complejidad estructural del hábitat que provee protección contra depredadores (Toole, 1980; Rosenberg, 1982; Miller *et al.*, 1986; Krygier y Pearcy, 1986; Able, 1999). Por lo tanto, los estuarios proveen una alta calidad de hábitat de crianza para muchas especies de peces (Sogard, 1992, Able y Fahay 1998).

Gibson (1994) propone que el número de peces disponibles para reclutar a stocks de adultos es función de la calidad y el tamaño hábitat de crianza. La caracterización de los hábitats de crianza que favorecen la producción de reclutas a la población de adultos es crítica para el manejo y protección de una especie. Generalmente, un hábitat se llama “criadero” si se encuentran larvas o juveniles en altas densidades, si contribuye a disminuir la depredación de manera exitosa, o si el crecimiento es más rápido que en otras localidades (Sogard, 1992; Meng *et al.*, 2000). Able (1999) menciona que es difícil evaluar la calidad del hábitat de crianza, particularmente en los estuarios, ya que son muy dinámicos. Sugiere que se debe: 1) llevar a cabo prospecciones extensivas y multi-anales, 2) tener un amplio entendimiento de la distribución de hábitats submareales, 3) mejorar el entendimiento de la especificidad del hábitat en el comportamiento de peces, 4) utilizar técnicas multidisciplinarias para mejorar el entendimiento de cuencas, estuarios y su interacción con

el océano. Sin embargo, Able (1999) no especifica las características que debe tener un hábitat en particular para considerarse un criadero.

Recientemente, se ha propuesto una descripción más precisa de lo que constituye un hábitat de crianza para fines de manejo. Para Beck *et al.*, (2001), un hábitat es un criadero para juveniles de una especie en particular si su contribución por unidad de área a la producción de adultos es más grande, en promedio, que la producción de otros hábitats disponibles. Por lo tanto, hábitats específicos pueden diferir en su valor como áreas de crianza. Además, Beck *et al.*, (2001) mencionan que para evaluar la calidad de hábitat de crianza estuarino, deben estimarse la densidad, el crecimiento y la supervivencia, así como el movimiento de individuos al hábitat correspondiente a la fase adulta. También se ha propuesto que para evaluar el valor relativo de hábitats de crianza específicos es necesario estimar la cobertura espacial (disponibilidad) de todos los hábitats de crianza potenciales, así como la distribución de peces juveniles dentro de estos hábitats (Fodrie y Mendoza, 2006).

Diversos estudios han evaluado la calidad del hábitat de crianza estuarino utilizando índices indirectos como la densidad (Able *et al.*, 1998; Meng *et al.*, 2002, 2004), el crecimiento (Kicklighter, 1990; Sogard, 1992; Duffy-Anderson y Able, 1999; Able *et al.*, 1999; Reichert *et al.*, 2000; Meng *et al.*, 2000, 2001; Manderson *et al.*, 2002; Golbert *et al.*, 2002; Necaise *et al.*, 2005) y la supervivencia (Reichert *et al.*, 1991; Connell y Jones, 1991; Nash y Geffen, 2000). Uno de los parámetros más utilizados para evaluar indirectamente la calidad de un hábitat de crianza es el crecimiento, ya que integra diversos aspectos del ambiente como la temperatura y la disponibilidad de alimento. Según Sogard (1992), si el crecimiento rápido provee una ventaja selectiva en términos de supervivencia, y si la tasa

de crecimiento varía en función de la calidad del hábitat, entonces individuos elegirán los hábitats que provean el máximo potencial de crecimiento. Por lo tanto, las tasas de crecimiento individual o poblacional pueden ser utilizadas para evaluar la calidad de un hábitat.

Una alta tasa de crecimiento sugiere que: 1) hay suficiente alimento disponible, y/o que 2) los individuos son más grandes a una misma edad, lo cual lleva a una mortalidad cumulativa más baja y por ende una mayor posibilidad de sobrevivir (Sogard, 1992; Meng *et al.*, 2000; Phelan *et al.*, 2000). Por lo tanto, los hábitats de crianza de alta calidad son aquellos en los cuales la tasa de crecimiento y supervivencia de juveniles de peces es más alto y donde el potencial reproductivo es optimizado (Yamashita *et al.*, 2001; Golbert, *et al.*, 2002).

Diversos estudios han examinado la relación entre las fluctuaciones naturales en los parámetros abióticos y el crecimiento durante las etapas tempranas del ciclo de vida de los peces marinos (Deegan *et al.*, 1997; Sogard, 1992; Sogard *et al.*, 2001; Meise *et al.*, 2003). Cushing (1990) sugiere que la influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento continúa más allá del proceso de la metamorfosis en peces marinos. Los hábitats estuarinos someros tienden a exhibir fluctuaciones en sus parámetros ambientales como la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto como consecuencia de los ciclos de marea y acontecimientos estocásticos atmosféricos estocásticos (e.g. Summer *et al.*, 1997; Ziegler y Benner, 1998). Estas condiciones abióticas pueden influir sobre las tasas de crecimiento y supervivencia de los reclutas a sistemas estuarinos (Boehlert y Mundy, 1988).

I. 1. 2. Crecimiento de los otolitos

Una manera de evaluar el crecimiento es por medio del análisis de otolitos, ya que estos proveen un registro permanente del patrón de crecimiento de un pez. Los otolitos, especialmente las sagitas que usualmente son los otolitos más grandes, son tejidos calcificados que presentan anillos de crecimiento periódicos (Panella, 1971). Los otolitos participan activamente en los procesos auditivos y forman parte de los órganos de equilibrio y dirección (Jennings *et al.*, 2001). No se reabsorben ni se pierden, y son las primeras estructuras calcificadas en formarse durante el desarrollo larvario de los peces teleósteos (Brothers *et al.*, 1976, Campana, 1983; Campana y Neilson, 1985; Alhossaini y Pitcherd, 1988). Por lo tanto, pueden ser usados para estimar la edad, evaluar las tasas de crecimiento y para hacer inferencias sobre la historia de vida de los individuos (Bradford y Geen, 1987; Campana, 1999).

El uso e interpretación de los anillos de los otolitos para estimar el crecimiento y la edad se basa en la premisa que la depositación de anillos ocurre con una periodicidad circadiana, resultando en la formación de una serie continúa de estructuras conocidas como incrementos de crecimiento diario (Panella, 1971; Brothers *et al.*, 1976; Taubert y Coble 1977). Cada incremento de crecimiento diario consiste en dos zonas con diferencias estructurales y químicas: una zona de lento crecimiento, compuesta principalmente de material orgánico, y una zona de rápido crecimiento, compuesta principalmente de carbonato de calcio en forma de aragonita (Panella, 1974; Chilton y Beamish, 1982, Alhossaini y Pitcherd, 1988). La zona de rápido crecimiento tiene un color translúcido y bandas gruesas de crecimiento bien definidas, mientras que la zona de lento crecimiento se

caracteriza por un color oscuro, capas delgadas y estructuras circulares borrosas (Geffen, 1982, Campana, 1983; Campana y Neilson, 1982; Campana, 1999).

La estimación de las tasas de crecimiento de organismos silvestres por medio del análisis de otolitos puede facilitar el estudio del efecto de las fluctuaciones en los factores bióticos y abióticos sobre el crecimiento y la supervivencia (Campana y Neilson, 1985; Jones, 1986; Chambers y Miller, 1995). El ancho de los anillos de los otolitos permite obtener tasas de crecimiento individuales, ya que se ha demostrado que hay una relación directa con el crecimiento somático (Campana y Neilson, 1985; Jones, 1986; Chambers y Miller, 1995). La temperatura, la periodicidad en la alimentación, la salinidad y la mezcla de marea pueden influir sobre el crecimiento somático y el ancho de los incrementos diarios (Neilson y Geen, 1982, 1985; Jones, 1986). Algunas variables ambientales pueden influir sobre el ritmo diario de la depositación de los anillos, y por ende, sobre el ancho de los anillos. La fluctuación en la temperatura es un factor implicado en la producción de los anillos de crecimiento en especies de peces de zonas templadas (Brothers, 1981; Neilson y Geen, 1982, 1985; Campana, 1983, 1984). La frecuencia de alimentación también puede influir sobre el número de incrementos diarios y el ancho de los anillos, aunque algunos autores sugieren que el efecto de la alimentación es limitada (Marshall y Parker, 1982; Campana, 1983, 1984).

A pesar de las diversas variables que se han propuesto en cuanto a su posible efecto sobre la depositación de incrementos diarios, Campana y Neilson (1985) mencionan que la formación diaria de los incrementos está ligada a un ritmo endógeno, por lo cual los otolitos mantienen un patrón de crecimiento periódico. La tasa metabólica es regulada por niveles endocrinos (i.e. hormonales), y puede ser que la modulación ambiental del ritmo

endocrino es lo que por última instancia controla la periodicidad de los incrementos en el otolito (Mommsen, 2001; Campana, 2001).

I. 1. 3. Biología de la Especie

El lenguado de California, *Paralichthys californicus*, es una especie que durante la etapa juvenil temprana utiliza los estuario de manera facultativa (Kramer, 1990). Es de importancia comercial y recreativa en el Pacífico mexicano y en el estado de California, E. U. A. Esta especie se distribuye desde Quillayute River, Washington, E. U. A., hasta Bahía Magdalena, Baja California Sur, México (Haaker, 1975).

Los adultos desovan a profundidades menores de 100 m. Los huevos y larvas se encuentran en aguas de la plataforma continental, pero ocurren a mayores densidades a profundidades menores de 75 m y dentro de 6 km de la costa (Frey, 1971; Lavenberg *et al.*, 1986). Se ha propuesto que las larvas pelágicas son transportadas hacia la costa por ondas internas, y que obtienen acceso a bahías y estuarios utilizando corrientes de marea (Kramer, 1990), aunque hay poca información al respecto.

Aproximadamente entre los 7 y 10 mm de longitud estándar (LE), las larvas inician el proceso de metamorfosis y posteriormente se asientan en los estuarios y/o en zonas someras cerca de la costa (Allen, 1988). La abundancia de juveniles de entre 50 y 150 mm LE a lo largo de la costa abierta es baja. La disminución de la abundancia relativa de juveniles tempranos de estas tallas en la costa se debe al reclutamiento a sistemas estuarinos o a una alta mortalidad (Allen y Herbinson, 1990; Kramer, 1991).

Luego del reclutamiento estuarino, los juveniles residen dentro de estos sistemas por uno o dos años (Allen, 1990; Kramer, 1990; Allen y Herbinson, 1990). Durante este

tiempo, es probable que tengan un rápido crecimiento en comparación con los juveniles que permanecen en zonas costeras expuestas y semiprotegidas (Allen, 1988). El crecimiento promedio en sistemas estuarinos es de 10 a 30 mm por mes, aunque mucho de este crecimiento ocurre durante los meses en los cuales la temperatura es más alta y el alimento más abundante (Kramer, 1990). Es común que la etapa juvenil (10 a 150 mm LE) transcurra en aguas someras, ya que las mayores abundancias se han registrado a profundidades menores de dos metros (Allen, 1988; Kramer, 1990; Hammann y Rosales-Casián, 1990; Allen y Herbinson 1990, 1991; Griffiths, 2005; Fodrie y Mendoza, 2006). Juveniles más grandes (140 a 200 mm LE) se han capturado cerca de la costa (Plummer *et al.*, 1999, Allen *et al.*, 1990; Kramer, 1990; Hammann y Ramírez-González, 1990; Rosales-Casián, 1997). Los adultos se encuentran sobre la costa abierta en profundidades <100 m y exhiben una mayor abundancia en profundidades menores a los 30 m (Allen, 1982).

I. 2. OBJETIVOS

I. 2. 1. Objetivo general

Este estudio evaluó la calidad del hábitat de crianza estuarino utilizado por juveniles tempranos del lenguado de California mediante la estimación de la abundancia relativa y las tasas de crecimiento en tres zonas del Estero de Punta Banda, B. C., México. Así mismo, tuvo como fin identificar la relación entre factores abióticos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, profundidad), la abundancia relativa y el crecimiento.

I. 2. 2. Objetivos particulares.

- Estimar la abundancia relativa del lenguado de California en tres zonas del Estero de Punta Banda durante un año (Octubre 2004 a Octubre 2005).
- Evaluar la relación entre la temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad, profundidad y zona del estero y la abundancia relativa del lenguado de California
- Estimar las tasas de crecimiento somático y de los otolitos de lenguados en tres zonas del estero mediante el análisis de individuos capturados en el medio natural y mantenidos en jaulas.
 - Evaluar la relación entre el crecimiento somático y de los otolitos.
- Evaluar la relación entre la temperatura y el crecimiento somático y de los otolitos bajo condiciones naturales.

I. 2. 3. Hipótesis

- Hipótesis (1): Las abundancias relativas del lenguado de California varían espacial y temporalmente en el Estero de Punta Banda.
- Hipótesis (2): Existe una relación significativa entre parámetros abióticos (temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, zona del estero y la profundidad) y la abundancia relativa de *P. californicus* en el Estero de Punta Banda.
- Hipótesis (3): Las tasas de crecimiento somático y de los otolitos de los peces mantenidos en jaulas varían en diferentes localidades del Estero de Punta Banda durante el transcurso del año.
- Hipótesis (4): Existe una relación significativa y directa entre el crecimiento somático y de los otolitos en juveniles tempranos de peces mantenidos en jaulas.
- Hipótesis (5): No existe una diferencia significativa en las tasas de crecimiento de peces capturados en el medio natural y los peces mantenidos en jaulas en una misma zona del estero.
- Hipótesis (6): Las tasas de crecimiento somático y de los otolitos de peces mantenidos en jaulas y colectados en el medio natural están correlacionadas con la temperatura.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II. 1. Descripción del área de estudio

El Estero de Punta Banda se sitúa a lo largo del margen sureste de la Bahía de Todos Santos, entre los 31° 42' - 31° 47' latitud Norte y 116° 37' - 116° 39' longitud Oeste. Tiene forma de "L" y la boca que conecta al sistema con la Bahía está hacia el norte. El Estero de Punta Banda tiene aproximadamente 11 km de longitud y 800 m de ancho en promedio. Una barra de arena de 7.5 km de longitud lo separa por el lado oeste de la Bahía de Todos Santos (Acosta-Ruiz y Álvarez-Borrego, 1974). A lo largo del sistema, existe un canal principal de 7.6 kilómetros de largo cuya profundidad disminuye desde la boca hacia el interior, y que raramente excede los 8 m (Fig. 1). Se encuentra conectado todo el año a la Bahía de Todos Santos por una boca natural de aproximadamente 125 m de ancho (Ortiz *et. al.*, 2003).

En el eje corto, el canal se divide en varios brazos en dirección SE, y tiene profundidades menores a 1 m con respecto a la bajamar media inferior. El estero también presenta pequeños bajos con vegetación en la parte central, así como diversas zonas de inundación. Las corrientes más fuertes se producen en la boca y su magnitud disminuye hacia la cabeza (Pritchard *et al.*, 1978). El fondo esta constituido por arena de grano medio alrededor de la entrada y en el canal principal, y fango en la cabeza del estero (Ibarra-Obando y Poumian-Tapia 1991). Es esencialmente rico en arcilla suave o lodosa en las áreas someras hacia el interior del sistema (Contreras, 1985).

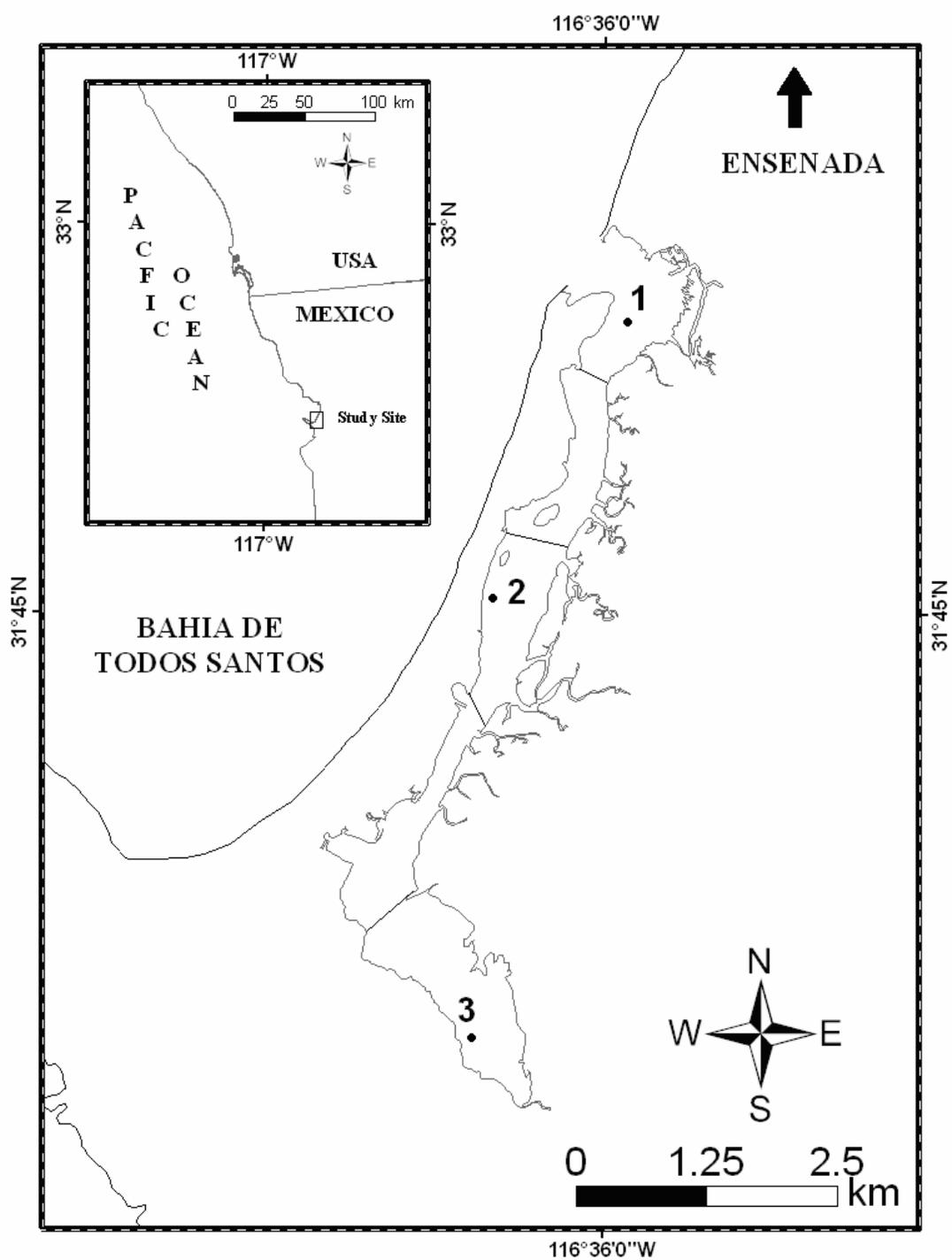


Figura 1. Área del estudio, incluyendo las tres zonas en las que fue dividido el Estero de Punta Banda. Los puntos negros indican las localidades donde fueron colocadas las jaulas para los experimentos.

Sólo hay aporte de agua dulce de los arroyos bajo condiciones lluviosas de invierno. El comportamiento hidrológico es el de un estuario negativo, con temperaturas y salinidades mayores en el extremo interno que en la boca, ya que es principalmente una cuenca de evaporación (Pritchard *et al.*, 1978). En consecuencia, el aporte de agua dulce excede la pérdida por evaporación sólo durante períodos poco usuales de tormentas. La temperatura y salinidad presentan variaciones semidiurnas relacionadas con los ciclos de mareas. En general, la magnitud de las variaciones diurnas de estos dos parámetros se incrementa desde la boca hacia el interior del sistema (Álvarez-Borrego y Álvarez-Borrego, 1982; Álvarez-Borrego *et al.*, 1984). Las concentraciones de oxígeno disuelto son variables, aunque en general presentan un patrón opuesto a la temperatura y salinidad, sus concentraciones disminuyen en dirección hacia la cabeza del estero (Celis-Ceseña y Álvarez-Borrego, 1975).

II. 2. Diseño experimental

La abundancia relativa de lenguados se evaluó durante el transcurso de un año (octubre 2004 a octubre 2005). Paralelamente, se capturaron lenguados juveniles para evaluar su crecimiento bajo condiciones naturales a través del análisis de otolitos. Sin embargo, la evaluación de las tasas de crecimiento de individuos capturados en el medio natural tiene limitantes: se desconocen la zona de alimentación y las condiciones bióticas y abióticas a las cuales estuvieron expuestos los individuos a través del tiempo. Por lo tanto, también se evaluó el crecimiento de juveniles del lenguado de California mantenidos en jaulasm para poder cotejar las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestas en el medio natural.

El diseño experimental general fue el siguiente, aunque los detalles de cada método se presentan posteriormente. El Estero de Punta Banda se dividió en tres zonas de estudio, parte externa cerca a la boca (zona 1), media (zona 2) e interna o cabeza (zona 3). Los experimentos en jaulas e llevaron a cabo cada dos meses. Al iniciarse cada experimento, se estimó la abundancia relativa del lenguado de California en cada una de las tres zonas de estudio dentro del estero. Para cada experimento en jaulas, se colocaban cuatro jaulas con peces en cada una de tres zonas del estero para estimar las tasas de crecimiento somático y de los otolitos. Después de 14 y 28 días de haberse iniciado cada experimento, se recuperaban dos jaulas en cada zona. Luego de haber concluido los experimentos en jaulas, se volvía a evaluar la abundancia relativa en cada una de las zonas, y se sacrificaban lenguados de California del medio natural para estimar las tasas de crecimiento de los otolitos en el medio natural. Durante la evaluación de la abundancia relativa, se midieron la temperatura, salinidad, oxígeno y profundidad para evaluar la relación con la abundancia. También se registró la temperatura de manera continua utilizando minitermógrafos colocados cerca de las jaulas. Por último, se estimó el porcentaje de llenado estomacal de peces capturados en el medio natural y de los mantenidos en jaulas.

II. 2. 1. Estimación de la abundancia relativa y tasas de crecimiento de poblaciones naturales

II. 2. 1. 1. Abundancia relativa

El Estero de Punta Banda fue dividido en tres zonas de estudio: parte externa cerca a la boca (zona 1), media (zona 2) e interna o cabeza (zona 3) (Figura 1). En la zona 1, predomina el sustrato arenoso, en la zona 2, el sustrato limoso y en la zona 3 el sustrato

lodoso (Ibarra-Obando y Poumian, Tapia, 1991). En cada una de las zonas se evaluó la abundancia relativa y las tasas de crecimiento recientes de peces juveniles capturados en el medio natural por medio del análisis de otolitos.

Los muestreos se realizaron bimensualmente entre octubre del 2004 y octubre del 2005 (Tabla I). En cada zona, se hicieron cinco arrastres a favor de la corriente con un chango camaronero de 7.6 m de apertura (9.5 m de largo y 2.0 y 0.5 cm de luz de malla en el cuerpo y el copo, respectivamente). La duración de los arrastres fue de 10 min a una velocidad promedio de 3 km h⁻¹. Se registraron las coordenadas geográficas con un geoposicionador (GPS marca eTrex, E. U. A.) al inicio y al final de cada arrastre. La velocidad promedio y la distancia recorrida (aproximadamente 500 m por arrastre) también se registraron. Cuando fue posible, se mantuvo una profundidad constante durante cada arrastre. Para obtener una estimación representativa de la abundancia relativa, en cada zona, se trató de elegir diferentes localidades y profundidades. A todos los lenguados de California capturados se les midió la longitud estándar (LE, mm). Las longitudes fueron agrupadas en categorías de 10 mm y se expresaron como frecuencias de tallas. Los peces más grandes de 380 mm LE se representan en la categoría de peces de 391-400 mm.

En cada arrastre se obtuvieron registros de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el agua con un multianalizador de agua YSI modelo 85 (Yellow Spring Instrument Inc. E. U. A.) previamente calibrado de acuerdo al manual de operación.

Tabla I. Fechas de muestreo en las cuales se llevo a cabo la estimación de la abundancia relativa y de las tasas de crecimiento de los peces mantenidos en jaulas y capturados del medio natural.

Fecha	Abundancia Relativa	Jaulas	Crec. natural	Llenado estomacal
28-Oct-04	X	X		
25-Nov-04	X		X	X
11-Ene-05	X	X		
8-Feb-05	X		X	X
10-Mar-05	X	X		
7-Abr-05	X		X	X
4-May-05	X	X		
1-Jun-05	X		X	X
16-Jun2a-05	X	X		
14-Jul-05	X		X	X
23-Ago-05	X			
6-Sep-05	X	X		
5-Oct-05	X		X	X

La estimación de la abundancia relativa se realizó mediante el método de área barrida descrita por Sparre *et al.* (1989). Donde C_w es la captura por lance, C_w/t es la captura por unidad de tiempo, t es el tiempo transcurrido al final del lance y a es el área barrida. Entonces a/t es el área barrida por tiempo, y se obtiene la fórmula de captura por unidad de área:

$$\frac{C_w/t}{a/t} = \frac{C_w}{a} \text{ ind/m}^2 \quad (1)$$

Sea C_w/a la captura media por unidad de área de todos los lances. Entonces:

$$B = (\overline{C_w/a}) \text{ ind/m}^2 \quad (2)$$

es una estimación de la abundancia relativa por unidad de área. Sea $A \text{ m}^2$ el tamaño total del área espesada en m^2 . Entonces:

$$B = (\overline{C_w/a}) \times A \text{ ind/m}^2 \quad (3)$$

es la estimación de la abundancia relativa en el área estudiada. Para realizar las comparaciones proporcionalmente equivalentes en las zonas de estudio, la abundancia relativa fue estandarizada a ind/1000 m⁻²

II. 2. 1. 2. Tasas de crecimiento del medio natural

Para evaluar las tasas de crecimiento en el medio natural, se estimaron las tasas de crecimiento de los lenguados capturados de la población natural durante el tiempo que duró cada experimento con jaulas. Los juveniles utilizados fueron capturados al finalizar cada periodo experimental de 28 días. Concurrentemente a la estimación de la abundancia relativa (Tabla I), 20 a 30 individuos de cada zona, y de 50 a 160 mm LE, fueron etiquetados individualmente, mantenidos hielo y transportados al laboratorio donde se congelaron en espera de la posterior extracción y preparación de los otolitos.

Dado que los experimentos en jaulas duraron aproximadamente 14 y 28 días (ver abajo), se evaluó la tasa de crecimiento de los individuos capturados del medio natural de 0 a 14 días antes de su captura y de 0 a 28 días antes de su captura. Sin embargo, sólo se presentan los datos correspondientes a los 14 días previos a su captura, ya que el crecimiento registrado en los otolitos durante este intervalo de tiempo tiene una mayor probabilidad de reflejar las condiciones de la zona del estero donde fueron capturados los peces.

Para cada zona y fecha de muestreo, las sagitas de 15 individuos fueron removidas, limpiadas y montadas en portaobjetos según lo descrito por Secor *et al.*, (1991) y Stevenson y Campana (1992). La selección de la sagita derecha o izquierda de un individuo fue hecha

de manera aleatoria. Se utilizó un $n = 5$ para los siguientes intervalos de tallas: 50-80, 81-120 y 121-160 mm LE.

Dependiendo del tamaño de los otolitos, y debido a que era imprescindible visualizar adecuadamente los anillos de crecimiento diarios cerca del margen posterior, se utilizaron diferentes lijas para pulir (34.3, 22.1, 14.5 y 6.5 μm). Además, se pulieron con polvo de aluminio de 0.3 μm . Después de pulirlos, los otolitos fueron embebidos en EDTA al 5 % para aumentar la visibilidad de los incrementos diarios (Radtke, 1984). Para estimar el crecimiento mediante mediciones de los anillos recientes, se usó un sistema de análisis de imágenes (microscopio LEICA acoplado a una cámara digital DC300 y a una computadora). Las observaciones se llevaron a cabo usando una magnificación de 400 X. El crecimiento de cada anillo diario fue medido como el ancho de una zona opaca y una traslúcida. Se midió el ancho de los anillos diarios (intervalo = 3 a 15 μm) depositados durante los últimos 14 días. Como por lo general no se pudo medir el ancho de cada uno de los 14 anillos, ya que no se visualizaban adecuadamente, se midió el ancho de cada uno de los anillos visibles, se obtuvo el ancho promedio, y se multiplicó por 14. El número de anillos típicamente medidos y promediados fue de 9 (intervalo de 5 a 12 anillos). Los otolitos que no cumplían con esta premisa (~ 20%), eran desechados y se tomaba otro otolito de un individuo que tuviera una longitud estándar similar. Todas las mediciones se llevaron a cabo con el programa IMAGE J (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>).

II. 2. 2. Experimentos en jaulas

En total se realizaron seis experimentos. Debido a que Valle *et al.* (1999) encontraron que la abundancia de juveniles tempranos es mayor en fondos sin vegetación que dentro de praderas de pastos marinos, las jaulas fueron colocadas en tres sitios libres de vegetación en el Estero de Punta Banda (Figura 1).

Los juveniles capturados del medio natural fueron seleccionados con base en su talla (50-160 mm LE), se midieron y para identificarlos se marcaron individualmente con cortes en las aletas dorsal y anal. Para estimar el peso húmedo de cada pez con base en su talla, se utilizó una relación entre la longitud y el peso húmedo ($\text{Peso} = 8.77 - 0.36 \cdot \text{LE} + 0.0045 \cdot \text{LE}^2$, $R^2 = 0.99$) obtenida de peces previamente capturados en el estero. Para marcar los otolitos, cada individuo se inyectó intramuscularmente con 0.05 mg de tetraciclina kg^{-1} de peso húmedo (Thomas *et al.*, 1995; Vigliola, 1997, Hernaman *et al.*, 2000). La tetraciclina se incorpora al material depositado en los otolitos y crea una marca que puede ser visualizada utilizando luz natural y ultravioleta (Tzen y Yu, 1992). Esto facilita la identificación de la zona del otolito correspondiente al momento en que cada individuo fue capturado e introducido a las jaulas y la medición de su crecimiento posterior.

El mismo día de su captura y marcado, seis individuos fueron colocados en cada una de las cuatro jaulas ancladas firmemente al sedimento en la región externa (zona 1), media (zona 2) e interna (zona 3) del estero (Figura 1). Las jaulas fueron construidas de marcos de PVC (1 m de largo x 1 m de base x 0.5 m de alto) envueltos con una red de plástico de luz de malla de 0.5 x 0.5 cm. Este diseño permite el flujo de agua y la entrada de especies

presas, y se ha utilizado con éxito para evaluar las tasas de crecimiento de lenguados juveniles en sistemas estuarinos (Kicklighter, 1990; Sogard, 1992).

Al recuperarse las jaulas después de 14 y 28 días del inicio del experimento, los lenguados fueron medidos y congelados. Las mediciones del ancho de los anillos correspondientes al periodo en que los peces permanecieron en las jaulas fueron hechas bajo luz ultravioleta (FlashUV2, con una longitud de onda de 375 nm). El crecimiento fue medido como la distancia interior de la marca creada por la tetraciclina hasta el borde del otolito, durante 14 o 28 días dependiendo de la duración del experimento, y se expresó en $\mu\text{m d}^{-1}$ o $\mu\text{m 28 d}^{-1}$.

Para obtener registros continuos de temperatura, se colocaron minitermógrafos modelo 856097 (HOBO Water Temp. Pro., E. U. A.) cerca de cada una de las localidades donde se colocaron las jaulas.

Las tasas de crecimiento somático de los peces mantenidos en jaulas fueron calculadas utilizando el coeficiente instantáneo de crecimiento (G , d^{-1}):

$$G = \langle \text{Ln}(L_t) - \text{Ln}(L_0) \rangle / \Delta t \quad (4)$$

donde L_t y L_0 son las LE (mm) al inicio y al final del experimento y Δt es el número de días que duró cada experimento.

II. 2. 3. Llenado estomacal

Para determinar si la disponibilidad de alimento tuvo un efecto sobre el crecimiento, se analizó el contenido estomacal de todos los peces capturados del medio natural ($n = 456$) y de los peces recuperados de las jaulas ($n = 214$) al final de cada experimento (Tabla 1). El

tracto digestivo de todos los peces fue disectado entero y se preservó en alcohol al 60%. Se desarrolló un índice del porcentaje de llenado estomacal que incluyó los siguientes niveles:

- 1: Vacío
- 2: > 0 a 25%
- 3: > 25 a 50%
- 4: > 50 a 75%
- 5: > 75 a 100%.

Para cada fecha de muestreo, se estimó el porcentaje de individuos cuyo llenado estomacal correspondía a cada nivel.

II. 3. Análisis estadístico

Para comparar las abundancias relativas en todo el periodo de estudio en las tres zonas se utilizó un ANOVA de 2 vías, utilizando como factores independientes los meses y las zonas de muestreo.

Para la comparación de las tasas de crecimiento de los otolitos en el medio natural también se utilizó un ANOVA de 2 vías, utilizando como factores independientes la zona y los meses de muestreo. En todos los casos se realizaron pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y de homogeneidad de varianzas (prueba de Levene), y en caso de cumplir con ambos supuestos se procedió con estadísticos paramétricos. De ser necesario, se realizó la transformación $\text{Log}\sqrt{(\mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1} + 1)}$ para los datos de la abundancia relativa y las tasas de crecimiento de los otolitos. Todas las pruebas fueron realizadas con un $\alpha = 0.05$ (Zar, 1996). En los casos donde hubo un efecto significativo de las variables principales, se

realizó una prueba de Tukey con número de muestra desigual para identificar los grupos homogéneos (Zar, 1996).

Se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple para tratar de explicar las variaciones en la abundancia relativa a lo largo del muestreo en función de las variables abióticas:

$$D = M_0 + K_1T + K_2OD + K_3S + K_4TOD + K_5TS + K_6ODS + K_7TODS + K_8Profundidad \quad (5)$$

Donde D es la abundancia relativa, T es la temperatura, OD es el oxígeno disuelto, S es la salinidad, M_0 es la ordenada al origen y K_1, K_2, \dots, K_9 son pendientes de la relación lineal.

Para evaluar si existía una relación de las tasas de crecimiento de los otolitos con la talla del pez, se realizó un análisis de regresión lineal usando como variable independiente la talla del pez. Se analizó la relación entre la tasa de crecimiento somático (G) y la de los otolitos mediante una regresión lineal, usando como variable independiente la tasa de crecimiento de los otolitos. De la misma manera, se utilizaron regresiones lineales para evaluar la relación entre la temperatura y las tasas de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural y las tasas de crecimiento somático y de los otolitos de peces mantenidos en las jaulas durante 14 días. En los tres casos la variable independiente fue la temperatura.

Las comparaciones entre las frecuencias de tallas obtenidas de octubre de 2004 a octubre de 2005 para cada zona del estero se realizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis. De igual manera las comparaciones entre las frecuencias de tallas entre las zonas en todo el periodo de estudio se realizó con la misma prueba.

III. RESULTADOS

III. 1. Abundancia relativa, parámetros abióticos y tasas de crecimiento de poblaciones naturales

III. 1. 1. Abundancia relativa

El número total de lenguados de California capturados desde octubre del 2004 hasta octubre del 2005 en las tres zonas de estudio del Estero de Punta Banda fue de 2924 en 193 arrastres. En la zona 1, cerca de la boca del estero, la captura total fue de 820 individuos en 62 arrastres, lo cual representó el 28% de la captura total. En la zona central del estero (zona 2), la captura total fue de 749 lenguados en 65 arrastres, representando el 26% de la captura total. Por último, en la zona 3, correspondiente a la cabeza del estero, se capturaron el mayor número de lenguados (1355 individuos en 66 arrastres). Esto corresponde al 46% de la captura total del periodo de estudio (Tabla II). En general, a través del tiempo la zona 3 fue la que presentó capturas aproximadamente dos veces más altas que en las zonas 1 y 2.

La abundancia relativa estandarizada (promedios \pm 1 error estándar) en todas las zonas varió de 0.36 ± 0.37 y 10.63 ± 2.80 ind/1000 m⁻² durante todo el periodo de muestreo, con un valor promedio de 3.84 ± 3.68 (Figura. 2). En la zona 1, la abundancia relativa varió de 0.36 ± 0.37 en Ago-05 a 5.38 ± 1.65 ind/1000 m⁻² en May-05, con un valor promedio de 3.36 ± 0.34 ind/1000 m⁻². En la zona 2, fluctuó entre 1.79 ± 0.41 y 5.25 ± 1.65 ind/1000 m⁻² (en Sep-05 y Nov-04, respectivamente), y tuvo un valor promedio de 2.85 ± 0.30 ind/1000 m⁻². Por último, en la zona 3, la abundancia relativa varió entre 0.44 ± 0.16 ind/1000 m⁻² en Sep-05 y 10.63 ± 2.80 ind/1000 m⁻² en Ene-05, y exhibió un valor promedio de 5.27 ± 0.60 ind/1000 m⁻².

Tabla II. Capturas totales de lenguados de California por zona en el Estero de Punta Banda entre octubre 2004 y octubre 2005. CT: captura total; n: número de arrastres.

FECHAS	Zona 1		Zona 2		Zona3		TOTAL
	CT	n	CT	n	CT	n	
Oct-04	30	5	39	5	48	6	117
Nov-04	95	5	107	5	185	5	387
Ene-05	82	5	82	5	254	6	418
Feb-05	95	5	95	5	149	4	339
Mar-05	76	5	56	5	73	6	205
Abr-05	68	5	54	5	128	4	250
May-05	127	5	58	5	143	5	328
01-Jun-05	39	5	36	5	174	5	249
16-Jun-05	47	5	40	5	55	5	142
Jul-05	35	5	45	5	64	5	144
Ago-05	3	2	42	5	26	5	71
Sep-05	73	5	31	5	8	5	112
Oct-05	50	5	64	5	48	5	162
TOTAL	820	62	749	65	1355	66	2924

Durante el transcurso del año, la zona 3 presentó las mayores abundancias estandarizadas, excepto durante septiembre y octubre del 2005 (Figura 2). Entre los meses de Nov-04 y Feb-05 y entre Abr-05 y principios de Jun-05, la abundancia relativa en la zona 3 fue dos a tres veces más alta que en las zonas 1 y 2. En las zonas 1 y 2, las abundancias relativas fueron similares en la mayoría de los muestreos, excepto en May-05, 16-Jun-05 y Sep-05, cuando fueron aproximadamente dos veces mayores en la zona 1 que en la zona 2. En Ago-05, la abundancia relativa promedio fue seis veces más alta en la zona 2 que en la zona 1.

La abundancia relativa varió significativamente a través de los meses y entre zonas (Tabla III). No hubo una interacción significativa entre el tiempo y la zona de estudio. En general, el pico en la abundancia relativa ocurrió en invierno (Nov-04 a Feb-05) y hubo un

segundo pico durante la primavera y principios de verano (Abril a Junio-05) (Figura 2). Durante los meses de Jul-05 a Oct-05 se presentaron los valores más bajos de las abundancias relativas (Figura 2). La prueba de Tukey para tamaño de muestra desigual indicó que la abundancia relativa fue más baja en Oct-04, Ago-05 y Sep-05 (Tabla IV). Así mismo, la abundancia relativa fue más alta en la zona 3 que en la zona 2 a través del periodo de estudio, y no hubo diferencias entre la abundancia en la zona 2 y las otras zonas del estero (Tabla V).

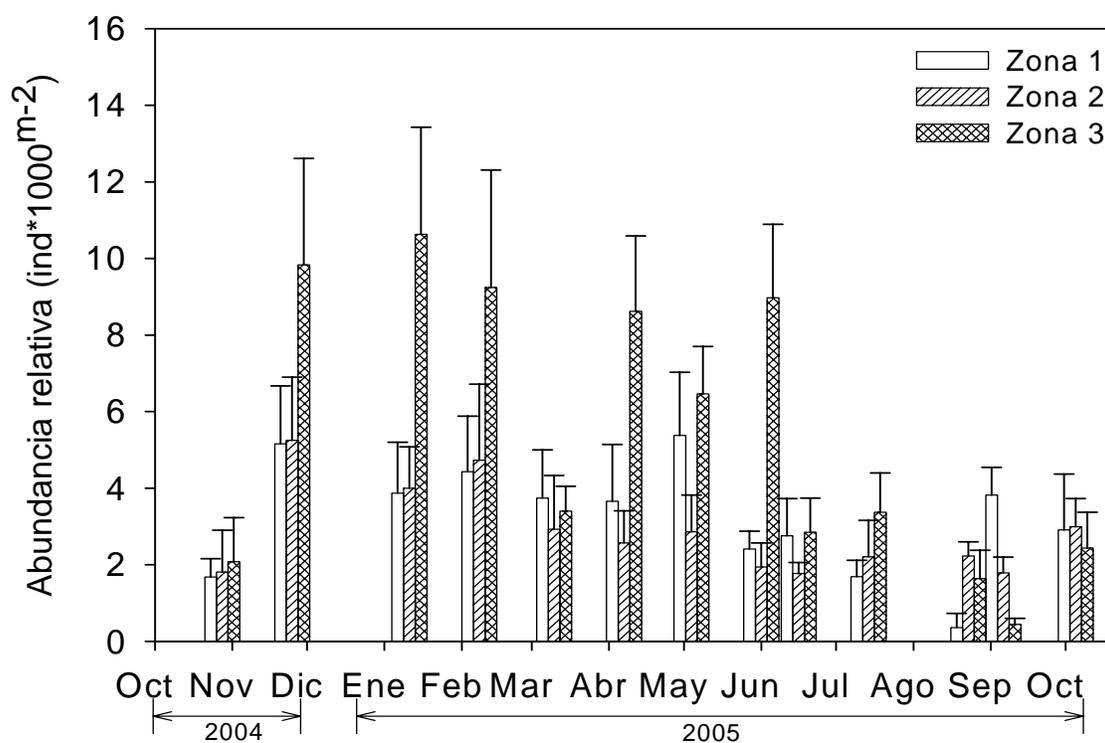


Figura 2. Abundancia relativa del lenguado de California en las tres zonas de muestreo del Estero de Punta Banda. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.

Tabla III. Resultados del ANOVA de la abundancia relativa de lenguados capturados en el Estero de Punta Banda. Los datos fueron transformados ($\log\sqrt{x+1}$) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. SC = suma de cuadrados; g. l. = grados de libertad; CM = cuadrados medios.

Fuente de variación	SC	g. l.	CM	F	p
Meses	5.22737	12	0.43561	4.3952	0.000005
Zona	1.25061	2	0.62530	6.3091	0.002325
Mes * Zona	3.52500	24	0.14687	1.4819	0.080926
Error	15.26328	154	0.09911		

Tabla IV. Resultados de la prueba de Tukey para identificar grupos homogéneos en la abundancia relativa de lenguados capturados mensualmente en el Estero de Punta Banda. Letras distintas indican diferencias significativas. AR = abundancia relativa transformada ($\log\sqrt{x+1}$). Los valores representan promedios y se presentan de manera ascendente.

Meses	AR (ind 1000m ⁻²)	
Oct-04	0.42	a
Ago-05	0.43	a b
Sep-05	0.47	a b
Jul-05	0.55	a b c
16-Jun-05	0.57	a b c
Oct-05	0.58	a b c
Mar-05	0.66	a b c
01-Jun-05	0.74	a b c
Abr-05	0.76	a b c
May-05	0.79	a b c
Feb-05	0.82	b c
Ene-05	0.89	c
Nov-05	0.90	c

Tabla V. Resultados de la prueba de Tukey para identificar grupos homogéneos en la abundancia relativa de lenguados capturados en las tres zonas de estudio del Estero de Punta Banda. Letras distintas indican diferencias significativas. AR = abundancia relativa transformada ($\log\sqrt{x+1}$). Los valores representan promedios y se presentan de manera ascendente.

Zonas	AR (ind 1000m ⁻²)	
2	0.59	a
1	0.64	a b
3	0.76	b

III. 1. 2. Parámetros abióticos y su relación con la abundancia relativa

Durante cada periodo de estudio, la temperatura instantánea medida durante los arrastres aumentó desde la boca (zona 1) hacia el interior del estero (zona 3). Las temperaturas más bajas correspondieron a la época de invierno y las más altas a la época de verano. El mínimo registrado fue de 14 °C y el máximo de 24 °C, y hubo una temperatura promedio durante el año de 19.4 ± 0.19 °C (Tabla VI).

La distribución espacial de la salinidad fue muy similar a la de la temperatura. En general, la salinidad aumentó desde la boca hacia la cabeza del estero (Tabla VI). El mínimo de salinidad fue de 31.6 ‰ y el máximo de 38.9 ‰, con un valor promedio de 34.6 ± 0.12 ‰. Las salinidades más bajas correspondieron a los meses de invierno y las más altas a los meses de primavera y verano.

Las concentraciones de oxígeno disuelto muestran un patrón inverso a los de la temperatura y salinidad, con valores altos en la boca del estero que tendían a disminuir hacia la cabeza del estero. El valor mínimo fue de 2.8 mg L⁻¹ y el máximo de 10.8 mg L⁻¹, y hubo un valor promedio durante el transcurso del año de 6.65 ± 0.11 mg L⁻¹ (Tabla VI).

Tabla VI. Parámetros abióticos medidos en el Estero de Punta Banda durante los arrastres. Valores representan promedios \pm 1 error estándar.

Fechas	Sitio 1			Sitio 2			Sitio 3		
	T (°C)	S (‰)	OD (mgL ⁻¹)	T (°C)	S (‰)	OD (mgL ⁻¹)	T (°C)	S (‰)	OD (mgL ⁻¹)
Oct-04	18.8 \pm 0.11	32.6 \pm 0.52	7.57 \pm 0.11	17.7 \pm 0.30	32.4 \pm 0.23	7.11 \pm 0.18	16.2 \pm 0.17	32.9 \pm 0.31	6.87 \pm 0.24
Nov-04	15.7 \pm 0.27	33.5 \pm 0.05	7.80 \pm 0.11	15.3 \pm 0.07	33.0 \pm 0.31	7.64 \pm 0.13	15.8 \pm 0.15	33.6 \pm 0.05	7.58 \pm 0.22
Ene-05	16.4 \pm 0.04	34.9 \pm 0.04	7.52 \pm 0.18	17.2 \pm 0.04	34.3 \pm 0.04	6.25 \pm 0.17	16.9 \pm 0.19	33.6 \pm 0.03	7.31 \pm 0.19
Feb-05	15.6 \pm 0.12	33.8 \pm 0.02	7.63 \pm 0.15	15.2 \pm 0.19	33.7 \pm 0.09	6.23 \pm 0.24	16.0 \pm 0.12	34.1 \pm 0.07	5.63 \pm 0.22
Mar-05	18.7 \pm 0.11	34.8 \pm 0.04	5.44 \pm 0.08	20.9 \pm 0.29	32.5 \pm 0.24	7.38 \pm 0.24	20.3 \pm 0.07	32.0 \pm 0.13	7.43 \pm 0.11
Abr-05	16.6 \pm 0.18	34.0 \pm 0.09	7.59 \pm 0.09	17.1 \pm 0.33	33.8 \pm 0.31	7.65 \pm 0.15	21.1 \pm 0.21	36.2 \pm 0.04	6.94 \pm 0.16
May-05	19.0 \pm 0.12	34.3 \pm 0.07	5.76 \pm 0.31	19.5 \pm 0.09	35.2 \pm 0.12	4.70 \pm 0.29	21.2 \pm 0.23	37.2 \pm 0.12	5.24 \pm 0.22
Jun1a-05	21.0 \pm 0.38	34.0 \pm 0.13	9.37 \pm 1.10	22.5 \pm 0.18	36.1 \pm 0.09	3.86 \pm 0.19	22.2 \pm 0.17	38.5 \pm 0.18	3.69 \pm 0.14
Jun2a-05	19.7 \pm 0.22	34.1 \pm 0.06	6.50 \pm 0.21	21.0 \pm 0.07	35.4 \pm 0.06	5.08 \pm 0.17	20.4 \pm 0.05	38.3 \pm 0.09	3.38 \pm 0.33
Jul-05	20.9 \pm 0.04	33.9 \pm 0.02	9.27 \pm 0.20	22.0 \pm 0.47	34.6 \pm 0.26	6.30 \pm 0.37	23.7 \pm 0.06	38.5 \pm 0.16	5.51 \pm 0.09
Ago-05	22.3 \pm 0.05	34.0 \pm 0.05	9.04 \pm 0.48	22.3 \pm 0.37	33.5 \pm 0.20	7.67 \pm 0.23	23.5 \pm 0.16	35.8 \pm 0.07	4.22 \pm 0.25
Sep-05	20.0 \pm 0.02	34.5 \pm 0.02	7.06 \pm 0.17	21.6 \pm 0.02	35.0 \pm 0.02	6.68 \pm 0.28	23.1 \pm 0.02	35.6 \pm 0.02	5.55 \pm 0.24
Oct-05	18.1 \pm 0.14	33.8 \pm 0.18	8.28 \pm 0.28	20.8 \pm 0.68	34.4 \pm 0.18	7.17 \pm 0.34	23.7 \pm 0.14	36.1 \pm 0.16	6.77 \pm 0.30

El análisis de regresión múltiple indicó que hubo una relación significativa entre los parámetros abióticos y la abundancia relativa (Tablas VII y VIII). La temperatura fue el predictor más importante, con un valor de R de 0.27. Hubo una relación significativa e inversa entre la temperatura y la abundancia relativa, mientras que las relaciones significativas con la salinidad y la profundidad fueron directas. El oxígeno disuelto no tuvo un efecto significativo sobre la abundancia relativa.

Tabla VII. Resultados de la regresión múltiple entre la abundancia relativa y parámetros abióticos en el Estero de Punta Banda.

Variable	R múltiple	Pendiente (β)	$t_{(188)}$	p
Intercepto		16.48	7.35525	0.000000
Temperatura	0.27	-1.58	-4.29148	0.000028
Temperatura*Salinidad	0.36	0.03	3.31533	0.001097
Profundidad	0.39	-0.58	-2.10646	0.036484

Tabla VIII. ANDEVA de la regresión múltiple entre la abundancia relativa y parámetros abióticos (temperatura, zona, salinidad, profundidad) en el Estero de Punta Banda. Abreviaciones como en la Tabla III.

Fuente de variación	SC	g. l.	CM	F	p
Regresión	387.492	3	129.1639	11.05116	0.000001
Residual	2208.997	189	11.6878		
Total	2596.489				

El modelo general lineal que describe la abundancia relativa en el Estero de Punta Banda es el siguiente:

$$\text{Abundancia relativa (ind/1000 m}^{-2}\text{)} = 16.48 - 1.58*T + 0.03\text{Temp*Sal} - 0.58*\text{profundidad (6)}$$

III. 1. 3. Distribución de frecuencia de tallas

En la zona 1, cerca a la boca del estero, el lenguado de California presentó amplios intervalos de tallas (de 25 a más de 400 mm LE; el individuo más grande capturado fue de 680 mm LE). Entre los meses de Oct-04 y Abr-05 se presentó una alta proporción de individuos relativamente pequeños (ca. 100 mm LE) y pocos peces con tallas mayores a los 200 mm LE. Sin embargo, entre los meses de May-05 y Oct-05, la frecuencia de individuos mayores a los 200 mm LE aumentó, aunque la fracción de juveniles menores a los 200 mm siguió siendo más alta (Figura 3). Lo cual sugiere que hay un movimiento de peces más grandes de otras partes del estero hacia la boca.

En la zona 2, se registró un intervalo de tallas de 23 a 788 mm LE (Figura 4). Aunque la frecuencia de organismos con tallas menores de 200 mm LE fue siempre más alta que la de individuos más grandes (87% y 13%, respectivamente), hubo capturas de organismos más grandes de 200 mm durante todo el periodo de estudio. El porcentaje de individuos más grandes de 200 mm LE fueron más altos entre Mar-05 y Jun-05 (ca. 20% del total).

La zona 3 también presentó amplios intervalos de tallas (23 a 784 mm LE). En esta zona, el porcentaje de organismos mayores a los 200 mm (15% del total) LE fue un poco más alta que en la zona 1 y 2 (11 y 13% del total, respectivamente). El porcentaje de organismos pequeños (< 200 mm LE) fue más alto entre Oct-05 y Abr-05 (ca. 89% del total), pero entre Jun-05 y Oct-05 hubo un aumento en el porcentaje de individuos mayores a los 200 mm LE (23% del total, Figura 5).

Las distribuciones de frecuencias de tallas obtenidas entre octubre de 2004 a octubre de 2005 para cada zona en el Estero de Punta Banda fueron estadísticamente diferentes (Tabla IX).

Tabla IX. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis comparando las frecuencias de tallas obtenidas entre octubre de 2004 a octubre de 2005 para cada zona del Estero de Punta Banda. g. l. = grados de libertad.

	g. l.	H	p
Zona 1	12	99.20541	0.000000
Zona 2	12	65.96487	0.000000
Zona 3	12	202.4163	0.000000

Se evaluó la distribución de frecuencias de tallas de todas las zonas juntas a través del tiempo para identificar picos en la abundancia de peces pequeños que indiquen la ocurrencia reciente de eventos de inmigración estuarina. La moda principal, de 40 y 70 mm LE, ocurrió durante los meses de Oct-04 y Feb-05. Esto sugiere que este periodo fue la principal época de inmigración estuarina. Sin embargo, en May-05 y Jul-05, también se presentan individuos pequeños en todo el sistema, sugiriendo que en estos meses también pudo haber inmigración, aunque en menor cantidad y a tallas más grandes, ya que la moda fue de 60 a 80 mm LE. Alternativamente, la alta abundancia de estos peces más grandes podría reflejar el crecimiento de reclutas dentro del estero.

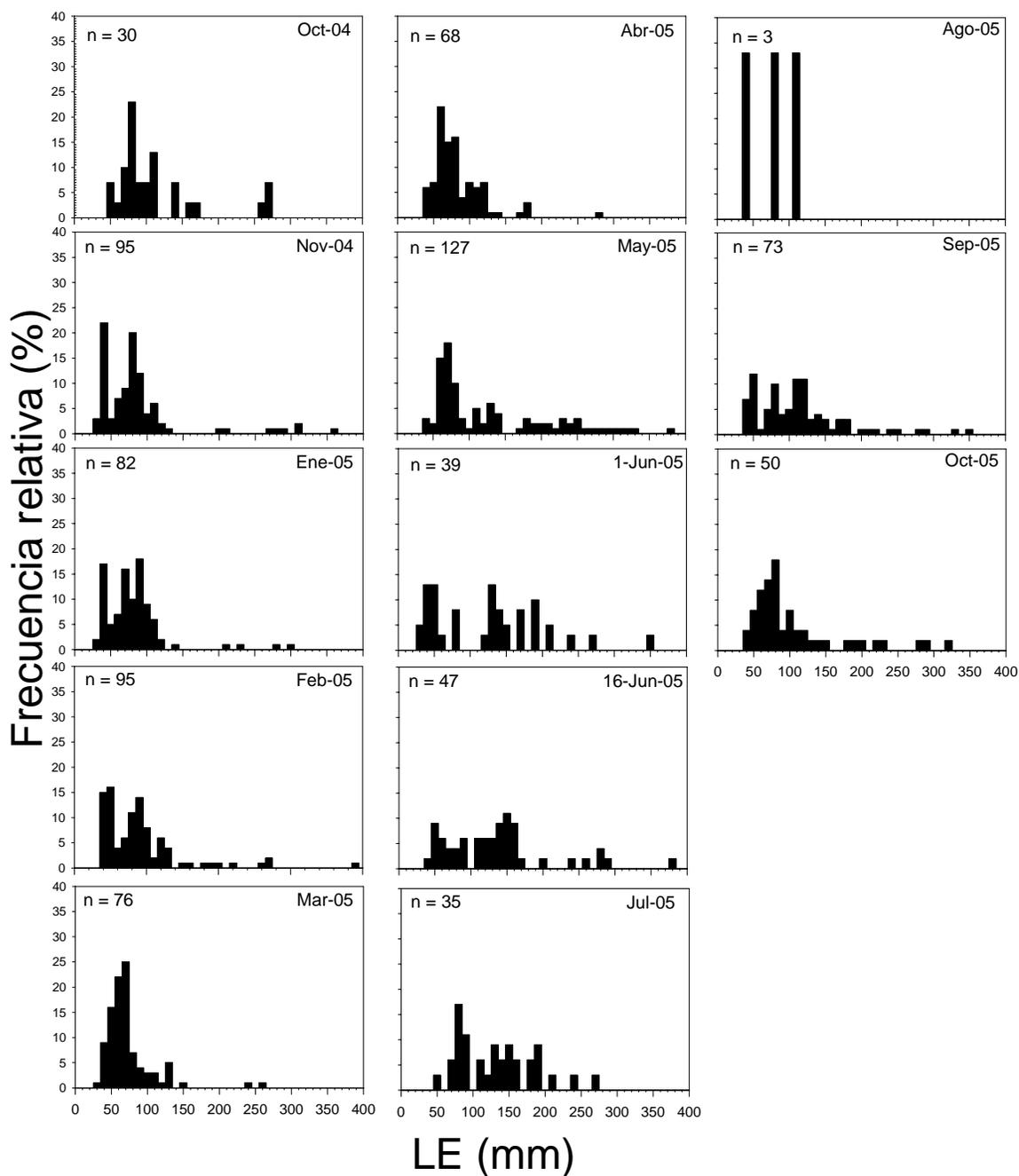


Figura 3. Distribución de frecuencias de tallas (longitud estándar, mm) de lenguados de California (*Paralichthys californicus*) capturados en la zona 1 del Estero de Punta Banda de octubre del 2004 a octubre del 2005. El intervalo de tallas de 390-400 mm LE incluye individuos con tallas mayores a los 400 mm.

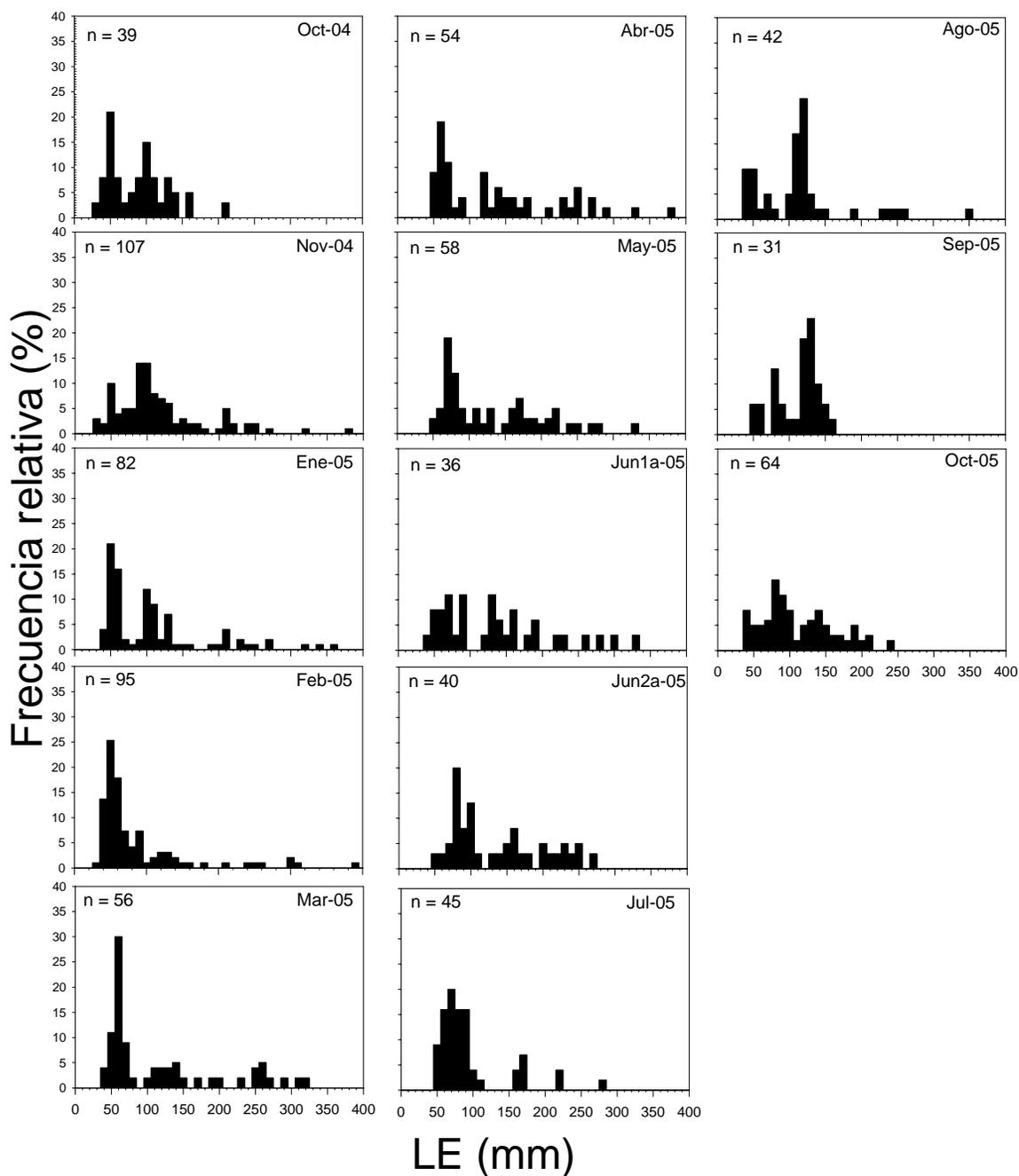


Figura 4. Distribución de frecuencias de tallas (longitud estándar, mm) del lenguado de California (*Paralichthys californicus*) capturados en la zona 2 en el Estero de Punta Banda de octubre de 2004 a octubre de 2005. El intervalo de tallas de 390-400 mm LE incluye individuos con tallas mayores a los 400 mm.

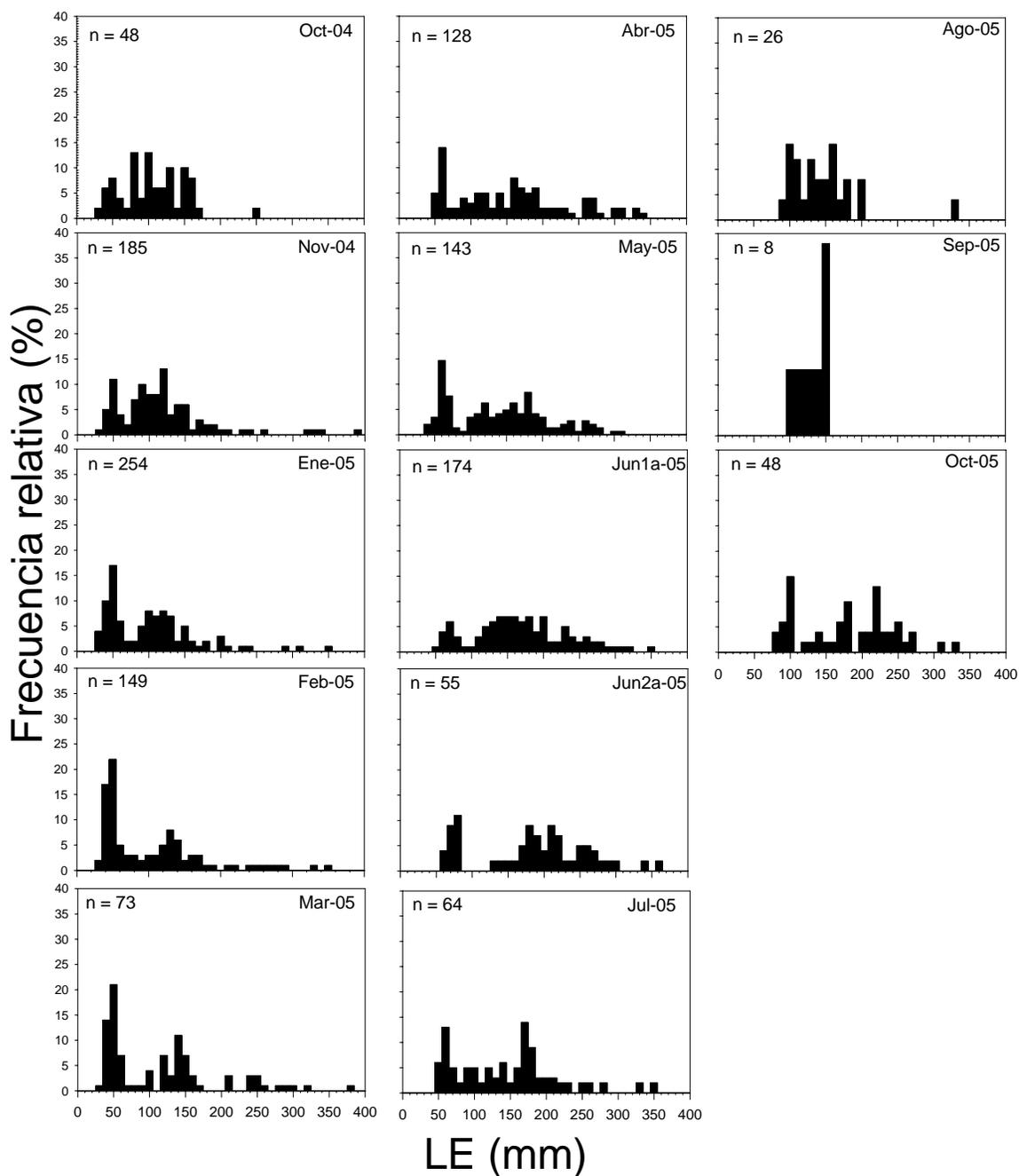


Figura 5. Distribución de frecuencias de tallas (longitud estándar, mm) del lenguado de California (*Paralichthys californicus*) capturados en la zona 3 en el Estero de Punta Banda de octubre de 2004 a octubre de 2005. El intervalo de tallas de 390-400 mm LE incluye individuos con tallas mayores a los 400 mm.

Así mismo, se graficaron las distribuciones de tallas de todos los peces capturados en cada una de las tres zonas del estero para evaluar si alguna de ellas exhibía una mayor abundancia relativa de peces de tallas pequeñas que indicaran el uso preferencial del hábitat de crianza (Figura 6). La zona 1 mostró una distribución asimétrica con mayores abundancias de tallas pequeñas. La moda fue entre los 40 y 90 mm LE (40% del total de individuos), y el pico correspondió a los 80 mm LE. En la zona 2, la distribución de frecuencias de tallas correspondiente a todo el periodo de estudio también mostró una distribución sesgada, con una moda entre los 40 y 70 mm LE, que incluía el 36% del total de los individuos capturados, con un pico a los 50 mm LE. En contraste, la distribución de frecuencias de tallas de la zona 3 fue bimodal, con un pico en la abundancia de individuos de 40 a 70 mm LE (moda de 50 mm LE, 28% del total) y otro pico más amplio entre los 100 y 150 mm LE (moda de 120 mm LE, 22% del total) (Figura 6). No hubo diferencias significativas en frecuencia de tallas de lenguados de California capturados en las tres zonas durante todo el periodo de estudio ($H(2, N=123) = 0.8418832, p = 0.6564$, Figura 6).

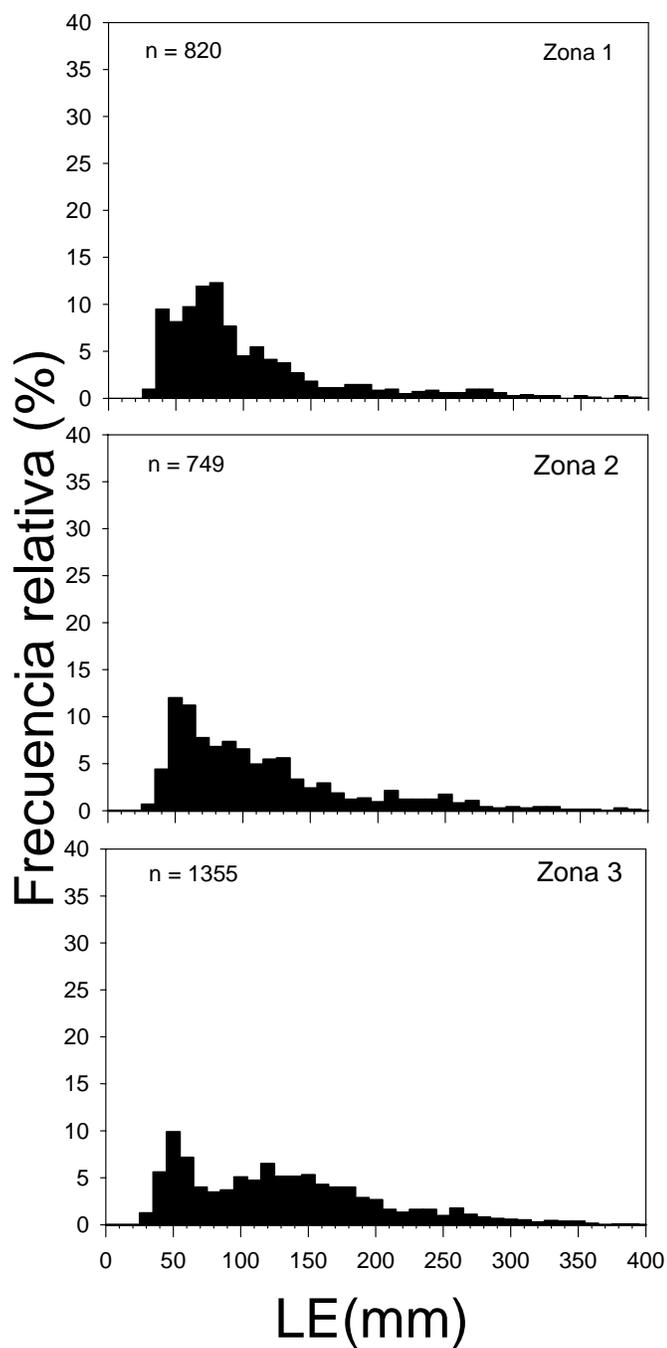


Figura 6. Distribución de frecuencias de tallas (longitud estándar, mm) de lenguados de California (*Paralichthys californicus*) capturados en las tres zonas del Estero de Punta Banda de octubre del 2004 a octubre del 2005. El intervalo de tallas de 390-400 mm LE incluye individuos con tallas mayores a los 400 mm.

III. 2. Tasas de crecimiento de los otolitos de juveniles de lenguado capturados en el medio natural durante los 14 días más recientes

Las tasas de crecimiento más altas registradas cerca de la boca del sistema correspondieron a los meses de Ene-05 y May-05, cuando se registraron valores promedio de 113.86 ± 5.61 y $94.50 \pm 6.39 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$, respectivamente (Figura. 7). Los valores más bajos correspondieron a los meses de Sep-05 y Mar-05, con valores promedio de 63.26 ± 2.24 y $76.58 \pm 4.93 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$, respectivamente. El promedio de la tasa de crecimiento durante todo el periodo de estudio en la zona 1 fue de $86.57 \pm 2.45 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$.

En la zona 2, los meses de Oct-04 y May-05 presentaron las tasas de crecimiento promedio más altas, con valores de 101.73 ± 3.73 y $86.27 \pm 5.43 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$, respectivamente. Las tasas de crecimiento más bajas fueron de 67.89 ± 4.98 en Mar-05 y $69.74 \pm 4.38 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$ en Sep-05 (Figura 7). La tasa de crecimiento promedio de los otolitos durante el transcurso del año fue de $81.24 \pm 2.12 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$.

Por último, en la parte interna del estero (zona 3) las tasas de crecimiento de los otolitos del medio natural exhibieron valores altos de 117.60 ± 4.49 en Oct-04 y $108.96 \pm 5.81 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$ en May-05. Los valores más bajos ocurrieron en los meses de Sep-05 y Ene-05, con valores medios de 57.55 ± 2.06 y $68.48 \pm 5.65 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$, respectivamente. La tasa de crecimiento promedio de los otolitos de peces capturados en la zona durante todo el periodo de estudio fue de $84.88 \pm 2.90 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$.

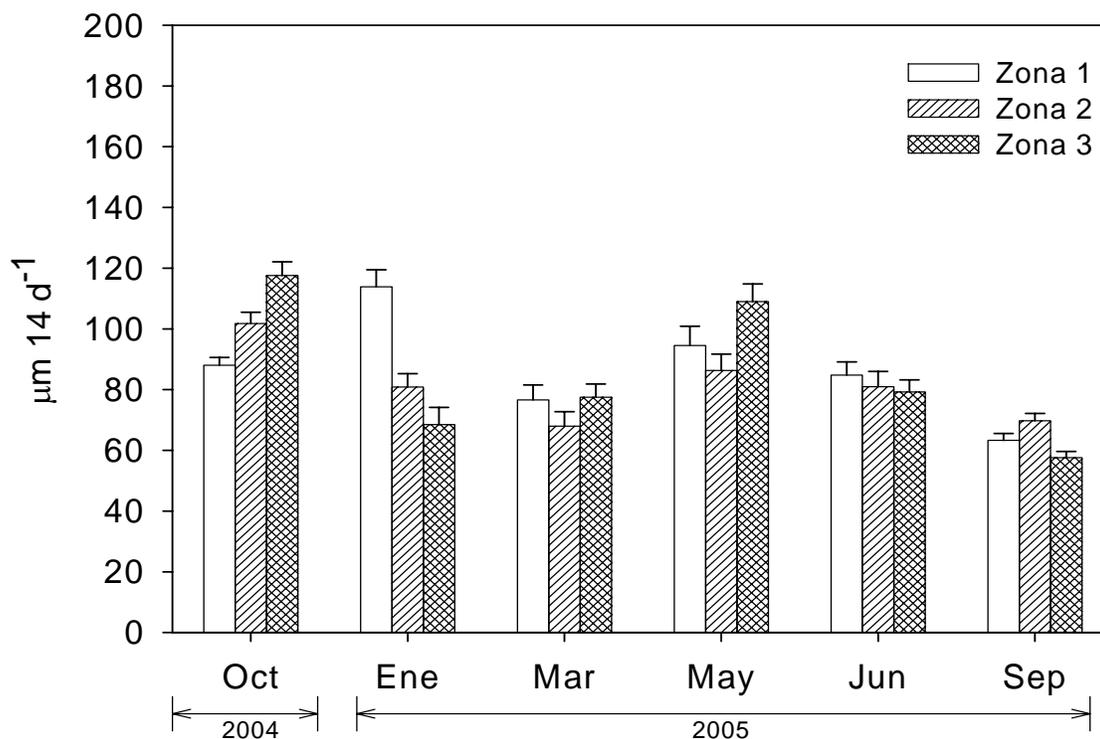


Figura 7. Tasa de crecimiento de los otolitos de juveniles de lenguado de California en el medio natural en el Estero de Punta Banda durante 14 días. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.

La tasa de crecimiento reciente obtenida de los otolitos de peces marinos puede ser función de la talla (Sogard y Able, 1992; Xiao, 1999; Pepin *et al.*, 2001; Campana, 2001), por lo que en este estudio, se seleccionaron cinco peces de cada uno de los siguientes intervalos de tallas: 50-80, 81-120 y 121-150 mm LE. En ese sentido, es usual que se utilice un análisis de covarianza para evaluar si existen diferencias entre las tasas de crecimiento obtenidas para peces de distintas épocas y localidades (e.g., Rooker *et al.*, 1999; Phelan *et al.*, 2000; Manderson *et al.*, 2002; Stunz *et al.*, 2002). Para evaluar si había una relación entre la tasa de crecimiento durante los 14 días más recientes y la longitud estándar (mm) de cada pez, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal. La regresión lineal indicó que

no hubo una relación significativa entre la tasa de crecimiento de los otolitos y la longitud estándar de cada pez ($F(1,265) = 0.1032$, $p = 0.748$; Figura 8). Por lo tanto, se utilizó un análisis de varianza de dos vías para evaluar la variación en las tasas de crecimiento correspondientes a distintas épocas del año y zonas del estero.

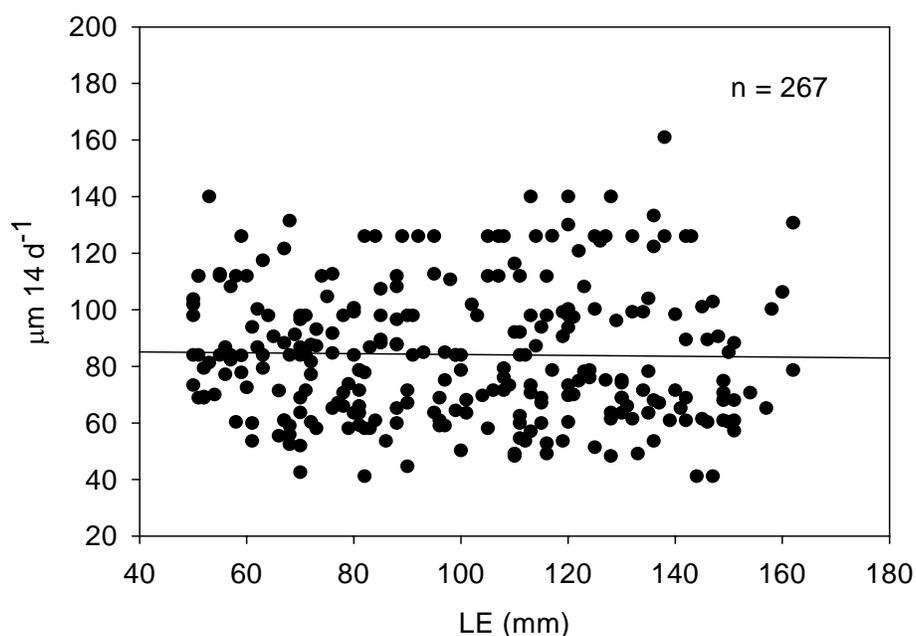


Figura 8. Relación entre la tasa de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural y su longitud estándar (mm LE).

Las tasas de crecimiento transformadas ($\log\sqrt{((\mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1} + 1))}$) tuvieron una distribución normal (K-S $d = 0.11$, $p < 0.2$) y varianzas homogéneas (Levene's $F's (17,248) = 1.343$, $p = 0.167$). El análisis de varianza indicó que hubo una interacción significativa entre el tiempo y las zonas estudio (Tabla X). Hubo diferencias significativas en las tasas de crecimiento de los otolitos del medio natural entre los meses de muestreo, pero no hubo diferencias significativas entre las zonas (Tabla X). La prueba de Tukey para tamaño de

III. 3. Experimentos en jaulas

Para los experimentos correspondientes a los primeros 14 días, se introdujeron un total de 192 peces en jaulas. De estos, se recuperaron 131, lo cual corresponde al 68% del total. Como consecuencia de la pérdida de jaulas, no se recuperaron 61 peces (32% del total). Adicionalmente, el 27% del total de los peces recuperados murieron o se escaparon. En la zona 1, la tasa de mortalidad o escape promedio entre experimentos fue de 47%, mientras que en la zona 2 y 3 fue de 17% y 24%, respectivamente (Tabla XII).

Para los experimentos que duraron 28 d, se introdujeron un total de 196 peces en jaulas durante todo el periodo de estudio. De estos, se recuperaron 83 peces, lo cual representa el 42% del total (Tabla XIII). Por lo tanto la tasa de escape o mortalidad fue más alta que durante los experimentos que duraron 14 días, lo cual es de esperarse al considerar que transcurrió el doble del tiempo. Las tasas de mortalidad o escape promedio de la zona 3 fue de 26%, mientras que en la zona 2 fue de 38%. En la zona 1 no se pudieron recuperar la mayoría de las jaulas, ya que estas se perdieron al ser arrastradas por las corrientes o al quedar enterradas por el sedimento.

Tabla XII. Datos de la fecha de inicio de los experimentos, zonas, número de identificación de jaulas y intervalos iniciales de LE de los peces introducidos en jaulas durante aproximadamente 14 días. Los asteriscos indican jaulas que se perdieron. n.r.: jaula en la cual no se introdujeron peces por no ser capturados los suficientes.

Inicio Exp.	Sitio	Jaula	Intervalo LE inicial (mm)	Peces introducidos	Peces recuperados	% M
Oct-04	1	1	89-158	6	*	*
	1	3	70-102	6	*	*
	2	1	96-159	6	6	0
	2	3	79-135	6	6	0
	3	1	78-146	6	6	0
	3	3	75-150	6	4	33
Ene-05	1	1	96-116	6	4	33
	1	3	84-104	6	0	100
	2	1	88-115	6	5	17
	2	3	90-113	6	6	0
	3	1	113-149	6	4	33
	3	3	95-112	6	4	33
Mar-05	1	1	61-125	6	1	83
	1	2	55-140	6	5	17
	2	1	62-138	6	4	33
	2	3	52-136	6	5	17
	3	1	80-150	6	6	0
	3	3	80-144	6	5	17
May-05	1	1	114-140	6	4	33
	1	3	65-140	6	2	67
	2	1	64-165	6	5	17
	2	3	63-152	6	6	0
	3	1	68-150	6	4	33
	3	3	56-139	6	4	33
Jun-05	1	3	88-146	6	3	50
	1	4	n.r.	-	-	-
	2	1	91-157	6	6	0
	2	3	72-99	6	3	50
	3	2	65-170	6	4	33
	3	4	n.r.	-	-	-
Sep-05	1	2	75-122	6	4	33
	1	3	73-141	6	6	0
	2	1	53-146	6	4	33
	2	2	n.r.	-	-	-
	3	2	91-167	6	5	17
	3	3	n.r.	-	-	-

Tabla XIII. Datos de la fecha de inicio de los experimentos, zonas, número de identificación de jaulas y intervalos iniciales de LE de los peces introducidos en jaulas durante aproximadamente 28 días. Los asteriscos indican jaulas que se perdieron. n.r.: jaula en la cual no se introdujeron peces por no ser capturados los suficientes.

Inicio Exp.	Sitio	Jaula	Intervalo LE inicial (mm)	Peces introducidos	Peces recuperados	% M
Oct-04	1	2	72-130	6	*	*
	1	4	69-85	6	*	*
	2	2	55-103	6	6	0
	2	4	67-146	6	4	33
	3	2	75-149	6	*	*
	3	4	67-148	6	*	*
Ene-05	1	2	80-145	6	*	*
	1	4	82-143	6	*	*
	2	2	90-122	6	6	0
	2	4	62-146	6	5	17
	3	2	120-140	6	4	33
	3	4	85-119	6	2	67
Mar-05	1	3	n.r.	-	-	-
	1	4	n.r.	-	-	-
	2	2	54-150	6	4	33
	2	4	n.r.	-	-	-
	3	2	118-156	6	6	0
	3	4	102-160	6	6	0
May-05	1	1	63-132	6	*	*
	1	3	64-155	6	*	*
	2	1	69-157	6	5	17
	2	3	n.r.	-	-	-
	3	1	57-160	6	4	33
	3	3	56-146	6	4	33
Jun-05	1	1	89-159	6	*	*
	1	2	106-133	6	*	*
	2	2	101-161	6	3	50
	2	4	69-73	6	*	*
	3	1	72-150	6	5	17
	3	3	63-172	6	4	33
Sep-05	1	1	71-144	6	*	*
	1	4	71-143	6	6	0
	2	3	50-151	6	4	33
	2	4	110-129	6	4	33
	3	1	147	6	1	83
	3	4	n.r.	-	-	-

III. 3. 1. Tasas de crecimiento somático: 14 días

En general, las tasas de crecimiento de los peces mantenidos en jaulas fueron muy bajas, lo cual indica que las condiciones no fueron propicias para el crecimiento. La tasa promedio de crecimiento somático instantánea (G) registrada en la zona 1 varió de 0.0011 ± 0.0002 en Ene-05 a $0.0015 \pm 0.0005 \text{ d}^{-1}$ en Mar-05, mientras que en la zona 2 varió de 0.0013 ± 0.0002 (Mar-05) a $0.0015 \pm 0.0002 \text{ d}^{-1}$ (Sep-05) (Figura 9). En la zona 3, la tasa de crecimiento fluctuó entre 0.0004 ± 0.0002 (Sep-05) y $0.0014 \pm 0.0002 \text{ d}^{-1}$ (Oct-04) (Figura 9). La tasa de crecimiento más alta registrada durante el estudio ($0.0015 \pm 0.0002 \text{ d}^{-1}$) fue casi cuatro veces mayor que la menor (0.0004 ± 0.0002). Sin embargo, las tasas de crecimiento somático promediadas para cada zona a través del año fueron muy similares ($0.0013 \pm 0.0001 \text{ d}^{-1}$, $0.0013 \pm 0.0001 \text{ d}^{-1}$ y $0.0011 \pm 0.0002 \text{ d}^{-1}$ para las zonas 1, 2 y 3, respectivamente). Por último, debido a que las tasas de crecimiento somático de los peces mantenidos en jaulas fueron muy bajas en comparación con otros trabajos que utilizaron el mismo método (Kicklighter, 1990; Duffy-Anderson y Able, 1999; Phelan *et al.*, 2000; Meng *et al.*, 2000, 2001, ver discusión), concluí que no reflejaban adecuadamente el potencial como hábitat de crianza de distintas zonas del estero a través del tiempo. Por lo tanto, no se realizaron análisis estadísticos para evaluar diferencias potenciales en las tasas de crecimiento de peces mantenidos en jaulas.

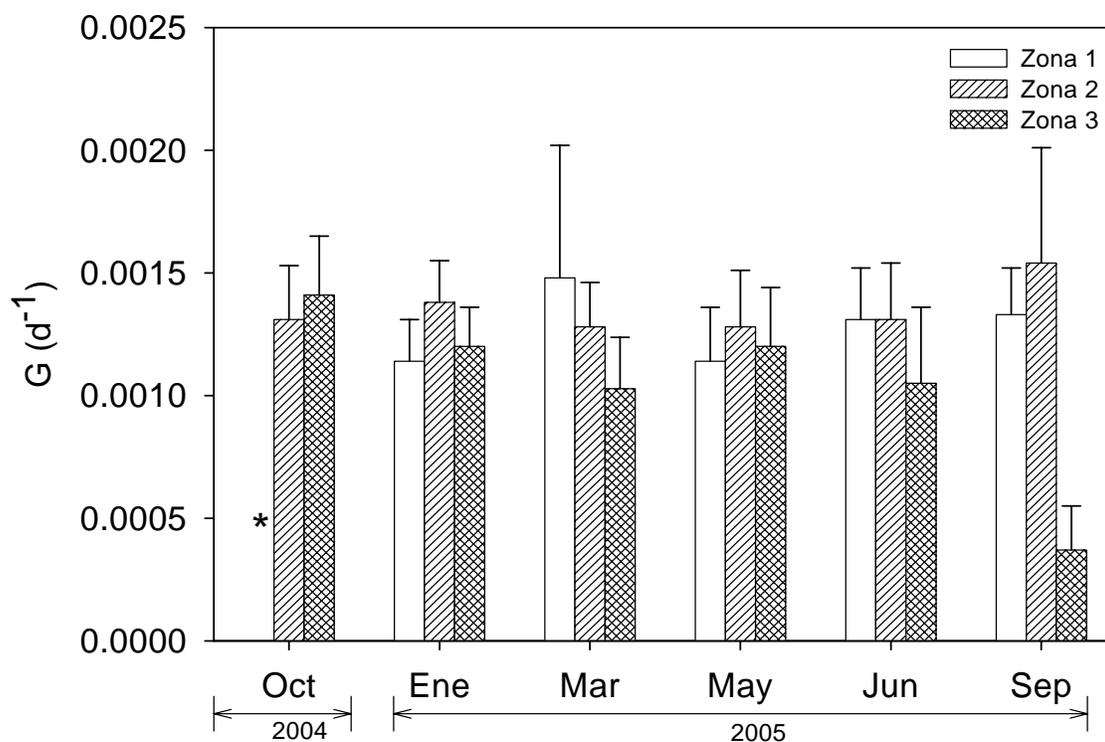


Figura 9. Tasas de crecimiento instantáneo G (d^{-1}) de lenguados de California durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 14 días. El asterisco representa jaulas que se perdieron. Los valores representan promedios ± 1 error estándar.

III. 3. 2. Tasas de crecimiento somático: 28 días

La tasa de crecimiento somático instantáneo (G) medida en los peces mantenidos en jaulas durante 28 días fueron tres veces más bajas que las obtenidas durante 14 días, indicando que los peces crecieron mucho menos en la tercera y cuarta semana del experimento. Por ejemplo, en las zonas 2 y 3, las tasas de crecimiento somático variaron de entre 0.0004 ± 0.0001 (Ene-04) d^{-1} y 0.0007 ± 0.0001 d^{-1} (en May-05 y Mar-05) (Figura 10). En la zona 1, se obtuvo sólo un dato durante todo el periodo de estudio: 0.0006 ± 0.0001 d^{-1} (Sep-05). Al igual que en los experimentos de 14 d, las tres zonas presentaron

tasas de crecimiento promedio similares con valores de $0.0006 \pm 0.0001 \text{ d}^{-1}$, $0.0005 \pm 0.0001 \text{ d}^{-1}$ y $0.0005 \pm 0.0001 \text{ d}^{-1}$, para la zonas 1, 2 y 3, respectivamente. Sin embargo, dada las bajas tasas de crecimiento, tampoco consideré adecuado aplicar análisis estadísticos a las tasas de crecimiento somático corresponde a los experimentos de 28 d.

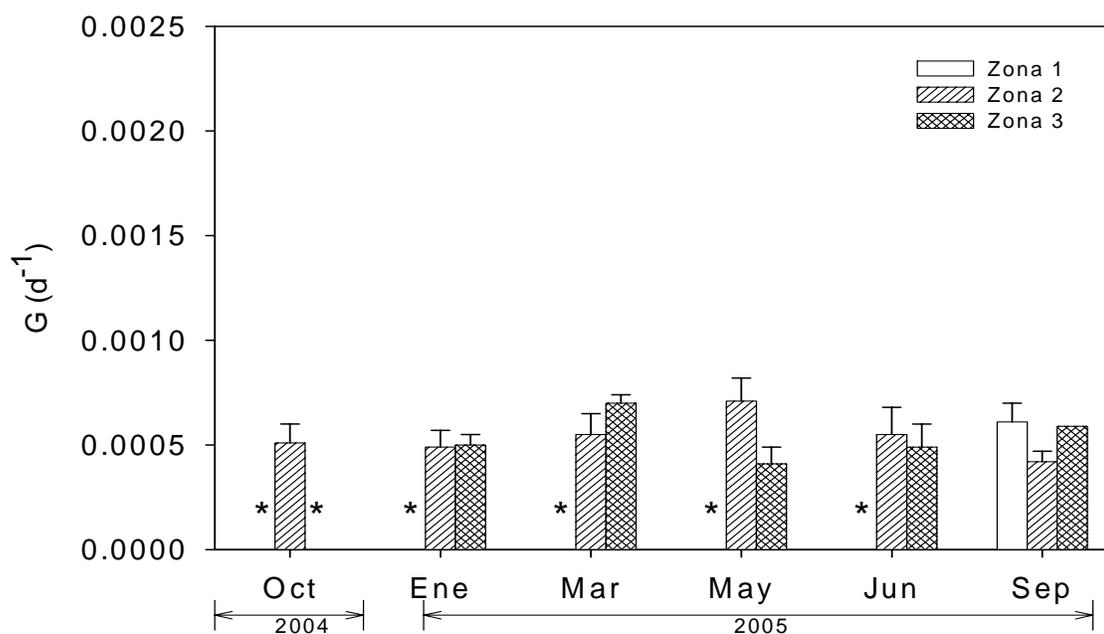


Figura 10. Tasa de crecimiento instantáneo $G \text{ (d}^{-1}\text{)}$ de lenguados de California durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante aproximadamente 28 días. Los asteriscos indican jaulas que se perdieron. Los valores representan promedios ± 1 error estándar.

III. 4. Tasas de crecimiento de los otolitos de lenguados mantenidos en jaulas

III. 4. 1. Tasas de crecimiento de los otolitos: 14 días

Al igual que las tasas de crecimiento somáticas, las tasas de crecimiento de los otolitos de los peces mantenidos en jaulas fueron muy bajas; las obtenidas para peces del medio natural fueron alrededor de 5 a 6 veces más altas que las de los peces mantenidos en jaulas. Por tal motivo, sólo se describirá gráficamente las variaciones de las tasas de crecimiento de los otolitos en jaulas para cada una de las zonas y durante los meses de los experimentos, y no se aplicarán análisis estadísticos.

Las tasas de crecimiento promedio de los otolitos en la zona 1 variaron de $18.94 \pm 1.93 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$ en Sep-05 a $22.79 \pm 1.28 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$ en Jun-05, mientras que en la zona 2 fluctuó de 14.01 ± 1.22 en Mar-05 a $22.56 \pm 1.74 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$ en Oct-04 (Figura 11). En la zona 3, la tasa de crecimiento de los otolitos varió de 12.50 ± 2.12 (Sep-05) a $18.43 \pm 2.32 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$ (May-05). La tasa de crecimiento promedio al final de los experimentos en la zona 3 fue de $16.36 \pm 0.75 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$, mientras que la zona 1 y 2, tuvieron valores de 19.48 ± 0.79 y $20.12 \pm 0.89 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$, respectivamente. En el mes de Sep-05 se presentó la tasa de crecimiento más baja ($12.50 \pm 2.12 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$), mientras que en el mes de Ene-05 se obtuvo la más alta ($22.79 \pm 1.28 \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1}$), correspondientes a la zona 3 y 1, respectivamente. En resumen, ninguna zona del estero exhibió crecimiento consistentemente alto o bajo.

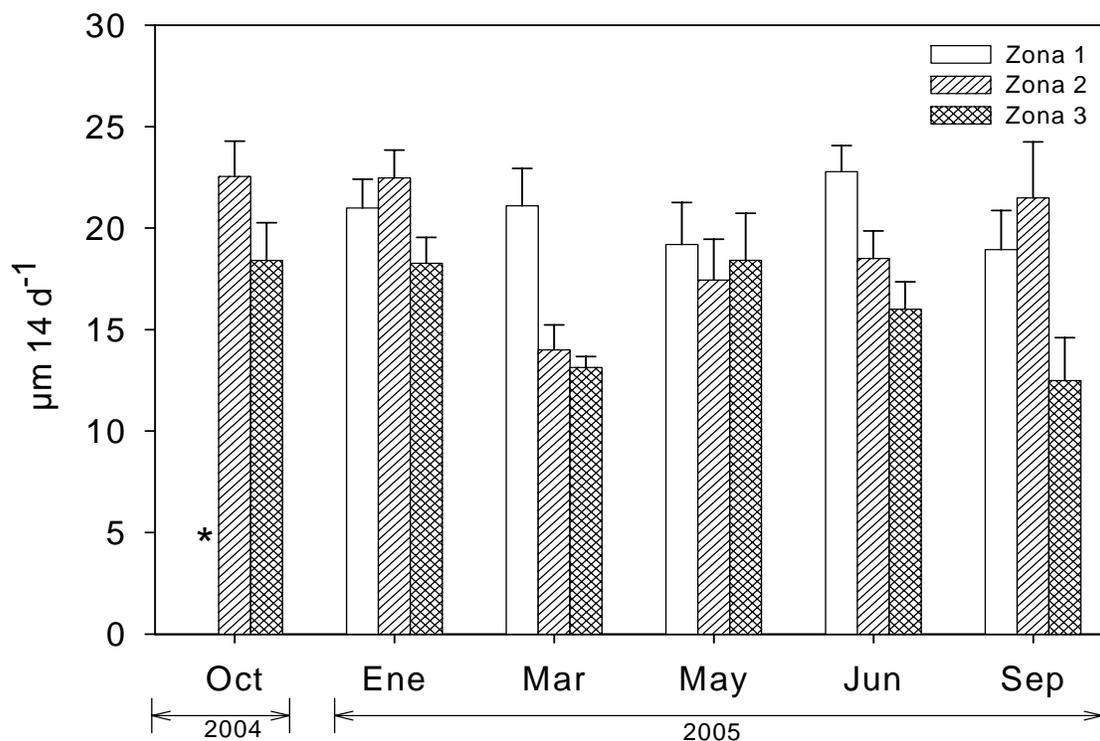


Figura 11. Tasa de crecimiento de los otolitos durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 14 días. El asterisco son jaulas que se perdieron. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.

III. 4. 2. Tasas de crecimiento de los otolitos: 28 días

En general, las tasas de crecimiento de los otolitos de los peces mantenidos en jaulas durante 28 días fueron similares entre las distintas zonas, con valores promedios de 23.50 ± 1.18 , 22.45 ± 0.60 y $24.54 \pm 0.48 \mu\text{m } 28 \text{ d}^{-1}$, para la zona 1, 2 y 3, respectivamente, (Figura 12). Los valores promedio fueron un poco más altos que los obtenidos para los 14 días, aunque representan el doble del tiempo. Esto indica que los otolitos crecieron menos durante las segundas dos semanas del experimento.

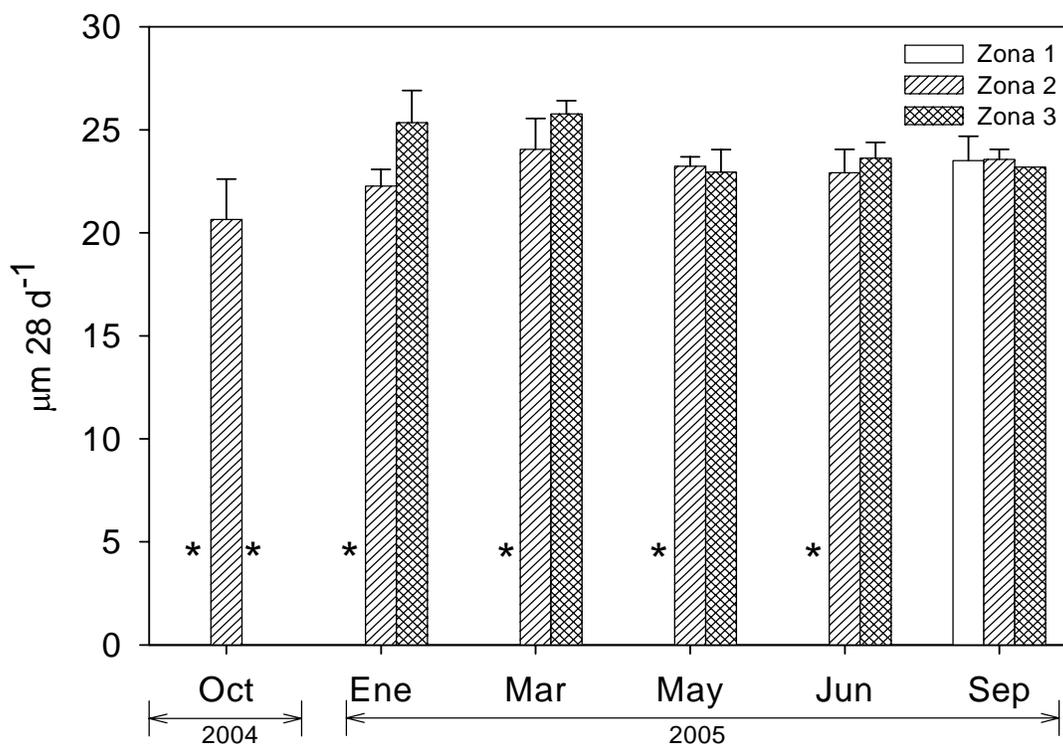


Figura 12. Tasa de crecimiento de los otolitos durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 28 días. El asterisco son jaulas que se perdieron. Los valores representan promedios \pm 1 error estándar.

III. 5. Relación entre las tasas de crecimiento somático vs de los otolitos: 14 días

Aunque las tasas de crecimiento somático y de los otolitos fueron relativamente bajas, hubo una correlación significativa entre ambas medidas de crecimiento en los peces mantenidos en jaulas por 14 d ($r = 0.76$, $F(1,127) = 176.07$, $p < 0.001$, Figura 13). Esto sugiere que a pesar del bajo crecimiento, el crecimiento de los otolitos refleja los cambios en la longitud de los peces. La relación se describe por la siguiente ecuación:

$$G = 0.0005 + 9 \times 10^{-5} * \mu\text{m } 14 \text{ d}^{-1} \quad (7)$$

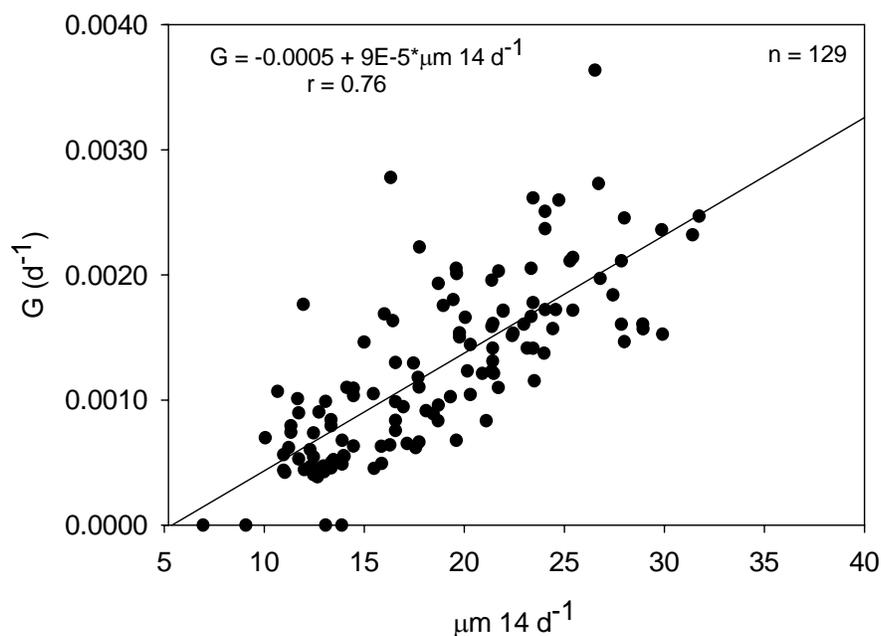


Figura 13. Relación entre la tasa de crecimiento instantánea (G) y la tasa de crecimiento del otolito de peces individuales mantenidos en jaulas en el Estero de Punta Banda durante 14 días.

III. 6. Relación entre la temperatura medida in situ y el crecimiento

III. 6. 1. Temperatura medida in situ

Dada la pérdida de termógrafos durante el estudio, faltan datos para algunas temporadas, principalmente de las zonas 1 y 2. Sin embargo, al parecer hubo diferencias más altas en la temperatura *in situ* medida con termógrafos en las distintas zonas del estero durante las épocas de primavera y verano que durante el invierno. Durante primavera y verano, la diferencia entre la temperatura promedio diaria medida cerca de la boca del estero y en cabeza del sistema fue de alrededor de 4 °C. Para el invierno, como hubo poco datos, fue difícil evaluar esto con los datos de los termógrafos (Figura 14). Sin embargo, las

medidas instantáneas de temperaturas tomadas durante los arrastres indican que durante el invierno la diferencia entre zonas fue de ca. 1 °C (Tabla VIII).

Con base en los datos que sí se obtuvieron, en la zona 1 las temperaturas promedio diarias variaron entre 15.26 °C (22-nov-04) y 22.82 °C (27-jul-05), mientras que en la zona 2 la temperatura varió entre los 15.32 °C (22-nov-04) y los 21.99 (1-jun-05). La zona 3, exhibió un intervalo de valores entre 14.23 °C (17-dic-04) a 25.80 °C (21-jul-05). En general, en un mismo momento, la temperatura fue más baja cerca a la boca del estero y aumentaba hacia la cabeza.

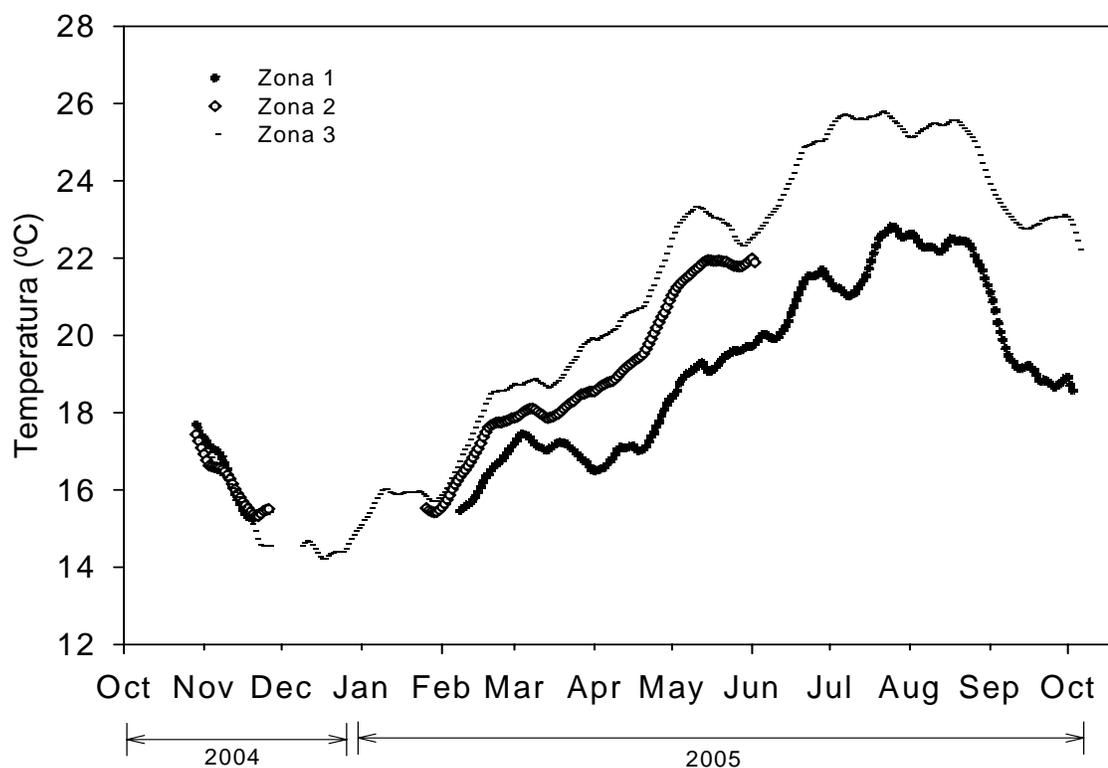


Figura 14. Temperaturas promedio diarias entre octubre 2004 y 2005 en la zona externa (zona 1), central (zona 2) e interna (zona 3) del Estero de Punta Banda. La ausencia de datos se debe a la pérdida de termógrafos.

III. 6. 2. Relación entre la temperatura y las tasas de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural

En el momento de la captura de organismos del medio natural, el tiempo que cada individuo ha residido en una cierta zona del Estero de Punta Banda se desconoce. Sin embargo, trabajos previos de marcaje y recaptura sugieren que en este sistema, los lenguados juveniles de ca. 120 mm LE exhiben movimientos limitados en escalas de tiempo cortas (i.e., semanas; Griffiths, 2005), y que los individuos mayores a 150 mm LE probablemente emigran del sistema a fines de verano. El lenguado de California es una especie demersal que se alimenta por emboscada, por lo que movimiento es limitado (Haaker, 1975; Allen, 1990). Por último, estudios de marcaje y recaptura con peces adultos indican que su movimiento también es limitado (Tupen, 1990; Domeier y Chun, 1995). Por lo tanto, es probable que los individuos capturados en distintas zonas del estero hayan residido cerca al área de su captura por un periodo de tiempo corto. Haciendo el supuesto que la zona de captura correspondía a la zona de residencia por un periodo de dos semanas, se evaluó la relación entre las tasas de crecimiento promedio de los otolitos de peces capturados en el medio natural durante los últimos 14 días con el promedio de la temperatura medida con los termógrafos en cada zona del estero (Tabla XIV). Sólo se incluyeron fechas y zonas para las cuales se contaba con ambos juegos de datos.

El análisis de regresión indicó que no hubo una relación significativa entre temperatura *in situ* y las tasas de crecimiento promedio de los otolitos ($F(1,12) = 0.08723$, $p = 0.7727$, Figura 15). La temperatura promedio para los 14 días previos a la captura de lenguados varió entre los 15.83 y 25.51 °C, con una diferencia absoluta de 9.68 °C. Dentro

de este intervalo de temperaturas, no hubo evidencia de una relación entre el crecimiento de los otolitos y la temperatura.

Tabla XIV. Temperaturas medidas con termógrafos en distintas zonas del Estero de Punta Banda por periodos de 14 días previos a la captura de peces del medio natural. Los asteriscos representan minitermógrafos que se perdieron. Valores representan promedios diarios \pm 1 error estándar.

Inicio Exp.	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	T °C	T °C	T °C
Oct-04	16.04 \pm 0.04	16.27 \pm 0.05	16.47 \pm 0.06
Ene-05	*	*	15.83 \pm 0.06
Mar-05	16.87 \pm 0.04	19.89 \pm 0.04	19.21 \pm 0.06
May-05	19.37 \pm 0.02	21.92 \pm 0.04	23.65 \pm 0.05
Jun-05	21.40 \pm 0.02	*	25.51 \pm 0.04
Sep-05	18.87 \pm 0.04	*	23.03 \pm 0.06

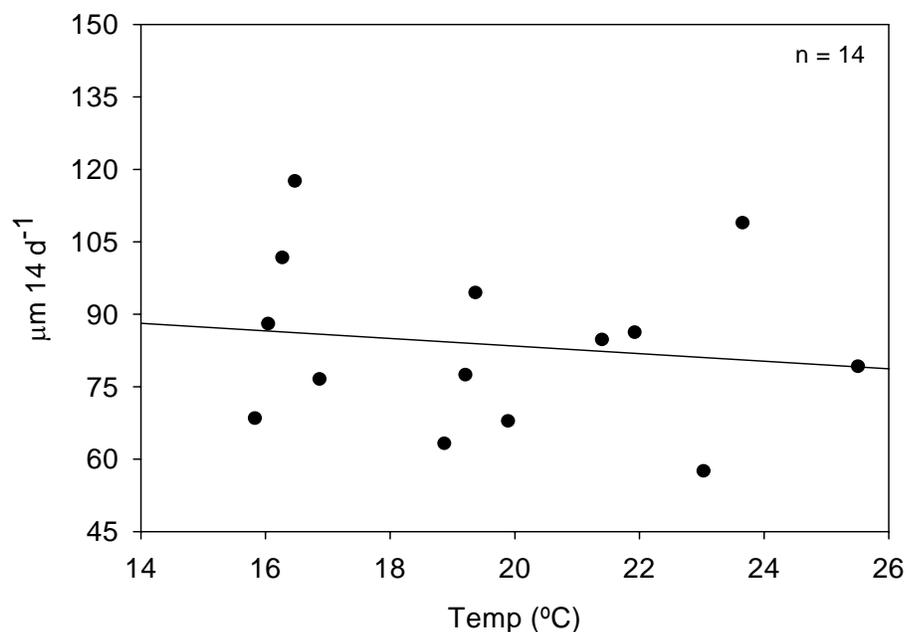


Figura 15. Relación entre la tasa de crecimiento de los otolitos de peces capturados en el medio natural con la temperatura diaria promedio medida *in situ* durante 14 días previos a la captura del medio natural en el Estero de Punta Banda.

III. 6. 3. Relación con el crecimiento somático y de los otolitos de peces mantenidos en jaulas por 14 días

Obtuve pocos estimados de las tasas de crecimiento somático y de los otolitos de los peces mantenidos en jaulas por 28 días. Por lo tanto, sólo se evaluó la relación entre la temperatura diaria promedio medida cerca de las jaulas en cada zona del Estero de Punta Banda y las tasas de crecimiento instantáneo (G) y de los otolitos durante los primeros 14 días de los experimentos.

Tabla XV. Temperaturas medidas con termógrafos en distintas zonas del Estero de Punta Banda durante los primeros 14 días de los experimentos en jaulas. Los asteriscos representan minitermógrafos que se perdieron. Los valores representan promedios diarios \pm 1 error estándar.

Inicio Exp.	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	T °C	T °C	T °C
Oct-04	17.70 \pm 0.03	17.63 \pm 0.04	17.76 \pm 0.03
Ene-05	*	*	15.96 \pm 0.05
Mar-05	16.87 \pm 0.03	18.01 \pm 0.03	18.65 \pm 0.05
May-05	18.83 \pm 0.03	20.96 \pm 0.04	22.53 \pm 0.05
Jun-05	20.74 \pm 0.03	*	23.55 \pm 0.05
Sep-05	19.86 \pm 0.03	*	23.17 \pm 0.06

Las temperaturas diarias promedio correspondientes a estos experimentos variaron entre los 16.0 y los 23.6 °C (un intervalo absoluto de 7.6 °C; Tabla XV). Hubo una relación significativa inversa entre el crecimiento somático y la temperatura *in situ* (Tabla XVI y XVII, Figura 16), aunque la temperatura sólo explicó el 31.4 % de la variación en las tasas de crecimiento somático. La ecuación que describe el crecimiento somático con respecto a la temperatura es:

$$G \text{ (d}^{-1}\text{)} = 0.0024 - 6 \times 10^{-5} \cdot \text{Temperatura (}^{\circ}\text{C)} \quad r^2 = 0.31 \quad (8)$$

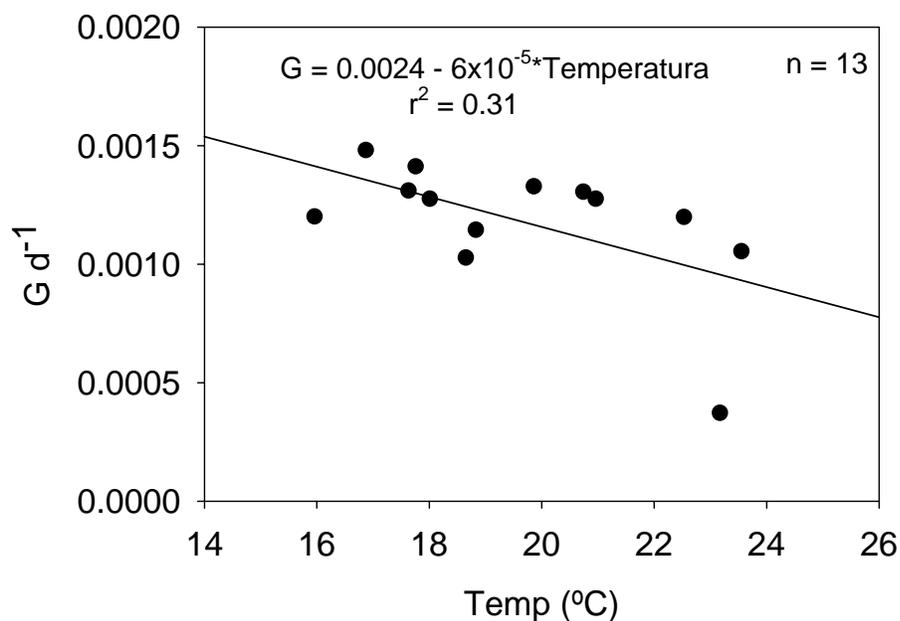


Figura 16. Relación entre la tasa de crecimiento instantánea (G) con la temperatura *in situ* durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 14 días. Los puntos representan promedios.

Tabla XVI. Estimaciones de los parámetros de regresión lineal entre los promedios de las tasas de crecimiento y las temperaturas *in situ* durante los experimentos en jaulas en el Estero de Punta Banda.

Variable	Pendiente	$t_{(11)}$	p
Intercepto	0.002426	4.40178	0.001060
Temperatura	-0.000063	-2.27040	0.004427

Tabla XVII. ANDEVA de la relación entre las tasas de crecimiento somático y la temperatura diaria promedio *in situ* medida durante los experimentos en jaulas. Abreviaciones como en la Tabla III.

Fuente de variación	SC	g. l.	CM	F	p
Regresión	0.000000	1	0.000000	5.146	0.0443
Residual	0.000000	11	0.000000		
Total	0.000000				

En contraste, no hubo una relación significativa entre la temperatura y las tasas de crecimiento de los otolitos (Tabla XVIII, Figura 17).

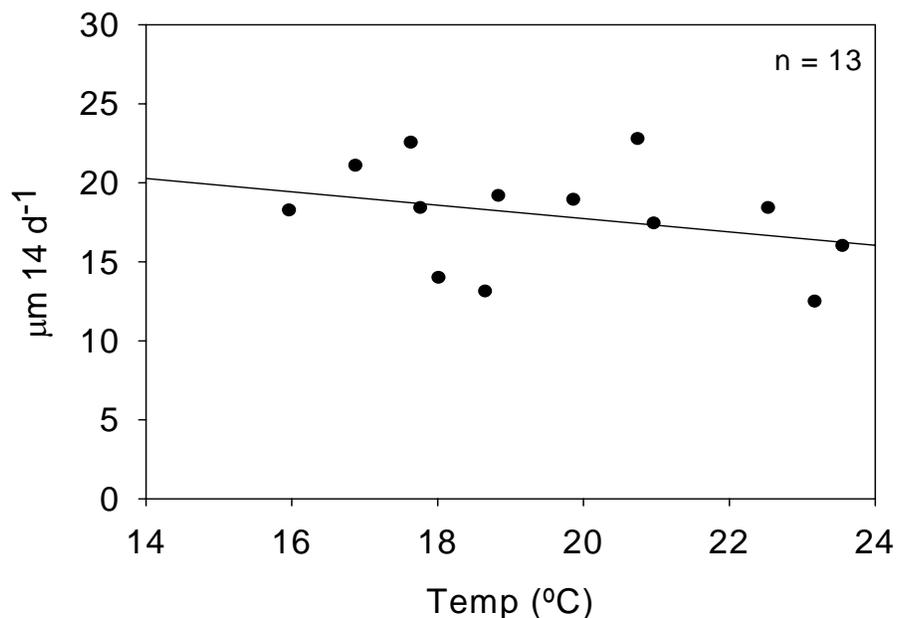


Figura 17. Relación entre la tasa de crecimiento de los otolitos con la temperatura *in situ* durante los experimentos en jaulas realizados en el Estero de Punta Banda durante 14 días. Los puntos representan promedios.

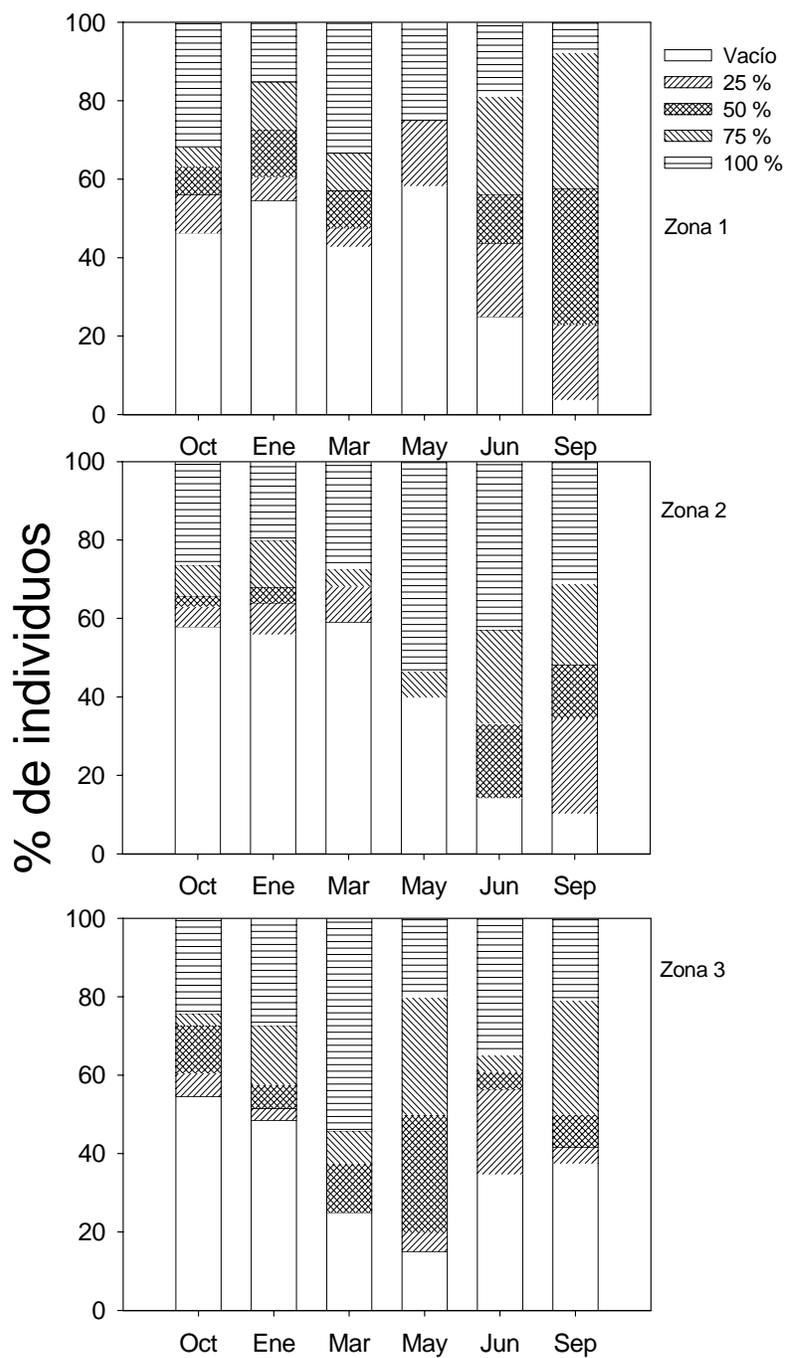
Tabla XVIII. ANDEVA de las tasas de crecimiento de los otolitos y la temperatura diaria promedio *in situ* medida durante los experimentos en jaulas. Abreviaciones como en Tabla III.

Fuente de variación	SC	g. l.	CM	F	p
Regresión	12.8540	1	12.85403	1.207825	0.295235
Residual	117.0653	11	10.64230		
Total	129.9193				

III. 7. Llenado estomacal

III. 7. 1. Llenado estomacal de los peces capturados en el medio natural.

De los peces capturados en el medio natural, un alto porcentaje exhibió alimento en el tracto digestivo (Figura 18). Tan sólo el 38% de los peces que fueron capturados en la zona 1 presentaron estómagos vacíos, mientras que en las zonas 2 y 3 fueron el 40 y el 36%, respectivamente. En las zonas 1, 2, y 3, el 49, 52 y 53 %, respectivamente de los peces tuvieron un llenado estomacal de 50% o más. El porcentaje de individuos con estómagos más llenos parece ser más bajo en invierno y aumenta a mediados de primavera y durante el verano.



Z

Figura 18. Porcentaje de peces capturados en el medio natural que exhibieron distintos niveles de llenado estomacal. Se agruparon los datos de las tres zonas del estero para cada mes.

III. 7. 2. Llenado estomacal de los peces mantenidos en jaulas durante 14 y 28 días

En contraste con lo documentado para los peces capturados del medio natural, los estómagos de los peces recuperados de las jaulas estuvieron generalmente vacíos (Figura 19). Esto indica que hubo un efecto de las jaulas sobre la alimentación. Sólo en algunas zonas y en ciertos meses, un porcentaje pequeño de los peces presentaron un nivel de 25% o más de llenado (Figura 19). El nivel de llenado estomacal observada a los 28 días de fue muy similar al observado para los 14 días. Los estómagos de los peces mantenidos en jaulas durante 28 días fueron estuvieron generalmente vacíos (Figura 20). Sin embargo, el nivel de llenado estomacal durante los primeros 14 días fueron más bajos que a los 28 días, lo cual podría indicar que los peces se alimentaron de nuevo o que sólo sobrevivieron los que lograron ingerir alimento.

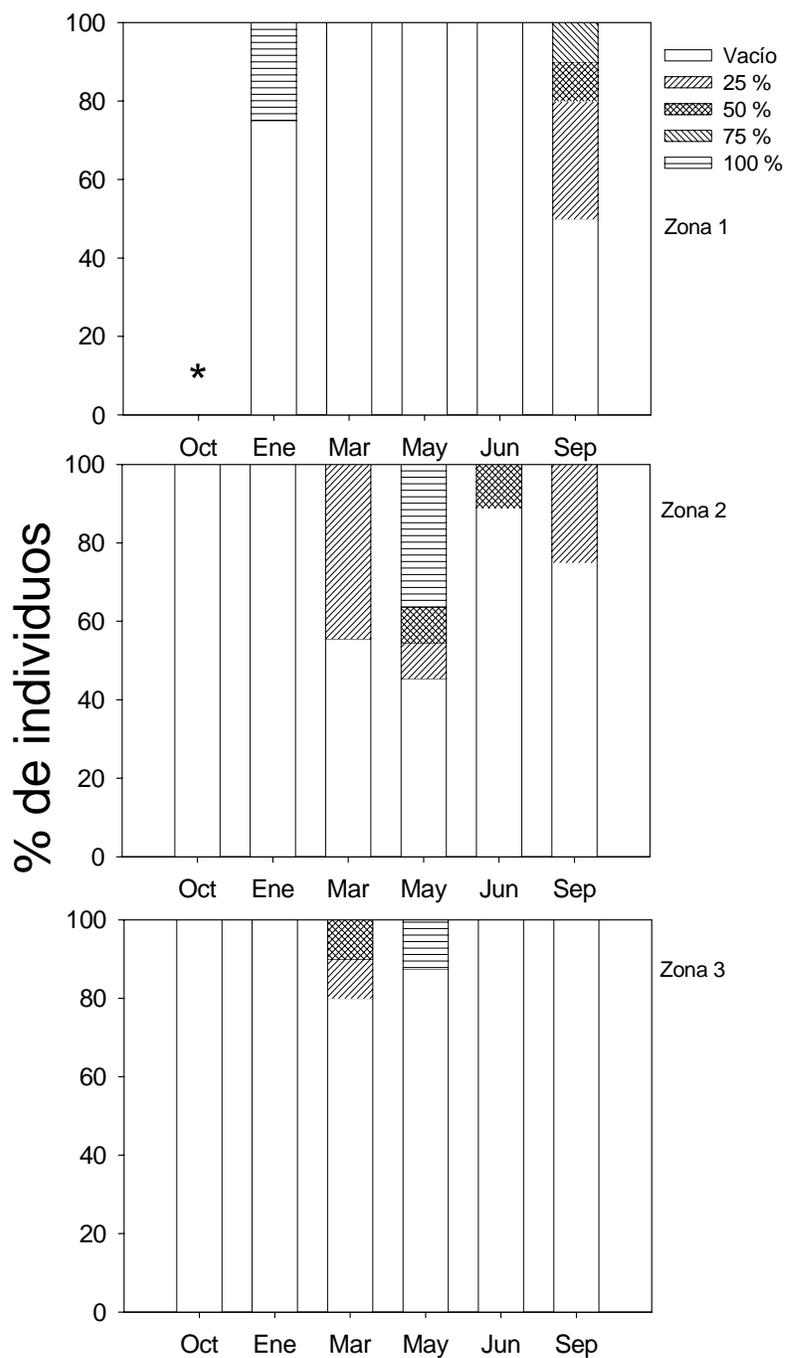


Figura 19. Porcentaje de individuos mantenidos en jaulas con distintos niveles de llenado estomacal. Los peces fueron mantenidos en jaulas en la zona externa, central e interna del Estero de Punta Banda durante 14 días entre octubre 2004 y septiembre 2005. El asterisco representa jaulas que se perdieron.

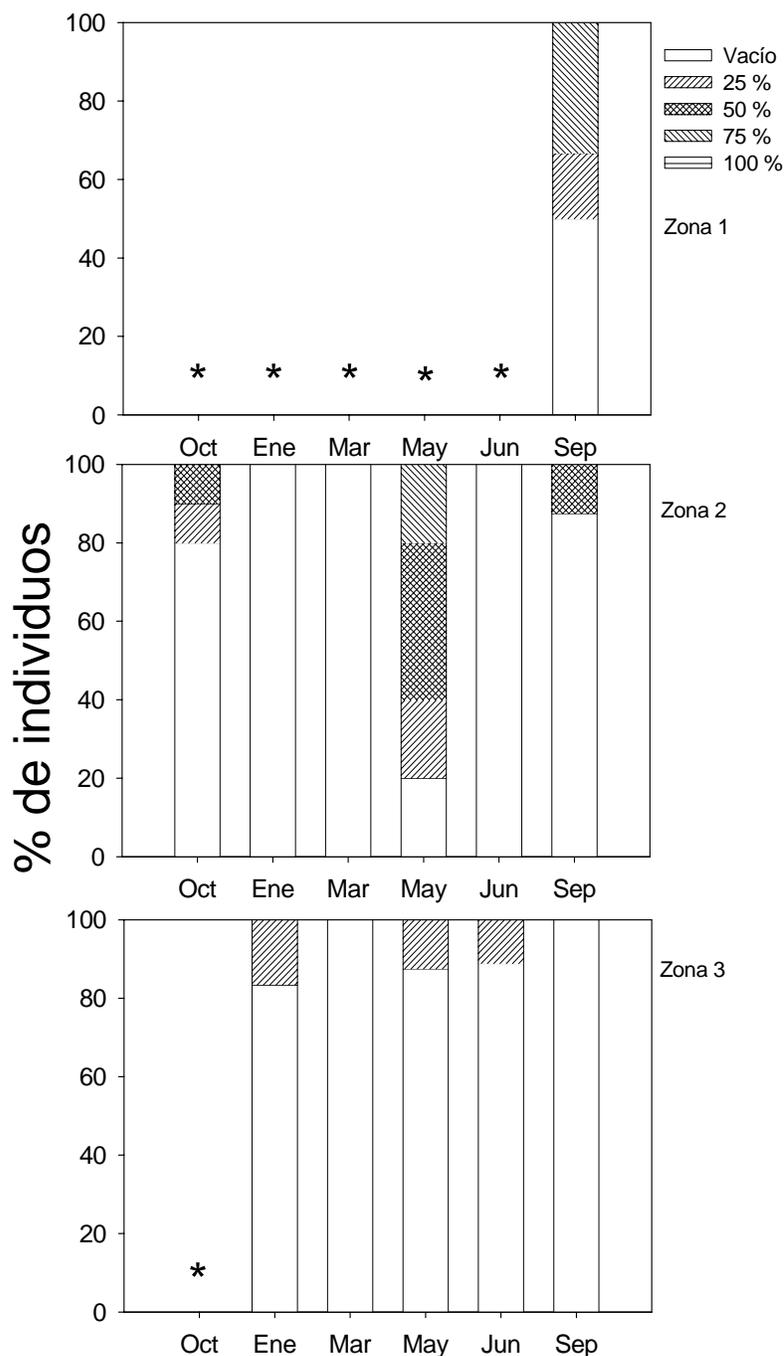


Figura 20. Porcentaje de individuos mantenidos en jaulas con distintos niveles de llenado estomacal. Los peces fueron mantenidos en jaulas en la zona externa, central e interna del Estero de Punta Banda durante 28 días entre octubre 2004 y septiembre 2005. El asterisco representa jaulas que se perdieron.

IV. DISCUSIÓN

IV. 1. Abundancia relativa

En este estudio, la abundancia relativa de juveniles de lenguado de California en tres zonas dentro del Estero de Punta Banda se utilizó como indicador de la producción potencial del área y por ende de la calidad del hábitat de crianza según lo postulado por Beck *et al.*, (2001). Las más altas abundancias relativas de juveniles se registraron durante invierno, primavera y principios de verano en la zona 3 (cabeza del estero, Fig. 2). Esto sugiere que esta zona tenía un mayor potencial como hábitat de crianza durante mi estudio (Sogard, 1992; Sogard y Able, 1992).

Sin embargo, el patrón de abundancia observado en este estudio difiere de lo reportado previamente. Hammann y Ramírez-González (1990) muestrearon cerca de la boca y en la parte central del Estero de Punta Banda con un chango camaronero de 2.5 m de apertura (2.0 y 0.5 cm de luz de malla en el cuerpo y el copo, respectivamente) entre noviembre de 1982 y octubre de 1983 y encontraron que la abundancia del lenguado de California fue más alta en la zona central principalmente en invierno, y que era menor cerca de la boca. Así mismo, Griffiths (2005), encontró que las mayores abundancias relativas evaluadas con el mismo arte de pesca utilizado en este estudio se encontraron en el parte central del estero, aunque sólo evaluaron la abundancia durante la temporada de verano. En una evaluación de la abundancia de juveniles de esta especie en distintos sistemas protegidos del condado de San Diego, Fodrie y Mendoza (2006) encontraron que en embalses de tamaño intermedio (como el Estero de Punta Banda), las más altas abundancias de lenguados de California se encontraban en la región central de cada sistema. En embalses más pequeños, como el Estero del Río Tijuana, la abundancia relativa

fue mayor cerca a la boca. Esto concuerda con lo documentado por Valle *et al.*, (1999), quienes reportaron que en Alamitos Bay, California, la abundancia relativa del lenguado de California decrece en función de la distancia a la boca. La variabilidad en los patrones espaciales de abundancia reportados entre estudios sugiere que la calidad del hábitat de crianza en cada sistema y en una zona dada puede ser variable tanto espacial como temporalmente.

En este estudio, la abundancia promedio a través del tiempo fue de 3.35, 2.85 y 5.27 ind/1000 m² para la zona externa, central e interna del Estero de Punta Banda, respectivamente. Rosales-Casián (1997) evaluó la abundancia de un elenco de peces en el canal principal del estero mediante un trineo de 1.6 m de ancho y 3 mm de luz de malla, y encontró que el lenguado de California presentó el mayor porcentaje de ocurrencia (87.5%) con una abundancia relativa del 11.34% de todos los peces entre mayo de 1992 y abril de 1993. No evaluó la variabilidad temporal en la abundancia y no reportó los datos por unidad de área. Sin embargo, los estudios realizados en el Estero de Punta Banda hasta la fecha (Rosales-Casián, 1997; Griffiths, 2005; mis datos) indican que el lenguado de California es un componente importante de la ictiofauna del Estero de Punta Banda.

Los estudios que han evaluado la abundancia relativa del lenguado de California en estuarios o bahías y en la costa abierta indican que la densidad es más alta dentro de estuarios, intermedias en áreas costeras semiprotegidas y bajas en las costas expuestas (Allen y Herbinson, 1990, 1991; Kramer 1991a, 1991b; Fodrie y Mendoza, 2006). Por ejemplo, Allen (1988) encontró que en el área de Long Beach del sur de California, las mayores abundancias de juveniles ocurrían en áreas protegidas (bahías y estuarios), a una densidad promedio de 32.1 ind/1000 m². Así mismo, la abundancia de juveniles fue mayor

en sitios costeros semiprotegidos que en la costa abierta, con valores promedio de 6.6 y 0.87 ind/1000 m⁻², respectivamente. Kramer y Hunter (1987, 1988) reportaron una abundancia de juveniles de 0.25 a 0.5 ind/1000 m⁻² en ambientes costeros semiprotegidos, y abundancias muy bajas a lo largo de la costa abierta (0.06 ind/1000 m⁻² en 1987 y 1.1 a 2.8 ind/1000 m⁻² en 1988). Fodrie y Mendoza (2006) estimaron abundancias relativas durante la primavera y otoño de 2003 y 2004 y encontraron abundancias relativas de 3 ind/1000 m⁻² en la costa abierta y de 43 ind/1000 m⁻² en embalses (estuarios, bahías y lagunas) durante los dos años de su estudio. Ellos utilizaron un arte de pesca similar al empleado en este estudio, así como arrastres con chinchorros en zonas muy someras (< 1.5 m) donde la abundancia de lenguados pequeños es muy alta. Además, calcularon abundancias absolutas utilizando un estimado de eficiencia de captura del 25.3 % (Griffiths *et al.*, sometido), por lo cual sus abundancias son más altas que las reportadas en este estudio. Por lo tanto, aunque los valores de abundancia relativa reportadas en este estudio son bajos en comparación a los reportados para sistemas estuarinos del sur de California, hay que considerar que las estimaciones varían en función del arte de pesca, la metodología utilizada durante los arrastres, y la aplicación de correcciones para tomar en cuenta la eficiencia de captura.

En este estudio, la abundancia relativa fue mayor entre Nov-04 y 1-Jun-05, y disminuyó entre 16-Jun-05 y Oct-05. Específicamente, hubo un decremento en la abundancia relativa de individuos con tallas mayores a los 150 mm LE entre junio y octubre, lo cual sugiere que hubo una emigración estuarina durante esta época (Figuras 3, 4 y 5). La abundancia de juveniles grandes también fue baja al iniciarse los censos en Oct-04. Griffiths (2005) también documentó que en el Estero de Punta Banda la abundancia relativa de juveniles grandes disminuyó entre junio y agosto del 2004. Esto indica que la

emigración a la costa abierta ocurre durante el verano y otoño, lo cual concuerda con lo reportado por Allen y Herbison (1990) y Hammann y Ramírez-González (1990). Con base en un análisis de frecuencias de tallas, ellos reportaron que la emigración estuarina ocurre a tallas mayores de los 140 mm LE (preferentemente a los ca. 200 mm LE), lo cual coincide con la maduración de los machos (Frey, 1971, Love y Brooks, 1990). Sin embargo, aún no se ha corroborado que exista una correlación entre la madurez sexual y la emigración estuarina.

Aunque la mayoría del asentamiento ocurre en la costa abierta, la mayoría de los juveniles tempranos eventualmente se mueven a las bahías o estuarios (Kramer, 1990, 1991a). En las tres zonas del Estero de Punta Banda, las máximas frecuencias relativas ocurrieron entre los ca. 40-70 mm LE. Se detectaron individuos pequeños (40-50 mm LE) entre Oct-04 y Mar-05 (Fig. 6), lo cual indica que la principal temporada de inmigración estuarina fue durante el invierno. Aunque se observa un segundo pico de frecuencias relativas de peces pequeños durante el verano, las tallas de estos peces son mayores. A pesar de que no se puede descartar que hayan inmigrado al estero a tallas más grandes, también es posible que estos peces sean individuos que se reclutaron al estero durante el invierno y que posteriormente crecieron dentro del sistema.

El hecho de que no hubo diferencias estadísticas entre las distribuciones de tallas de los lenguados capturados en las tres zonas del estero durante el año indica que todo el sistema es utilizado por individuos de un intervalo amplio de tallas. La distribución de frecuencias de tallas en las tres zonas (Figura 6) muestra que la proporción de individuos de tallas mayores a los 200 mm LE es relativamente baja. Lo anterior concuerda con lo postulado por Rosales-Casián (1997), quien menciona que son los juveniles más pequeños

los que son un componente sumamente importante de la ictiofauna del Estero de Punta Banda. Sin embargo, la captura simultánea de individuos pequeños y grandes (con tallas mayores a los 200 mm LE), sugiere que el estero es usado como área de crianza por los juveniles y como zona de alimentación por los adultos, a pesar que el hábitat de los adultos es predominantemente costero (Haaker, 1975; Allen, 1990). En el genero *Paralichthyidae*, se ha observado que en las áreas de crianza existe canibalismo de adultos sobre los juveniles, como ocurre con *Paralichthys olivaceus* (Tanaka *et al.*, 1989), y *P. californicus* (Haaker, 1975, Allen, 1990). Los adultos de estas dos especies son principalmente piscívoros (Plummer *et al.*, 1983; Tanaka *et al.*, 1989; Allen, 1990). Aunque es posible que los adultos de *P. californicus* depreden sobre juveniles de su misma especie en zonas de crianza, no se ha evaluado el posible impacto del canibalismo sobre la abundancia de juveniles tempranos.

IV. 2. Parámetros abióticos.

La utilización de las áreas de crianza se ha descrito en términos de su distribución y su relación con factores abióticos, principalmente la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, ya que estos influyen sobre procesos metabólicos (Gibson, 1997; Yamashita *et al.*, 2001). Como el ambiente estuarino es típicamente variable (Boehlert y Mundy, 1987), las fluctuaciones en condiciones abióticas puede provocar variaciones en el proceso de inmigración estuarina (i.e. tiempo, tallas, etapas), así como a cambios en el comportamiento y fisiología de los organismos, y por lo tanto, en la distribución y crecimiento de los juveniles (Marchand. 1991; Allen y Baltz, 1997; Amezcua y Nash, 2001).

En este estudio, la temperatura, temperatura*salinidad y la profundidad fueron los factores que tuvieron una relación significativa con la abundancia relativa. Aunque la temperatura fue el factor más importante, estuvo correlacionada inversamente con la abundancia relativa. Esta correlación inversa probablemente se deba a que, durante la primavera y el verano, la temperatura del agua estuvo por encima del óptimo para el lenguado de California. Estudios realizados sobre la preferencia de temperatura en esta especie bajo condiciones de laboratorio han obtenido resultados variables, pero generalmente indican que esta especie tolera un intervalo de temperatura de 13 a 24 °C, y que la temperatura óptima es de 20 °C (Gadomski *et al.*, 1990; Innis, 1990; Madon, 2002). En este estudio, las temperaturas instantáneas medidas en el estero durante los arrastres variaron entre 15.2 y 23.7 °C. Si la temperatura óptima es 20 °C, es posible que los lenguados eviten activamente temperaturas más altas, y que por consiguiente su abundancia relativa sea menor bajo esas condiciones.

En contraste a los resultados de este estudio, Allen *et al.*, (1990) reportaron una correlación significativa y positiva entre la temperatura a 5 y 10 m de profundidad en la costa Sur de California y la abundancia relativa de nuevos reclutas (tallas menores a los 20 mm LE) y de todos los juveniles tempranos. Sin embargo, Allen y Herbinson (1990) no encontraron una relación entre la temperatura en zonas costeras y el asentamiento, ni entre la temperatura y la densidad de juveniles. Generalmente, los adultos de *P. californicus* ocupan ambientes costeros donde la temperatura del agua es fría o moderada (12 a 20 °C). Los juveniles están mayormente distribuidos en aguas más cálidas (15 a 24 °C), como las que se encuentran en bahías o estuarios (Kramer, 1991). Es probable que la relación entre la

temperatura y la abundancia también varíe en función de otros factores, como la disponibilidad de alimento, la presión por depredación, y las características del sustrato.

Aunque se encontró que la salinidad tuvo una relación directa con la abundancia, esta variable aportó poco en términos de predicción en el modelo de regresión lineal. En contraste, Horn y Allen (1981) detectaron una relación positiva entre la distribución de *P. californicus* y la salinidad, con mayores densidades en porciones de bahías y estuarios donde el agua de mar era más salina. Dichos resultados concuerdan con lo reportado por Fodrie y Mendoza (2006), quienes mencionan que las mayores abundancias de juveniles se capturaron a una salinidad de 34 ‰. Sin embargo, también encontraron que la abundancia no fue significativamente más baja a salinidades de 18 a 30 ‰ que entre 30 y 40 ‰, y que la salinidad era útil en la predicción de la abundancia sólo cuando la profundidad era menor a un metro de profundidad.

Madon (2002) reportó que los juveniles del lenguado de California entre los 117 y 172 mm LE muestran amplias tolerancias a la salinidad (17 a 34 ‰). En este estudio, la salinidad varió entre 31.6 y 38.9 ‰. Es posible que durante cierto periodo del año, principalmente en primavera y verano cuando se presentan las salinidades más altas en el Estero de Punta Banda, el lenguado de California presente un estrés fisiológico que se manifieste como una pérdida de peso (Madon, 2002), y que por lo tanto busque zonas donde haya salinidades óptimas para su residencia (34 ‰, Buckel *et al.*, 1995; McBride *et al.*, 2001; Andersen *et al.*, 2005; Barletta *et al.*, 2005). Boeuf y Payan (2001) y Wuenschel *et al.*, (2005) mencionan que el costo de incrementar la tasa metabólica a altas salinidades representa un costo de energía significativo para juveniles que tendría que ser balanceado por un menor riesgo de depredación o mayor disponibilidad de alimento. Sin embargo,

Gibson (1994) menciona que el efecto principal de la salinidad en los peces planos es sobre la distribución y el movimiento, y que la salinidad tiene un efecto limitado sobre el crecimiento. Por lo tanto, estudios futuros deberían examinar el efecto de salinidades altas sobre el crecimiento y la abundancia del lenguado de California.

Por otro lado, en este estudio se encontró una relación significativa entre la profundidad y la abundancia relativa. Diversos autores han reportado que hay una segregación de tallas en el lenguado de California con respecto a la profundidad; individuos más grandes se encuentran en aguas más profundas e individuos más pequeños en aguas someras de uno a cinco metros de profundidad. Allen (1982), Allen y Herbinson (1990) y Plummer *et al.*, (1983) encontraron que los individuos más grandes y de mayor edad (> 300 mm LE) prefieren aguas más profundas (> 10 m de profundidad), mientras que Kramer (1990) reportó que individuos de 40 a 100 mm LE fueron más abundantes a profundidades de uno a cinco metros. Griffiths (2005) encontró que la abundancia relativa fue mayor a profundidades menores de 2 m en el Estero de Punta Banda. Sin embargo, no encontraron una relación significativa entre la profundidad (hasta los 7 m) y la talla de los organismos. Fodrie y Mendoza (2006) evaluaron la abundancia a profundidades de 0.5 a 20 m, y encontraron que las abundancias más altas de individuos de edad 0 (50 a 250 mm LE) ocurrieron a profundidades menores a los 2 m. Las diferencias en la abundancia en función de la profundidad puede deberse a una respuesta a la temperatura, ya que se ha observado que los individuos pequeños prefieren aguas cálidas, por lo cual buscan aguas someras donde las temperaturas son más altas, mientras que los individuos más grandes prefieren aguas frías y buscan aguas profundas donde la temperatura es baja (Allen, 1988; Allen *et al.*, 1990; Allen, 1990).

En este estudio la profundidad máxima de los arrastres fue de 5 m, debido principalmente a que cuando realizaba las estimaciones de la abundancia buscaba preferentemente las mareas bajas para poder recuperar las jaulas que utilizaba para medir la tasa de crecimiento somático y de los otolitos. En el estudio realizado por Griffiths (2005), es posible que no se haya detectado una relación entre la profundidad y la abundancia relativa debido al limitado intervalo de profundidades evaluadas (1 a 5 m) y al hecho de que tan sólo se haya muestreado dentro de un sistema estuarino, lo cual no fue el caso en los estudios de Kramer (1990) y Fodrie y Mendoza (2006).

Las tres zonas en las cuales fue dividido el Estero de Punta Banda muestran diferencias cualitativas en el tamaño de grano del sedimento. En la zona 1, hay principalmente arena, en la zona 2 el sedimento es limoso y en la zona 3 el sedimento es lodoso. Por lo tanto, el tamaño de grano decrece de la boca hacia la cabeza del estero. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que las abundancias más altas ocurrieron en la zona 3, y que hubo una relación significativa entre la zona y la abundancia. En experimentos bajo condiciones controladas, Drawbridge (1990) encontró que los juveniles más pequeños (12 a 29 mm LE) preferían sustratos lodosos, mientras que individuos de 33 a 63 mm LE no mostraron una preferencia significativa por lodo o por la arena, y los juveniles tardíos de 104 a 146 mm LE mostraron una fuerte preferencia por el sedimento arenoso. Sin embargo, Fodrie y Mendoza (2006) no encontraron que el tamaño del grano tuviese una relación con la distribución de lenguados de California de edad 0 en distintos hábitats del sur de California, aunque reportaron una tendencia a mayores abundancias en zonas más lodosas. Ya que no evalué el tamaño del grano del sedimento ni otras características del sustrato, los resultados de este estudio no son conclusivos con lo

que respecta el papel del sustrato sobre la abundancia, ya que ésta puede variar en función de la distribución de presas disponibles y a la habilidad de los lenguados de enterrarse en el sedimento (Gibson, 1994; Amezcua y Nash, 2001) y la presión por depredación (Miller *et al.*, 1991; Jordan *et al.*, 1996; Manderson *et al.*, 2004). Sin embargo, es posible que el tipo de sustrato influya sobre los patrones espaciales de abundancia observados en el Estero de Punta Banda.

Por último, no se encontró ninguna relación entre la concentración de oxígeno disuelto y la abundancia. En ambientes naturales, generalmente se hace el supuesto que los peces pueden detectar y evitar bajos niveles de oxígeno disuelto, y por consiguiente sus efectos subletales (Kramer, 1987, Bejda *et al.*, 1987, 1992). Aunque la capacidad de evitar bajos niveles de oxígeno no fue evaluado en este estudio, las observaciones en campo indican que los lenguado fueron capturados hasta niveles más o menos bajos de oxígeno (3 a 4 mg L⁻¹), aunque las concentraciones fueron por lo general mayores (Tabla VI). Waggoner y Feldmeth (1971) realizaron un estudio en California sobre susceptibilidad de lenguados a bajos niveles de oxígeno, y encontraron que el lenguado de California tenía la segunda tasa de supervivencia más alta entre las especies de peces planos estudiados cuando el OD oscila entre 2 a 5 mg L⁻¹. Llegaron a la conclusión que esta especie es relativamente resistente a niveles bajos de oxígeno disuelto.

Sin embargo, es importante considerar que en este estudio todas las mediciones se tomaron durante el día, periodo durante el cual el fitoplancton lleva a cabo la fotosíntesis y hay liberación de oxígeno y la concentración de oxígeno en la columna de agua es alto. Durante la noche, la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua disminuye como consecuencia de procesos respiratorios. Sin embargo, no se observaron peces muertos

en ninguna zona durante el estudio, ni aún cuando la marea roja estuvo presente (mayo a julio de 2005) en la cabeza del estero y la concentración del oxígeno disuelto alcanzó los niveles más altos durante el día ($\sim 10 \text{ mg L}^{-1}$) y posiblemente los niveles más bajos durante la noche. Con base en lo anterior, la concentración de oxígeno disuelto no parece tener relación alguna con la abundancia del lenguado de California.

En resumen, los factores que estuvieron más relacionados con la abundancia relativa del lenguado de California en el Estero de Punta Banda fueron la temperatura, la zona y en menor medida la salinidad. Comparado con la temperatura, los otros factores abióticos parecen ser de menor importancia. El tipo de sustrato, sin embargo, puede ser un componente secundario e importante en relación a la abundancia.

IV. 3. Tasas de crecimiento del medio natural

Las tasas de crecimiento recientes de los otolitos en el medio natural pueden ser utilizadas como indicadores del crecimiento somático reciente, y por ende, como índices de la calidad de hábitat de crianza estuarina. Esta interpretación se basa en dos premisas. La primera premisa es que existe una correlación positiva entre el incremento somático y de los otolitos (Secor y Dean, 1989). Esta premisa se ha utilizado frecuentemente y generalmente es justificada con base en correlaciones empíricas entre el crecimiento del otolito y el crecimiento del pez (Campana y Neilson, 1985; Campana, 1990; Kicklighter 1990), como la detectada en este estudio (ver abajo). La segunda premisa es que las diferencias en las tasas de crecimiento reflejan la calidad de la zona en la cual los peces fueron capturados (Burke *et al.*, 1993). Esta premisa puede ser inválida si hay movimiento entre zonas. La probabilidad de movimiento entre zonas se incrementa en función del

tiempo transcurrido. Sin embargo, esa probabilidad se minimizó en este estudio al usar el ancho de los anillos recientemente depositados (14 días) en el otolito como indicador de la tasa de crecimiento. Además, estudios recientes de marcaje y recaptura sugieren que los juveniles del lenguado de California de ca. 120 mm LE se mueven poco en intervalos cortos de tiempo (semanas, Griffiths, 2005).

Para una población de peces juveniles, las características del hábitat están relacionadas directamente con su crecimiento, supervivencia y densidad (Gibson, 1994; Beck *et al.*, 2001, 2003). Este estudio demostró que hubo una interacción significativa entre las zonas y los meses de estudio en las tasas de crecimiento de otolitos de peces capturados en el medio natural. Esto sugiere que las tasas de crecimiento recientes derivadas de los otolitos están influenciadas por características particulares que poseen las distintas zonas del Estero de Punta Banda en ciertos periodos del año, como la cantidad y calidad del alimento y probablemente la temperatura, como se ha demostrado en otros estudios (Sogard, 1992; Duffy-Anderson y Able, 1999; Phelan *et al.*, 2000).

Las tasas de crecimiento de los otolitos en este estudio tuvieron valores promedio de 6.18, 5.28 y 5.83 $\mu\text{m d}^{-1}$, para la zona 1, 2 y 3, respectivamente, y son similares a los reportados en otros trabajos que utilizan el ancho de los anillos diarios como indicadores de la tasa de crecimiento de individuos en el medio natural (Sogard *et al.*, 2001; Stunz *et al.*, 2002; Meise, 2003; Gilliers *et al.*, 2004, 2006). La consistencia entre las tasas de crecimiento diario observado y las reportadas por los diversos autores sugieren que la evaluación de la calidad del hábitat en periodos cortos de tiempo provee un índice confiable para el valor relativo de diferentes zonas que soportan el crecimiento. Sin embargo, no

hubo una zona que consistentemente exhibiera una alta o baja tasa de crecimiento durante el periodo de estudio. A excepción de los meses de Oct-04 y Sep-05, la zona 1 presentó las tasas de crecimiento más altas en comparación con las otras dos zonas, aunque dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Esto indica que hay una variación sustancial en las tasas de crecimiento en las tres zonas del estero, debido a sus diferencias en la calidad de hábitat de crianza, como se ha demostrado en otros estudios: Sogard (1992), Duffy-Anderson y Able (1999), Phelan *et al.*, (2000) y Necaise *et al.*, (2005). Estos autores sugieren que los peces adaptados a un ambiente sumamente variable tienen un alto grado de plasticidad, y que esto se ve reflejado en la variabilidad en sus tasas de crecimiento.

No hubo una relación significativa entre la temperatura promedio y las tasas de crecimiento recientes de los otolitos de peces capturados en el medio natural. Esto podría significar que al momento de la captura, los organismos acababan de ingresar en cada zonas de estudio por lo que no hay una correspondencia directa entre la temperatura promedio y el crecimiento en cada zona, o alternativamente que, la temperatura no influye de manera sustancial sobre el crecimiento de los otolitos (Campana, 1984; Oozeki y Watanabe, 2000; Mommsen, 2001). También es posible que sea otro factor (como la calidad y cantidad del alimento) que tenga mayor influencia en el crecimiento de los otolitos (Alhossaini y Pitcher, 1988; Radtke y Fey, 1996; Paperno *et al.*, 1997). Por ejemplo, Sogard (1992) reportó que las diferencias entre las tasas de crecimiento de juveniles de *Pseudopleuronectes americanus* a través de un sistema estuarino se debieron principalmente a la disponibilidad de alimento y en menor parte a los factores abióticos del hábitat. Sin embargo, en este estudio se encontró que la tasa de crecimiento en el medio

natural parece no estar limitada por el alimento, ya que la mayoría de los peces exhibieron alimento en el tracto digestivo, aunque es posible que los niveles de alimentación hayan variado entre zonas.

La zona 3 fue el donde se presentó los niveles más altos de llenado estomacal durante el periodo de estudio, motivo por el cual se deba posiblemente las altas abundancias encontradas para esta misma zona. Los niveles más altos de llenado estomacal (<50%) aumentaron gradualmente en la temporada primavera-verano en las tres zonas de estudio, lo cual concuerda con las más altas temperaturas registradas en este estudio. Al haber un aumento en la temperatura, es posible que la tasa metabólica aumente y esto conlleva a que la tasa de alimentación de los peces también aumente, y así poder realizar sus procesos metabólicos. A pesar de que los peces presentaron niveles más altos de llenado estomacal en la temporada primavera-verano, las tasas de crecimiento más altas no ocurrieron en esta temporada, sugiriendo que además de la cantidad del alimento, otros factores influyan en las tasas de crecimiento, como son la temperatura y la calidad del alimento, dado que el contenido calórico de peces es más alto que el de los crustáceos (Golley, 1961; Kitchell *et al.*, 1977).

En general, las estimaciones de la abundancia relativa y las tasas de crecimiento de los otolitos muestran que las tres zonas del Estero de Punta Banda son importantes áreas de crianza para el lenguado de California. Las diferencias en los valores de los dos índices probablemente se deban a interacciones entre estos parámetros con otras condiciones bióticas y abióticas, lo cual confiere a cada zona atributos particulares.

IV. 4. Tasas de crecimiento jaulas

Las tasas de crecimiento somático este estudio durante 14 días (0.0004 a 0.0015 d^{-1} , promedio = 0.0012 d^{-1}) y 28 días (0.0004 a 0.0007 d^{-1} , promedio = 0.0005 d^{-1}) obtenidas de los experimentos en jaulas corresponden aproximadamente a 0.01 y 0.123 $mm d^{-1}$ para peces de 50 y 160 mm LE, respectivamente. Esto es considerablemente más bajo que las tasas de crecimiento estimadas para juveniles de lenguados de California en el medio natural (0.13 a 1 $mm d^{-1}$) por Haaker (1975), Allen (1988), Kramer (1990) y Tupen (1990). De igual manera, las tasas de crecimiento de los otolitos fueron muy bajas, tanto para los 14 días (0.89 a 1.63 $\mu m d^{-1}$, promedio = 1.32 $\mu m d^{-1}$) como los 28 días (1.47 a 1.84 $\mu m d^{-1}$, promedio = 1.67 $\mu m d^{-1}$). Kicklighter (1990) trabajó con juveniles del lenguado de California colocados en jaulas y reportó una tasa de crecimiento promedio de 0.25 $\mu m d^{-1}$. Sin embargo, otros estudios mencionan que las tasas de crecimiento de los otolitos de lenguados juveniles capturados en el medio natural son de aproximadamente 8 $\mu m d^{-1}$ (Sogard y Able, 1992; Gilliers *et al.*, 2004). Sogard y Able (1992) reportaron que *P. americanus* presentó un intervalo en el diámetro de los anillos diarios de 5 a 17 μm . Gilliers *et al.*, (2004) reportaron diámetros del ancho de los anillos diarios en tres especies de peces planos: *Solea solea* tuvo un intervalo de de 3.47 a 8.24 μm , *Limanda limanda* de 3.54 a 8.11 μm y *Pleuronectes platessa* de 6.60 a 11.57 μm . En este estudio los intervalos de los diámetros de los anillos diarios fue de 0.49 a 2.26 μm y de 0.56 a 1.33 μm para los experimentos de 14 y 28 días, respectivamente. Por lo tanto, las tasas de crecimiento somático y de los otolitos obtenidas en las jaulas fueron muy bajas, por lo que no pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad de hábitat de crianza estuarino en este estudio.

La temperatura, cantidad y calidad del alimento, tamaño del pez y la presión por depredación son considerados los factores más importantes que afectan la tasa de crecimiento de diversas especies de juveniles de lenguados (Fonds *et al.*, 1992, Jobling, 1993; Gibson, 1994, Van der Veer *et al.*, 1994). En los experimentos en jaulas, los depredadores fueron excluidos de las jaulas. Las tallas iniciales de juveniles de lenguado utilizados en las jaulas en cada experimento no tuvieron un efecto sobre las tasas de crecimiento medidas durante los seis experimentos debido a que se seleccionaron tallas de individuos similares para ser introducidos en las jaulas.

La causa principal que propició las bajas tasas de crecimiento fue muy probablemente la falta de alimento dentro de las jaulas. El análisis del porcentaje de individuos con distintos niveles de llenado estomacal indica que los peces no se alimentaron en las jaulas (86% de los individuos tuvieron un nivel de llenado estomacal menor al 25%). En contraste, Kicklighter (1990) reportó que el 86.5% de los peces colocados en jaulas en la Laguna Agua Hedionda, California tenían alimento en el estómago. Las bajas tasas de crecimiento somático observadas en este estudio se deben por lo tanto a una carencia de alimento en las jaulas (Kicklighter, 1990; Guindon y Miller (1995), posiblemente debido a que la luz de malla de la jaula fue demasiado pequeña, lo que pudo haber evitado que las presas entraran en las jaulas.

Otros factores que pudieron propiciar tasas de crecimiento bajas son la alta densidad de individuos en las jaulas ($6 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$), el estrés causado por la captura y manipulación inicial, efectos adversos de la tetraciclina, y la reducida habilidad de forrajear. La densidad en las jaulas fue mucho más alta que la abundancia relativa promedio encontrada en el Estero de Punta Banda ($0.00384 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$). Estudios previos han demostrado que el estrés por

manipulación en *Morone saxatilis* (Secor y Dean, 1989) y la exposición a la tetraciclina en *P. platessa* (Alohssaini y Pitcherd, 1988) disminuyeron la tasa de alimentación y la de crecimiento somático. La composición de presas también pudo haber tenido un efecto sobre la tasa de crecimiento, ya que en los peces en las jaulas se alimentaron principalmente de crustáceos (datos no mostrados) y la falta de peces en la dieta pudo dar como resultado una tasa de crecimiento baja, dado que el contenido calórico de peces es más alto que el de los crustáceos (Golley, 1961; Kitchell *et al.*, 1977).

En el experimento con las jaulas, la temperatura tuvo una relación significativa con las tasas de crecimiento somático, pero no con la de los otolitos. Estudios acerca de los efectos de la temperatura sobre el crecimiento y el metabolismo en larvas y juveniles de *P. californicus* indican que un aumento en la temperatura dentro del intervalo de 20 a 23 °C causa un incremento en la tasa de crecimiento, siempre y cuando el alimento no sea limitante (Haaker, 1975; Innis, 1980; Gadomski y Caddell, 1991). Es posible que las más bajas tasas de crecimiento somático medidas a altas temperaturas se deban a que la tasa de metabólica sea más alta, pero al no haber alimento disponible, el efecto negativo sobre las tasas de crecimiento haya sido más alto.

Kicklighter (1990) realizó experimentos en los que mantuvo *P. californicus* de 35 a 110 mm LE en jaulas en la Laguna de Agua Hedionda, y verificó la depositación de un incremento diario en el otolito. Encontró tasas de crecimiento somático de 0 a 0.6 mm d⁻¹, y una relación directa entre las tasas de crecimiento somático y la de los otolitos. Sugirió que los otolitos son indicadores precisos del crecimiento somático en el lenguado de California. En este estudio, aunque las tasas de crecimiento somático y de los otolitos de peces mantenidos en jaulas fueron muy bajas, hubo una relación directa entre el crecimiento de

los otolitos y el somático, como lo han sugerido diversos autores (Campana y Neilson, 1985; Kicklighter, 1990; Campana, 1999; Reichert *et al.*, 2000). Esto es particularmente interesante, ya que se ha sugerido que puede haber un desacoplamiento entre los dos tipos de crecimiento bajo condiciones adversas como la inanición (Jones, 1991). Por lo tanto, el crecimiento de los otolitos parece ser un indicador fiel del crecimiento somático en el lenguado de California, aún cuando el crecimiento sea bajo y condiciones adversas.

IV. 5. El uso de indicadores (proxies) para evaluar el hábitat de crianza

Las condiciones abióticas del hábitat pueden afectar la distribución (Burke *et al.*, 1991; Wannamaker y Rice, 2000), la fisiología (Ross *et al.*, 2001; Taylor y Miller, 2001), el crecimiento (Sogard *et al.*, 2001, Ross *et al.*, 2003) y la supervivencia de los peces (Malloy y Targett, 1991, 1994). La complejidad física de cada zona de un sistema y las condiciones bióticas y abióticas pueden atraer nuevos reclutas o permitir que altas abundancias de juveniles sobrevivan después de haber ingresado al estero. Por lo tanto, las características del hábitat afectan directamente las tasas de crecimiento, la supervivencia, y posteriormente, el movimiento de los individuos a poblaciones de adultos (Van der Veer, *et al.*, 1991; Modin y Pihl, 1994; Gibson 1994).

La calidad del hábitat para juveniles de peces marinos no puede ser medida directamente. Sin embargo, el crecimiento y la densidad específica de un hábitat puede ser considerados como indicadores (proxies) de la calidad de un hábitat, ya que estas variables integran el efecto de diversos factores específicos, como la disponibilidad de alimento y las características abióticas del hábitat (Sogard *et al.*, 2001; Meise, 2003; Necaie *et al.*, 2005; Tarpgaard *et al.*, 2005). Por consiguiente, la abundancia y la tasa de crecimiento expresan

el efecto de múltiples factores que determinan la disponibilidad de un cierto hábitat (Necaise *et al.*, 2005; Tarparrd *et al.*, 2005).

Por ejemplo, Gillier *et al.*, (2006) evaluaron la calidad del hábitat de crianza de juveniles del lenguado común (*Solea solea*) utilizando diversos bioindicadores en relación a la concentración de metales pesados y contaminantes orgánicos. Midieron tasas de crecimiento recientes (ancho de 10 anillos diarios de los otolitos), condición del cuerpo (índice morfométrico) y abundancia. Reportó que los índices de condición mostraron variaciones importantes, y que no permitieron la valoración relevante de calidad ambiental, ya que las diferencias observadas podrían deberse a la variabilidad del stock o gradientes latitudinales, lo cual podría sesgar la estimación de la calidad del hábitat. Al contrario, el crecimiento y densidad mostraron valores consistentes entre años, pero variaron entre sitios. En las áreas de crianza donde los niveles de contaminación fueron especialmente altos, las tasas de crecimiento y la densidad de juveniles fue significativamente más bajo que en otros sitios. Esto sugiere que la combinación de estas variables parece proporcionar indicadores confiables de la calidad de hábitat de crianza y del efecto de presión antropogénicas, especialmente en áreas contaminadas.

Por otro lado, se ha sugerido que la tasa de crecimiento probablemente sea la variable específica de hábitat más estrechamente relacionada con la supervivencia en condiciones ambientales abióticas benignas (Gibson, 1994). Un crecimiento rápido conlleva a una menor duración de una cierta etapa del ciclo de vida, lo cual disminuye la tasa de depredación acumulativa (Bailey y Houde, 1989). Con base en lo anterior, se espera que los individuos residan en áreas de crianza donde el potencial de crecimiento es optimizado (Sogard, 1992; Rooker y Holt, 1997).

V. CONCLUSIONES

En resumen, en este estudio se encontró lo siguiente:

1. La abundancia relativa varió tanto en función de la zona del Estero de Punta Banda como del tiempo, siendo la zona 3 donde se presentaron generalmente las mayores abundancias.
2. Los factores abióticos que se relacionaron significativamente con la abundancia relativa fueron la temperatura, la zona y la salinidad. La temperatura fue el mejor predictor de la variabilidad en la abundancia relativa, aunque dicha relación fue inversa.
3. El periodo principal de inmigración estuarina ocurrió en el otoño e invierno (Oct-04 a Feb-05).
4. El Estero de Punta Banda funciona tanto como un hábitat de crianza para juveniles y como una zona de alimentación para adultos del lenguado de California, fundamentalmente por la captura simultánea de individuos pequeños y grandes.
5. Las tasas de crecimiento de los otolitos en el medio natural fueron 5 o 6 veces más altas que la de otolitos de peces mantenidos en jaulas, lo cual indica que las condiciones dentro de las jaulas no favorecieron el crecimiento.
6. Hubo una interacción significativa entre las zonas y los meses de estudio en las tasas de crecimiento de otolitos de peces capturados en el medio natural. Sin embargo, ninguna zona exhibió un patrón consistente de tasas de crecimiento altas o bajas durante el periodo de estudio.

7. La tasa de crecimiento de peces capturados en el medio natural parece no estar limitada por el alimento, ya que la mayoría de los peces exhibieron alimento en el tracto digestivo.
8. Las tasas de crecimiento somático y de los otolitos de los peces mantenidos en jaulas fueron muy bajas en comparación con otros estudios similares. Sin embargo, hubo una relación directa entre el crecimiento somático y el del otolito, por lo cual el otolito puede ser un indicador fiel del crecimiento somático de *P. californicus*.
9. No hubo una relación significativa entre la temperatura promedio y las tasas de crecimiento recientes de los otolitos de peces capturados en el medio natural.
10. La temperatura tuvo una relación significativa con el crecimiento somático de los peces mantenidos en jaulas, pero no con la de los otolitos.
11. No hubo concordancia temporal entre los patrones de abundancia y tasas de crecimiento, sugiriendo que los factores que generan la variabilidad temporal y espacial en la abundancia y las tasas de crecimiento operan a nivel de zona en el Estero de Punta Banda.

Por lo tanto, del presente estudio se concluye que:

1. La calidad del hábitat de crianza estuarina varió a través del tiempo y entre zonas, lo cual sugiere que cada zona posee atributos particulares que varían temporalmente.
2. Las zonas 1 y 3, son las zonas que presentan la mejor calidad de hábitat de crianza para el lenguado de California, debido a que soportan altas abundancias relativas y presentan las tasas de crecimiento más altas.
3. La temperatura fue el mejor predictor de la variabilidad en la abundancia relativa, aunque dicha relación fue inversa.
4. Se observó una relación directa entre el crecimiento somático y el del otolito, por lo cual el otolito puede ser un indicador fiel del crecimiento somático de *P. californicus*.
5. La temperatura no influyó sobre el crecimiento de los otolitos.

VI. LITERATURA CITADA

- Able, K. W. 1999. Measures of juvenile fish habitat quality: examples from a national research reserve. En: Benaka, L. R. (Ed). Fish habitat: essential fish habitat and rehabilitation. Am. Fish. Soc. Symp. 22. Bethesda, Maryland. 134-147 p.
- Able, K. W. y M. P. Fahay. 1998. The first year in the life of estuarine fishes in the Middle Atlantic Bight. Rutgers University Press. New Brunswick, New Jersey. 342 pp.
- Able, K. W., J. P. Manderson y A. L. Studholme. 1998. The distribution of shallow water juvenile fishes in an urban estuary: the effects of man-made structures in the Hudson River estuary. *Estuaries*. 21(4b):731-744.
- Able, K. W., J. P. Manderson y A. L. Studholme. 1999. Habitat quality for shallow water fishes in an urban estuary: the effects of man-made structures on growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 187:227-235.
- Acosta-Ruiz, M. J. y Álvarez-Borrego, S. 1974. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos físicos y químicos en el Estero de Punta Banda, B. C., en otoño e invierno. *Cienc. Mar.* 1(1):16-45.
- Alhossaini, M. y T. J. Pitcherd. 1988. The relationship between daily rings, body growth and environmental factors in plaice, *Pleuronectes platessa*, juvenile otolith. *J. Fish. Biol.* 33:409-418.
- Allen, L. G. 1988. Recruitment, distribution and feeding habits of young-of-the year California halibut (*Paralichthys californicus*) in the vicinity of Alamitos Bay-Long Beach Harbor, California, 1983-1985. *Bull South Cal. Acad. Sci.* 87:19-30.
- Allen, L. G., R. E. Jensen y J. R. Sears. 1990. Open coast settlement and distribution of young-of-the-year California halibut (*Paralichthys californicus*) along the southern California coast between Point Conception and San Mateo Point, June-October, 1988. En: Haugen, C. W. (Ed). *The California Halibut, Paralichthys californicus, resource and fisheries* Cal. Dep. Fish Game. 174:145-152.
- Allen, M. J. 1982. Functional structure of soft-bottom fish communities of the southern California shelf. Ph. D. Dissertation, Univ. Calif., San Diego. 577 pp.
- Allen, M. J. 1990. The biological environment of the California halibut, *Paralichthys californicus*. En: Haugen, C. W. (Ed). The California halibut, *Paralichthys californicus*, resource and fisheries. Fish. Bull. Cal. Dep. Fish Game. 174:7-29.
- Allen, M. J. y K. T. Herbinson. 1990. Settlement of juvenile California halibut, *Paralichthys californicus*, along the coast of Los Angeles, Orange and San Diego Counties in 1989. *CalCOFI Reports*. XXXI:84-96.

- Allen, M. J. y K. T. Herbinson. 1991. Beam-trawl survey of bay and nearshore fishes of the soft-bottom habitat of southern California in 1989. CalCOFI Reports. XXXII:112-127.
- Allen, R. L. y D. M. Baltz. 1997. Distribution and microhabitat use by flatfishes in a Louisiana estuary. Environ. Biol. Fish. 50:85-103.
- Álvarez-Borrego J. y S. Álvarez-Borrego. 1982. Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. CalCOFI Reports. XXIII:188-197.
- Álvarez-Borrego, S., Granados-Guzmán, A. y Beltrán-Félix, J. L. 1984. Seawater temperature and salinity in Estero de Punta Banda. Cienc. Mar. 10(3):105-108.
- Amezcuca, F. y R. D. M. Nash. 2001. Distribution of the order Pleuronectiformes in relation to the sediment type in the North Irish Sea. J. Sea. Res. 45:293-301.
- Andersen, A. K., J. Schou, C. R. Sparrevohn, H. Nicolajsen y J. G. Stottrup. 2005. The quality of release habitat for reared juvenile flounder, *Platichthys flesus*, with respect to salinity and depth. Fish. Manage. Ecol. 12:211-219.
- Bailey, K. M. y E. D. Houde. 1989. Predation on egg and larvae of marine fishes and the recruitment problem. Adv. Mar. Biol. 25:1-83.
- Barletta, M., A. Barletta-Bergan, U. Saint-Paul y G. Hubold. 2005. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. J. Fish. Biol. 66:45-72.
- Beck, M. W., K. L. Heck Jr., K. W. Able, D. L. Childers, D. B. Eggleston, B. M. Gillanders, B. Halpern, C. G. Hays, K. Hoshino, T. J. Minello, R. J. Orth, P. F. Sheridan y M. P. Weinstein. 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. BioScience. 51(8):633-641.
- Beck, M. W., K. L. Heck, K. W. Able, D. L. Childers, D. B. Eggleston, B. M. Gillanders, B. S. Halpern, C. G. Hays, K. Hoshino, T. J. Minello, R. J. Orth, P. F. Sheridan y M. R. Weinstein 2003. The role of nearshore ecosystems as fish and shellfish nurseries. Issues in Ecology. No. 11. The Ecological Society of America. 12 p.
- Bejda, A. J., A. L. Studholme y B. L. Olla. 1987. Behavioral responses of Red hake, *Urophycis chuss*, to decreasing concentrations of dissolved oxygen. Env. Biol. Fish. 19:261-268.
- Bejda, A. J., B. A. Phelan y A. L. Studholme. 1992. The effect of dissolved oxygen on growth of young-of-the-year winter flounder, (*Pseudopleuronectes americanus*). Environ. Biol. Fish. 34:321-327.

- Boehler, G. W. y B. C. Mundy. 1987. Recruitment dynamics of metamorphosing English sole, *Paroprhorys vetulus*, to Yaquina Bay, Oregon. *Est. Coast. Shelf Sci.* 25:261-281.
- Boehlert, G. W. y B. C. Mundy. 1988. Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. En: Weinstein, M. P. (Ed). Larval fish and shellfish transport through inlets. *Am. Fish. Soc. Symp.* 3:51-67.
- Boeuf, G. y P. Payan. 2001. How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology Part C.* 130:411-423.
- Bradford, M. J. y G. H. Geen. 1987. Size and growth of juvenile chinook salmon back-calculated from otolith growth increment. En: Summerfelt, R. C. (Ed). *Age and growth of fish*. Iowa State University Press. Ames, Iowa. 453-462 p.
- Brothers, E. B. 1981. What can otolith microchemistry tell us about daily and subdaily events in the early life history of fish? *Rapp. P. -v. Rev. Cons. Int. Explor. Mer.* 178:393-394.
- Brothers, E. B., C. P. Mathews y R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths of adult and larval fishes. *Fish. Bull. U.S.* 74:1-8.
- Buckel, J.A., N. D. Steinberg y D. O. Conover. 1995. Effects of temperature, salinity, and fish size on growth and consumption of juvenile bluefish. *J. Fish Biol.* 47:696-706.
- Burke, J. S. 1995. Role of feeding and prey distribution of summer and southern flounder in selection of estuarine nursery habitats. *J. Fish. Biol.* 47:355-366.
- Burke, J. S., J. M. Miller y D. E. Hoss. 1991. Immigration and settlement pattern of *Paralichthys dentatus* and *P. lethostigma* in an estuarine nursery ground, North Carolina, USA. *Neth. J. Sea. Res.* 27(3/4): 393-405.
- Burke, J. S., D. S. Peter y P. J. Hanson. 1993. Morphological indices and otolith microstructure of Atlantic croaker, *Micropogonias undulatus*, as indicators of habitat quality along an estuarine pollution gradient. *Environ. Biol. Fish.* 36(1):25-33.
- Campana, S. E. 1983. Calcium deposition and otolith check formation during periods of stress in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Comp. Biochem. Physiol.* 75A:215-220.
- Campana, S. E. 1984. Interactive effects of age and environmental modifiers of the production of daily growth increments in otolith of plainfin midshipman, *Porichthys notatus*. *Fish. Bull.* 82(1):165-176.

- Campana, S. E. 1990. How reliable are growth back-calculations based on otoliths? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:2219-2227.
- Campana, S. E. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 188:263-297.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* 59:197-242.
- Campana, S. E. y J. D. Neilson. 1982. Daily growth increments in otoliths of starry flounder (*Platichthys stellatus*) and the influence of some environmental variables in their production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:937-942.
- Campana, S. E. y J. D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:1014-1032.
- Celis-Ceseña, R. y S. Álvarez-Borrego. 1975. Distribución superficial de algunos parámetros hidrológicos físicos y químicos en el Estero de Punta banda, b. C. En primavera y verano. *Cienc. Mar.* 2(1):98-105.
- Chambers, R. C. y T. J. Miller. 1995. Evaluating fish growth by means of otolith increment analysis: Special properties of individual-level longitudinal data. En: Secor, D. H., J. M. Dean y S. E. Campana. (Eds). *Recent developments in fish otolith research.* University of South Carolina Press, Columbia, South Carolina. 155-175 p.
- Chilton, D. E. y R. J. Beamish. 1982. Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 60:102 p.
- Connell, S. D. y G. P. Jones. 1991. The influence of habitat complexity on postrecruitment processes in a temperate marine fish population. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 151:271-294.
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. México. 253 pp.
- Cushing, D. H. 1975. *Marine ecology and fisheries.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Cushing, D. H. 1990. Plankton production and year class strength in fish populations and update of the match/mismatch hypothesis. *Ad. Mar. Biol.* 26:149-293.

- Dahlgren, C. P., G. T. Kellison, A. J. Adams, B. M. Gillanders, M. S. Kendall, C. A. Layman, J. A. Ley, I. Nagelkerken y J. E. Serafy. 2006. Marine nurseries and effective juvenile habitats: concepts and applications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 312:291-295.
- Deegan, L. A., J. T. Finn y J. Buonaccorsi. 1997. Development and validation of an estuarine biotic integrity index. *Estuaries.* 20(3):601-617.
- Domeier, M. L. y C. S. Y. Chun. 1995. A tagging study of the California halibut (*Paralichthys californicus*). *CalCOFI Reports.* XXXVI:204. 207.
- Drawbridge, M. A. 1990. Feeding relationships, feeding activity and substrate preferences of juvenile California halibut, *Paralichthys californicus*, in coastal and bay habitats. P. H. Thesis San Diego State University. San Diego, California. 214 pp.
- Duffy-Anderson, J. T y K. W. Able. 1999. Effects of municipal piers on the growth of juvenile fishes in the Hudson River estuary: A study across a pier edge. *Mar. Biol.* 133:409-418.
- Fodrie, F. J. y G. Mendoza. 2006. Availability, usage and expected contribution of potential nursery habitats for the California halibut. *Est. Coast. Shelf. Sci.* 68:149-164.
- Fonds, M. R., A. Cronie , A. D. Vethaak y P. Van Der Puyl. 1992. Metabolism, food consumption and growth of plaice (*Pleuronectes platessa*) and flounder (*Platichthys flesus*) in relation to fish size and temperature. *Neth. J. Sea. Res.* 29(1-3):127-143
- Frey, H. W. 1971. California's living marine resources and their utilization. *Calif. Dept. Fish Game.* 148 p.
- Gadomski, D. M. y S. M. Caddell. 1991. Effects of temperature on early life history stages of California halibut *Paralichthys californicus*. *Fish. Bull.* 89:567-576.
- Gadomski, D. M., S. M. Caddell, L. R. Abbott y T. C. Caro. 1990. Growth and development of larval and juvenile California halibut, *Paralichthys californicus*, reared in the laboratory. En: Haugen, C. W. (Ed). The California halibut, *Paralichthys californicus*, resource y fisheries. *Fish. Bull. Cal. Dep. Fish Game.* 174:85-98.
- Geffen, A. J. 1982. Otolith ring deposition in relation to growth rate in the herring (*Clupea harengus*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. *Mar. Biol.* 71:317-326.
- Gibson, R, N. 1994. Impact of habitat quality and quantify on the recruitment of juvenile flatfishes. *Neth. J. Sea. Res.* 32(2):191-206.

- Gibson, R. N. 1997. Behavior and the distribution of flatfishes. *J. Sea. Res.* 37(3-4):241-256.
- Gilliers, C., O. Le-Pape, Y. Désaunay, J. Morin, D. Guérault y R. Amara. 2006. Are growth and density quantitative indicators of essential fish habitat quality? An application to the common sole *Solea solea* nursery grounds. *Est. Coastl. Shelf. Sci.* 69:96-106.
- Gilliers, C., R. Amara, J.-P. Bergeron y O. Le Pape. 2004. Comparison of growth and conditions indices of juvenile flatfish in different coastal nursery grounds. *Environ. Biol. Fish.* 71:189-198.
- Goldbert, R., B. Phelan, J. Pereira, S. Hagan, P. Clark, A. Bejda, A. Calabrese, A. Studholme y K. W. Able. 2002. Variability in habitat use by young-of-the-year winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, in three Northeastern US estuaries. *Estuaries.* 25(2):215-226.
- Golley, F. B. 1961. Energy values of ecological materials. *Ecology.* 42(3):581-584.
- Griffiths, R. 2005. Movement and distribution patterns of juvenile California halibut (*Paralichthys californicus*) and other flatfishes in the Punta Banda Estuary, Baja California, Mexico. Master's Thesis. University of Wales, Bangor.
- Guindon, K. Y. y J. M. Miller. 1995. Growth potential of juvenile southern flounder, *Paralichthys lethostigmata*, in low salinity nursery areas of Pamlico Sound North Carolina, USA. *Neth. J. Sea. Res.* 34(1-3):89-100.
- Haaker, P. L. 1975. The biology of the California halibut, *Paralichthys californicus* (Ayres) in Anaheim Bay, En: Lane, E. D. y C. W. Hill. (Eds). The marine resources of Anaheim Bay. Cal. Dep. Fish Game. 165:137-151 pp.
- Hammann, M. G. y A. A. Ramírez-González. 1990. California halibut, *Paralichthys californicus*, in Todos Santos Bay, Baja, México. En: Haugen, C. W. (Ed). The California halibut, *Paralichthys californicus*, resource and fisheries. Cal. Dep. Fish Game. 174:127-144.
- Hammann, M. G. y J. A. Rosales-Casián. 1990. Taxonomía y estructura de la comunidad de peces del estero de Punta Banda y Bahía Todos Santos, Baja California, México. CICESE. 153-192 p.
- Hernaman, V., P. L. Munday y M. L. Schläppy. 2000. Validation of otolith growth-increment periodicity in tropical gobies. *Mar. Biol.* 137:715-726.
- Hjort, J. 1914. Fluctuation in the great fisheries of northern Europe reviewed in the light of biological research. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions Conseil International Pour L'Exploration de la Mer* 20:1-228.

- Horn, M. H. y L. G. Allen. 1981. Ecology of fishes in upper Newport Bay, California: seasonal dynamics and community structure. Cali. Fish Game Mar. Res. Tech. Rep. 45:1-102.
- Houde, E. D. 1987. Fish early life dynamics and recruitment variability. Am. Fish. Soc. Symp. 2:17-29.
- Houde, E. D. 2002. Mortality. En: Fuiman L. A. and Werner R.G (Eds.). Fishery Science. The unique contributions of early life stages. Blackwell Science Ltd., Osford, UK. 64-87 p.
- Houde, E. D. y J. D. Schekter. 1981. Growth rates, rations and cohort consumption of marine fish larvae in relation to prey concentration. Rapp. PV. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 178:441-453.
- Ibarra-Obando, S. E. y Poumian-Tapia, M. 1991. The effect of tidal exclusion on salt marsh vegetation in Baja California, México. Wetland Ecol. Manag. 1(3):131-148.
- Jennings, S., M. J. Jaisier y J. D. Reynolds. 2001. Marine fisheries ecology. Blackwell science, Oxford. 417 pp.
- Innis, D. B. 1980. Growth characteristics and temperature preference behavior of juvenile California halibut, *Paralichthys californicus*, and their relationship to the effects of thermal effluent. M. S. Thesis, San Diego State Univ. 110 p.
- Innis, D. B. 1990. Juvenile California halibut, *Paralichthys californicus*, growth in relation to thermal effluent. En: Haugen, C. W. (Ed). The California halibut, *Paralichthys californicus*, resource and fisheries. Cal. Dep. Fish Game. 174:.
- Jobling, M. 1993. Bioenergetics: feed intake and energy portioning. In: Rankin, J. C. y F. B. Jensen (Eds). Fish Ecophysiology. Chapman y Hall, London. 1-44 p.
- Jones, C. 1986. Determining age of larval fish with the otolith increment technique. Fish. Bull. 84(1):91-103.
- Jones, G. P. 1991. Postrecruitment processes in the ecology of coral reef fish populations: a multifactorial perspective. En P. F. Sale (Ed). The ecology of fishes on coral reefs. Academic Press, New York, New York, USA. 294-328 p.
- Jordan, F. M. Bartolini, C. Nelson, P. E. Patterson y H. Soulen. 1996. Risk of predation affect habitat selection by the pinfish *Lagodon rhomboidea*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 208:45-56.
- Kicklighter, W. T. 1990. The relationship between somatic growth and temperature in the formation of otoliths by juvenile California halibut (*Paralichthys californicus*). M. S. Thesis, San Diego State University. San Diego, California. 77 p.

- Kitchell, J. F., Magnuson, J. J. y W. H. Neil. 1977. Estimation of caloric content for fish biomass. *Env. Biol. Fish.* 2(2):185-188.
- Kramer, S. H. y J. R. Hunter. 1987a. Southern California wetland/shallow water habitat investigation. Annual report for fiscal year 1987. NMFS, Southwest Fisheries Center, La Jolla, Ca.
- Kramer, D. L. 1987b. Dissolved oxygen and fish behavior. *Environ. Biol. Fish.* 18(2):81-92.
- Kramer, S. H. y J. R. Hunter. 1988. Southern California wetland/shallow water habitat investigation. Annual report for fiscal year 1987. NMFS, Southwest Fisheries Center, La Jolla, Ca.
- Kramer, S. H. 1990. Distribution and abundance of juvenile California Halibut, *Paralichthys californicus*, in shallow waters of San Diego County. In: Haugen, C. W. (Ed). *The California Halibut, Paralichthys californicus*, Resource and fisheries. Cal. Depart. Fish game. Fish. Bull. 174:99-126
- Kramer, S. H. 1991a. Growth, mortality and movements of juvenile California halibut, *Paralichthys californicus* in shallow coastal and bay habitats of San Diego County, California. *Fish. Bull.* 89:195-207.
- Kramer, S. H. 1991b. The shallow water of San Diego County. *CalCOFI Reports.* XXXII:128-142.
- Krygier, E. E. y W. G. Pearcy. 1986. The role of estuarine and offshore nursery areas for young English sole, *Parophrys vetulus* girard of Oregon. *Fish. Bull.* 84(1):119-132.
- Lavenberg, R. J., G. E. McGowen, A. E. Jahn, J. H. Petersen y T. C. Sciarrotta. 1986. Abundance of southern California nearshore ichthyoplankton: 1978-1984. *CalCOFI Reports.* XXVII:53-64.
- Litvak, M. K. and W. C. Leggett. 1992. Age and size-selective predation on larval fishes: The bigger-is-better hypothesis revisited. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 81(1):13-24.
- Love, M. S. y A. Brooks. 1990. Size and age at first maturity of the California halibut, *Paralichthys californicus*, in the southern California bight. En: Haugen, C. W. (Ed). *The California Halibut, Paralichthys californicus*, resource and fisheries. *Fish. Bull.* Cal. Dep. Fish Game. 174:167-174.
- Madon, P. S. 2002. Ecophysiology of juvenile California halibut *Paralichthys californicus* in relation to body size, water temperature and salinity. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 243:235-249.

- Malloy, K. D. y T. E. Targett. 1991. Feeding, growth and survival of juvenile summer flounder *Paralichthys dentatus*: experimental analysis of the effects of temperature and salinity. Mar. Ecol. Prog. Ser. 72:213-223.
- Malloy K. D. y T. E. Targett. 1994. Effects of ration limitation and low temperature on growth, biochemical condition, and survival of juvenile summer flounder from two Atlantic Coast nurseries. Trans Am Fish Soc 123:182-193
- Malloy. K. D., Y. Yamashita, H. Yamada y T. E. Targett. 1996. Spatial and temporal patterns of juvenile stone flounder *Kareius bicoloratus* growth rates during and after settlement. Mar. Ecol. Prog. Ser. 131:49-59.
- Manderson, J. P., B. A. Phelan, C. Meise, L. L. Stehlik, A. J. Bejda, J. Pessutti. L. Arden, A. Draxler y A. W. Stoner. 2002. Spatial dynamics of habitat suitability for the growth of newly settled winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* in an estuarine nursery. Mar. Ecol. Prog. Ser. 228:227-239.
- Manderson, J. P., J. Pessutti, J. G. Hilbert y F. Juanes. 2004. Shallow water predation risk for a juvenile flatfish (winter flounder; *Pseudopleuronectes americanus*, Walbaum) in a northwest Atlantic estuary. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 304:137-157.
- Marchand, J. 1991. The influence of environmental conditions on settlement, distribution and growth of 0-group sole (*Solea solea* (L.)) in a macrotidal estuary (Vilaine, France). Neth. J. Sea. Res. 27(3/4):307-316.
- Marshall, S. L. y S. S. Parker. 1982. Pattern identification in the microstructure of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:542-547.
- McBride, R. S., T. C. McDonald, R. E. Matheson Jr., D. A. Rydene y P. E. Hood. 2001. Nursery habitats for ladyfish, *Elops saurus*, along salinity gradients in two Florida estuaries. Fish. Bull. 99:443-458.
- Meise, C. J., D. L. Johnson, L. L. Stehlik, J. Manderson y P. Shaheen. 2003. Growth rates of juvenile winter flounder under varying environmental conditions. Trans. Am. Fish. Soc. 132(2):335-345.
- Meng, L., C. D. Orphanides y J. C. Powell. 2002. Use of a fish index to assess habitat quality in Narragansett Bay Rhode Island. Trans. Am. Fish. Soc. 131(4):731-742.
- Meng, L., C. Gray, b. Taplin y E. Kupcha. 2000. Using winter flounder growth rates to assess habitat quality in Rhode Island's coastal lagoons. Mar. Ecol. Prog. Ser. 201:187-299.

- Meng, L., G. Cicchetti y M. Chintala. 2004. Nekton Habitat quality at shallow water sites in two Rhode Island coastal systems. *Estuaries*. 27(4):740-751.
- Meng, L., J. C. Powel y B. Taplin, 2001. Using winter flounder growth rates to assess habitat quality across an anthropogenic gradient in Narragansett Bay, Rhode Island. *Estuaries*. 24(4): 576-584.
- Miller, J. M., J. S. Burke y G. R. Fitzhugh. 1991. Early life history patterns of Atlantic North American flatfish likely (and unlikely) factors controlling recruitment. *Neth. J. Sea. Res.* 27(3/4): 261-275.
- Miller, J. M., L. B. Crowder y M. L. Moser. 1986. Migration and utilization of estuarine nurseries by juvenile fishes: an evolutionary perspective. En: Rankin, M. A. (Ed). *Migration: mechanisms and adaptive significance*. Univ. Texas contribution in Marine Sci. supp. 27:338-352.
- Minello, T. J., R. J. Zimmerman y E. X. Martínez. 1987. Fish predation on brown shrimp, *Penaeus aztecus* Ives: effects of turbidity and substratum on predation rates. *Fish Bull.* 85: 59-70.
- Modin, J. y L. Pihl. 1994. Differences in growth and mortality of juvenile plaice, *Pleuronectes platessa* L., following normal and extremely high settlement. *Neth. J. Sea. Res.* 32(3/4):331-334.
- Mommsen, T. P. 2001. Paradigms of growth in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*. 129:207-219.
- Nash, R. D. M. y A. J. Geffen. 2000. The influence of nursery ground processes in the determination of year class strength in juvenile plaice, *Pleuronectes platessa* L. in Port Erin Bay, Irish Sea. *J. Sea. Res.* 44:101-110.
- Necaise, A. M. D. S., R. W. Ross y J. M. Miller. 2005. Estuarine habitat evaluation measured by growth of juvenile summer flounder *Paralichthys dentatus* in a North Carolina estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 285:157-168.
- Neilson, J. D. y G. H. Geen, 1982. Otoliths of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): daily growth increments and factors influencing their production *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:1340-1347.
- Neilson, J. D. y G. H. Geen. 1985. Effects of feeding regimes and diel temperature cycles on otolith increment formation in juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Fish. Bull.* 83(1):91-101.

- Oozeki, Y. y Y. Watanabe. 2000. Comparison of somatic growth and otolith increment growth in laboratory-reared larvae of Pacific saury, *Cololabis saira*, under temperature conditions. *Mar. Biol.* 136:349-359.
- Ortiz, M. L. Huerta y A. Hinojosa. 2003. Transporte de sedimento por tracción de marea en el Estero de Punta Banda, B. C., México. *GEOS*, 23:283-294.
- Panella, G. 1971. Fish otolith: Daily growth and periodical patterns. *Science*. 173:1124-1127.
- Panella, G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. En T. B. Bagenal (Ed). *The proceeding of an international symposium on the aging of fish*, 28-39 p. Unwin Brothers, Surrey, England.
- Paperno, R., T. E. Targett y P. A. Greco. 1997. Daily growth increments in otoliths of juvenile weakfish, *Cynoscion regalis*: experimental assessment of changes in increment width with changes in feeding rate, growth rate, and condition factor. *Fish. Bull.* 95:521-529.
- Pepin, P. 1991. Effects of temperature and size on development, mortality, and survival rates of the pelagic early life history stages of marine fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:503-518.
- Pepin, P., J. F. Dower y H. P. Benoit. 2001. The role of measurement error on the interpretation of otolith increment width in the study of growth in larval fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:2204-2212.
- Phelan, B. A., R. Goldberg, A. J. Bejda, J. Pereira. S. Hagan, P. Clark, A. L. Studholme, A. Calabrese y K. W. Able. 2000. Estuarine and habitat-related differences in growth rates of young-of-the-year winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) and tautog (*Tautoga onitis*) in three northeastern US estuaries. *Exp. Mar. Biol. Ecol.* 247:1-28.
- Plummer, K. M., E. E. Demartin y D. A. Roberts. 1983. The feeding habits and distribution of juvenile-small adult California halibut (*Paralichthys californicus*) in coastal waters off northern San Diego County. *CalCOFI Reports*. 24:194:201.
- Pritchard, D. W., R. de la Paz-Vela, H. Cabrera-Muro, S. Farreras-Sanz y E. Morales. 1978. Hidrografía física del Estero de Punta Banda. Parte I: Análisis de datos. *Cienc. Mar.* 5(2):1-23.
- Radtke, R. L. 1984. Cod fish otoliths: information storage structures. En: Dahl, D. S. Danielson, E. Moksness y P. Solemdal (Eds). *The propagation of the cod Gadus morhua*. 273-298 pp.

- Radtke, R. y D. P. Fey. 1996. Environmental effects on primary increment formation in the otoliths of newly-hatched Arctic charr. *J. Fish Biol.* 48:1238-1255.
- Reichert, M. J. M. y H. W. Van der Veer. 1991. Settlement, abundance, growth and mortality of juvenile flatfish in a subtropical tidal estuary (Georgia, USA). *Neth. J. Sea. Res.* 27:375-391.
- Reichert, M. J. M., J. H. Dean. R. J. Feller y J. M. Grego. 2000. Somatic growth and otolith growth in juveniles of a small subtropical flatfish, the fringed flounder, *Etropus crossotus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 254:169-188.
- Rooker, J. R. y S. A. Holt. 1997. Utilization of subtropical seagrass meadows by newly settled red drum *Sciaenops ocellatum*: patterns of distribution and growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 158:139-149.
- Rooker, J. R., S. A. Holt, G. J. Holt y L. A. Fuiman. 1999. Spatial and temporal variability in growth, mortality, and recruitment potential of postsettlement red drum, *Sciaenops ocellatus*, in a subtropical estuary. *Fish. Bull.* 97:581-590.
- Rosales-Casián, J. A. 1997. Inshore soft-bottom fishes of two coastal lagoons on the northern Pacific coast of Baja California. *CalCOFI Reports.* XXXVIII:180-192.
- Rosenberg, A. A. 1982. Growth of juvenile English sole, *Parophrys vetulus*, in estuarine and open coastal nursery grounds. *Fish. Bull.* 80(2):245-252.
- Ross, S. W. 2003. The relative value of different estuarine nursery areas in North Carolina for transient juvenile marine fishes. *Fish. Bull.* 101:384-404.
- Ross, S. W., D. A. Dalton, S. Kramer y B. L. 2001. Physiological (antioxidant) responses of estuarine fishes to variability in dissolved oxygen. *Comp. Biochem. Physiol. C.* 130:289-303.
- Sandoval-Muy, M. I. 1995. Hábitos alimenticios y aportación nutricional de la dieta de *Paralichthys californicus* en la Bahía de Todos Santos y el Estero de Punta Banda, Ensenada, B. C. Tesis Maestría en Ciencias. CICESE. 62 pp.
- Secor, D. H. y D. M. Dean. 1989. Somatic growth effects on the otolith-fish size relationship in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46(1):113-121.
- Secor, D. H., E. H. Laban y J. M. Dean. 1991. Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination. Technical Publ. 1991-01. Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research. Columbia, SC. 85 pp.
- Shuter, B.J. 1990. Population-level indicators of stress. *Am. Fish. Soc. Symp.* 8: 145-166.

- Sogard, S. M y K. W. Able. 1992. Growth variation of newly settled winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) in New jersey estuaries as determined by otolith microstructure. *Neth. J. Sea. Res.* 29:163-172.
- Sogard, S. M. 1992. Variability in growth rates of juvenile fishes in different estuarine habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 85:35-53.
- Sogard, S. M., K. W. Able. y S. M. Hagan. 2001. Long term assessment of settlement and growth of juvenile winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) in New Jersey estuaries. *J. Sea. Res.* 45(3-4):189-204.
- Sparre, P., E. Ursin y S. C. Venema., 1989. Introduction to tropical fish stock assessment Part 1. Manual. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306/1.
- Stevenson, D. K. y S. E. Campana. 1992. Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Special Pub. Fish. Aquat. Sci.* 117, 126 p.
- Stunz, G. W., T. J. Minello y P. S. Levin. 2002. Growth of newly settled red drum *Sciaenops ocellatus* in different estuarine habitat types. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 238:227-236.
- Summer, J. K., S. B. Weisberg, A. F. Holland, J. Kou, V. D. Engle, D. L. Breitberg y R. J. Diaz. 1997. Characterizing dissolved oxygen conditions in estuarine environments. *Environ Monit. Assess.* 45:319-328.
- Tanaka, M., T. Goto, M. Tomiyama y H. Sudo. 1989. Immigration, settlement and mortality of flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae y juveniles in a nursery ground, Shijiki Bay, Japan. *Neth. J. Sea. Res.* 24(1):57-67.
- Tarpgaard, E, M. Mogensen, P. GrønkJær y J. Carl. 2005. Using short-term growth of enclosed 0-group European flounder, *Platichthys flesus*, to assess habitat quality in a Danish bay. *J. Appl. Ichthyol.* 21:53-63.
- Taubert, B. D. y D. W. Coble. 1977. Daily rings of otoliths of three species of *Lepomis* and *Tipalia mossambica*. *J. fish. Res. Board Can.* 34:332-340.
- Taylor C. J. y J. M. Miller. 2001. Physiological performance of juvenile southern flounder, *Paralichthys lethostigma* (Jordan and Gilbert, 1884), in chronic and episodic hypoxia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 258:195-214.
- Thomas, L. M., S. A. Holt y C. R. Arnold. 1995. Chemical marking techniques for larval and juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) using different fluorescent markers. En: Secor, D. H., J. M. Dean and S. E. Campana. (Eds). *Recent development in fish otolith research.* University of South Carolina Press, Columbia. South Carolina. 703-718 pp.

- Toole, C. L. 1980. Intertidal recruitment and feeding in relation to optimal utilization of nursery areas by juvenile English sole (*Parpprhrys vetulus*: Pleuronectidae). Environ. Biol. Fish. 5:383-390.
- Tupen, J. W. 1990. Movement and growth of tagged California halibut, *Paralichthys californicus*, off the central coast of California. En: Haugen, C. W. (Ed). The California halibut, *Paralichthys californicus*, resource and fisheries. Fish. Bull. Cal. Dep. Fish Game. 174:199-206.
- Tzen, W. -N. y S. -Y. Yu. 1992. Effects of starvation on the formation of daily growth increments in the otolith of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal), larvae. Fish. Bull. 40:312-314.
- Valle, C. F., J. W. O'Brien y K. B. Wiese. 1999. Differential habitat use y California halibut, *Paralichthys californicus*, barred sand bass, *Paralabrax nebulifer*, and other juvenile fishes in Alamitos Bay, California. Fish. Bull. 97:646-660.
- Van der Veer, H. W., M. J. N. Bergman, R. Dapper y J. I. J. Witte. 1991. Population dynamics of an intertidal O-group flounder *Platichthys flesus* population in the western Dutch Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 73:141-148.
- Van der Veer, H. W., R. Berghahn y R. Rinjndorp. 1994. Impact of juvenile growth on recruitment in flatfish. Neth. J. Sea. Res. 32:153-173.
- Vigliola, L. 1997. Validation of daily increment formation in otoliths for three *Diplodus* species in the Mediterranean sea. J. Fish Biol. 51:349-360.
- Waggoner III, J. P. y C. R. Feldmeth. 1971. Sequential mortality of the fish fauna impounded in construction of a marina at Dana Point, California. Cal. Fish. Game. 57:167-176.
- Wannamaker, C. M. y J. A. Rice. 2000. Effects of hypoxia on movements and behavior of selected estuarine organisms from the southeastern United States. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 249:45-163.
- Weinstein, M. P., S. Y. Litvin, K. L. Boslev, C. M. Fuller y S. C. Wainright. 1980. Retention of three taxa of postlarval fishes in an intensively flushed tidal estuary, Cape Fear River, North Carolina. Fish. Bull. 78:419-435.
- Winemiller, K. O. y K. A. Rose. 1993. Why do most fish produce so many tiny offspring? Am. Nat. 142(4):585-603.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall. EUA. 293 pp.

- Wootton, R. J. 1992. Fish ecology. Chapman and Hall. EUA. 212 pp.
- Wuenschel, M. J., A. R. Jugovich y J. A. Hare. 2005. Metabolic response of juvenile gray snapper (*Lutjanus griseus*) to temperature and salinity: Physiological cost of different environments. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 321:145-154.
- Yamashita, Y., M. Tanaka y J. M. Miller. 2001. Ecophysiology of juvenile flatfish in nursery grounds. J. Sea. Res. 45(3-4):205-218.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. U.S.A. 662 pp.
- Ziegler, S. y R. Benner. 1998. Ecosystem metabolism in a subtropical, seagrass dominated lagoon. Mar. Ecol. Progr. Ser. 173:1-12.

ANEXO I. Parámetros abióticos medidos en el Estero de Punta Banda entre octubre de 2004 y 2005.

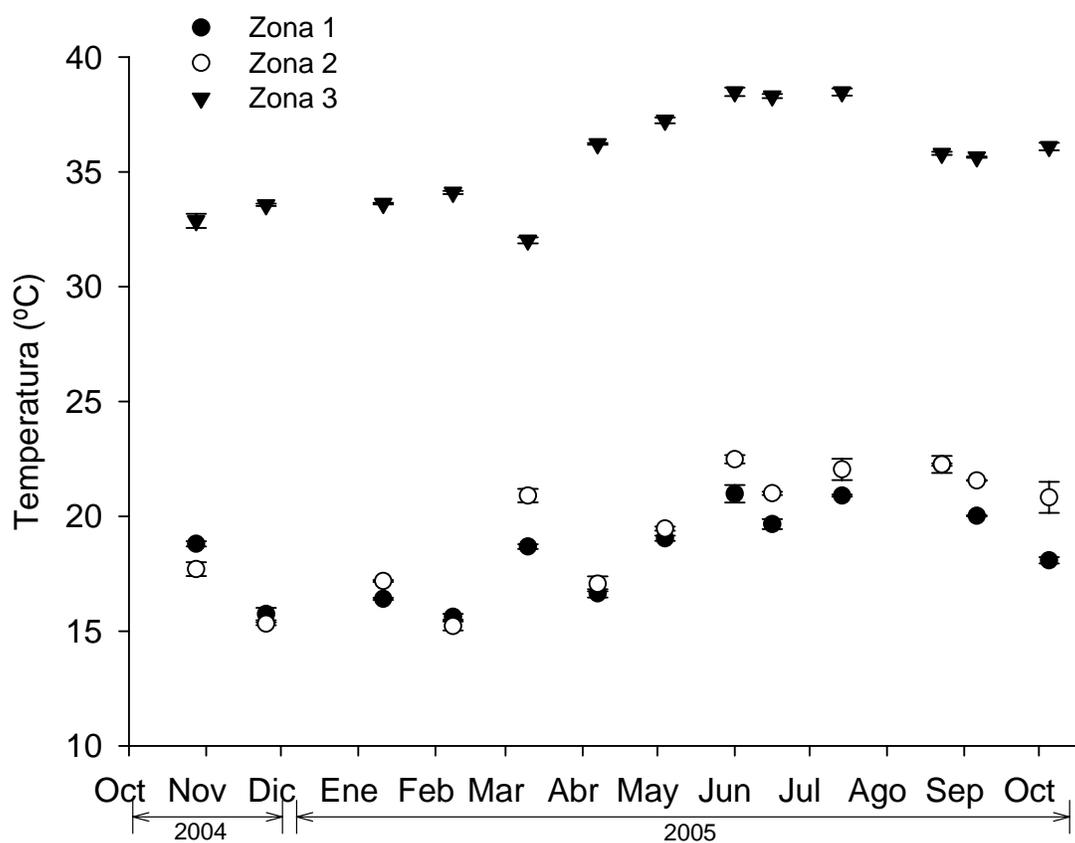


Figura 21. Temperaturas instantáneas obtenidas entre octubre de 2004 a octubre de 2005 en la zona externa (Zona 1), central (zona 2) e interna (zona 3) del Estero de Punta Banda. Los puntos representan medias \pm error estándar.

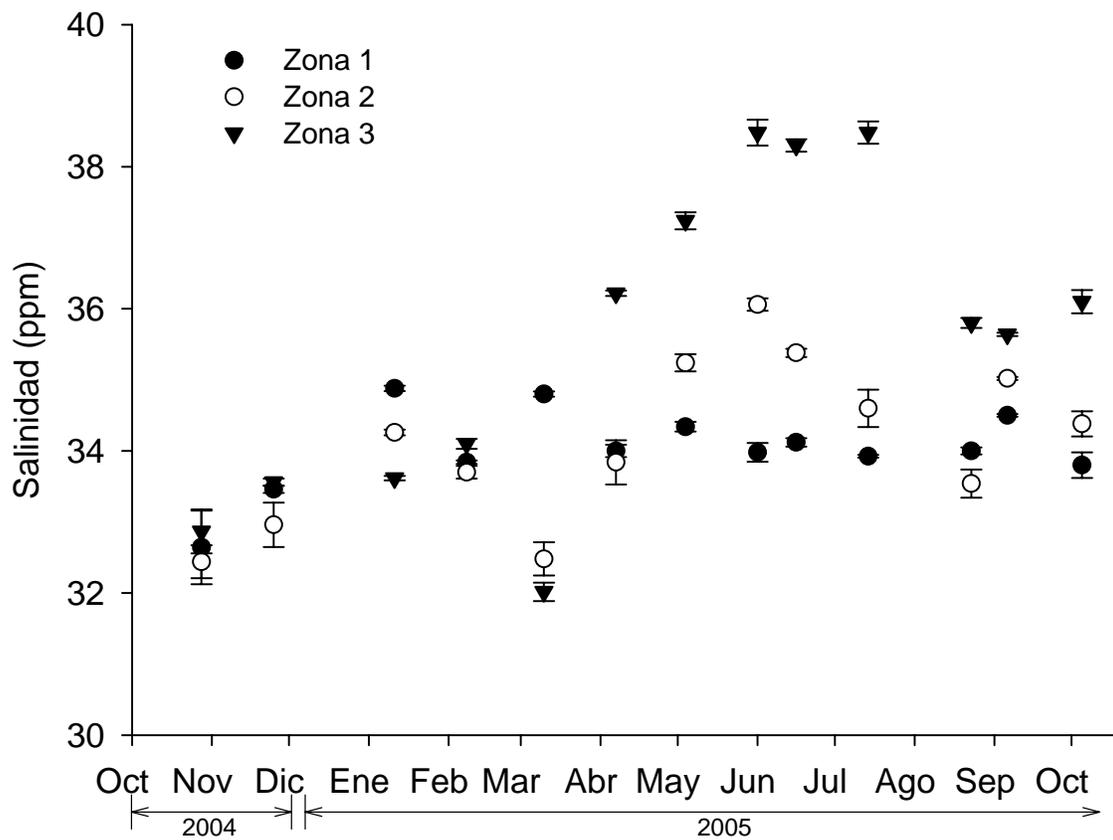


Figura 22. Salinidades instantáneas obtenidas entre octubre de 2004 y 2005 en la zona externa (Zona 1), central (zona 2) e interna (zona 3) del Estero de Punta Banda. Los puntos representan medias \pm error estándar.

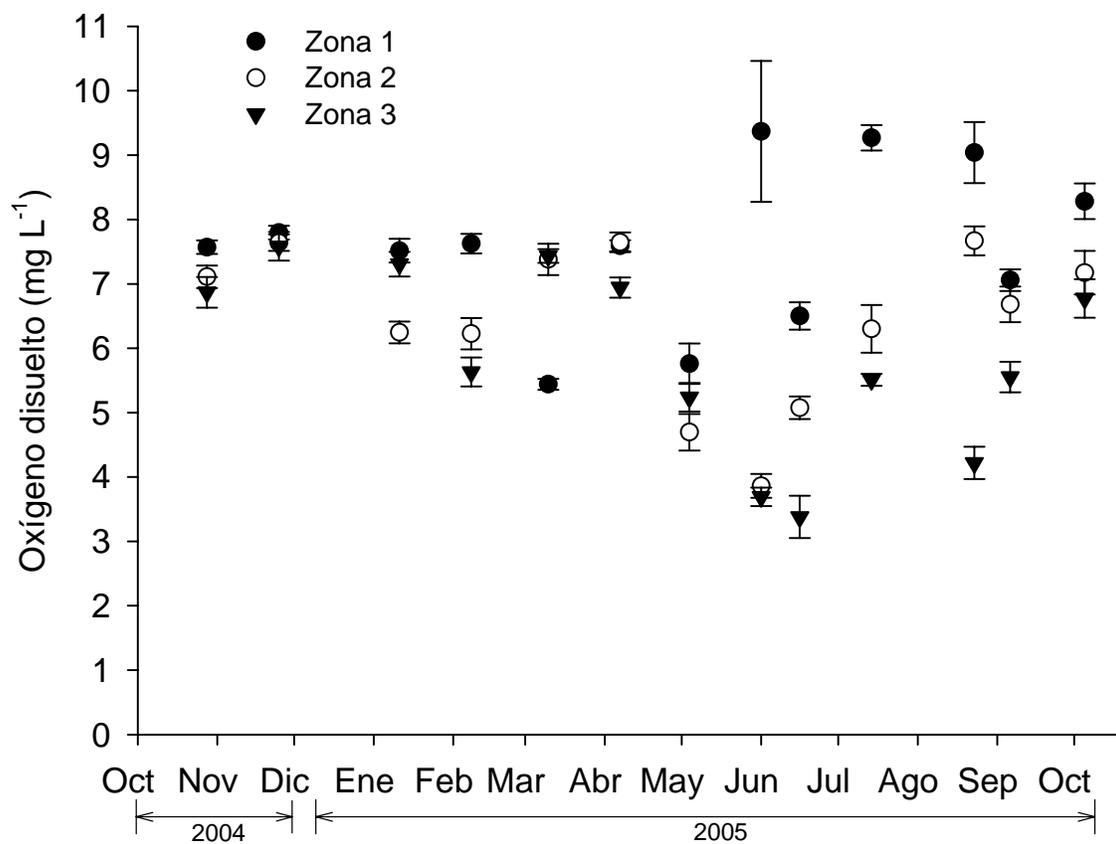


Figura 23. Oxígeno disuelto instantáneas obtenidas entre octubre de 2004 y 2005 en la zona externa (Zona 1), central (zona 2) e interna (zona 3) del Estero de Punta Banda. Los puntos representan medias \pm error estándar.

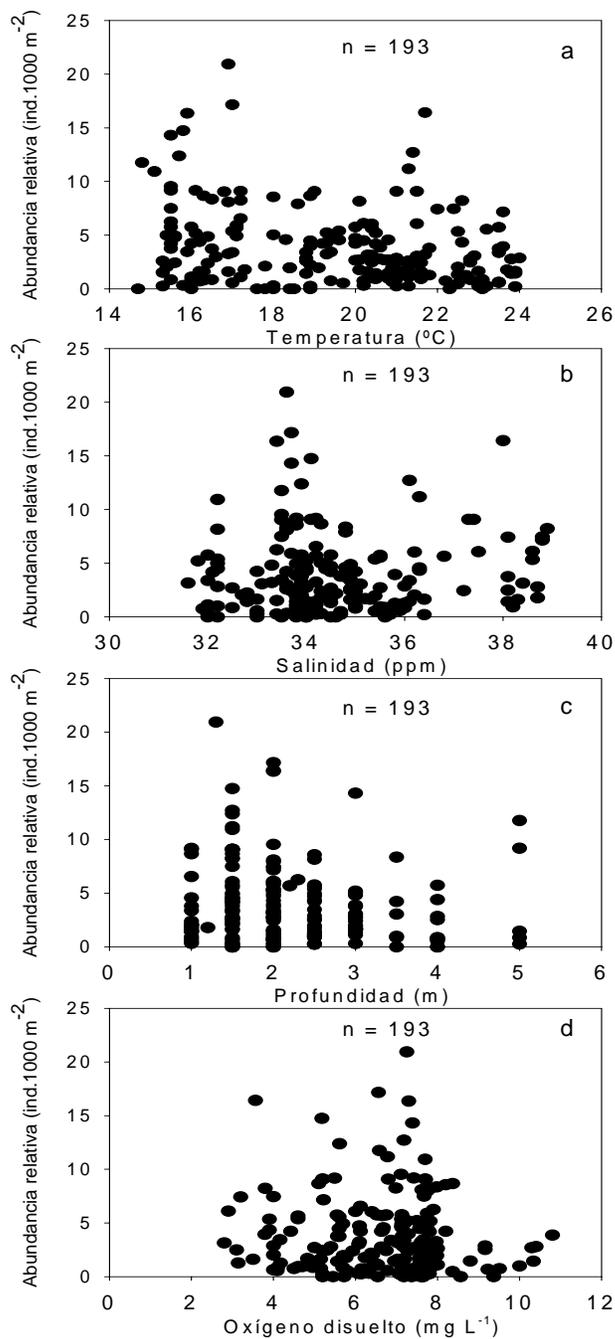
ANEXO II. Relación de la abundancia relativa con los parámetros abióticos.

Figura 24. Relación entre la abundancia relativa y los parámetros abióticos medidos en el Estero de Punta Banda. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Profundidad y d) Oxígeno Disuelto.