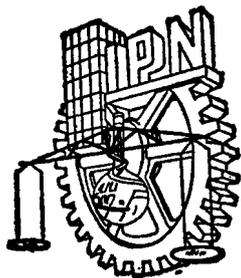


05186



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**



**CICIMAR**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS  
BIBLIOTECA

**TAXONOMIA DE LAS ESPECIES DEL GENERO *Opisthonema*  
(sardina crinuda) EN EL NOROESTE DE MEXICO**

**T E S I S**  
**QUE COMO REQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE :**  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**P R E S E N T A '**  
**BIOL. RUBEN RODRIGUEZ SANCHEZ**

**LA PAZ BAJA CALIFORNIA SUR, ABRIL DE 1989**

Comité Mexicano de Oceanografía  
CICERO MARTÍNEZ  
I. D. H.  
BIBLIOTECA

## RESUMEN

En la última revisión del género Ooisthonema (Berry y Barrett, 1963) se establece para la diferenciación práctica de las especies el uso combinado de área geográfica de aparición y forma en que el número de branquiespinas aumenta en relación con la longitud patrón. Bajo estas consideraciones se intentó identificar a las especies de este género presentes en la captura comercial obtenida entre 1983 y 1987 en el Golfo de California y en la costa Pacífica de Baja California Sur. Los resultados muestran que para la identificación de los ejemplares colectados en las costas del noroeste de México, no es suficiente ni satisfactorio relacionar el número de branquiespinas del segmento ceratobranquial del primer arco branquial con su longitud patrón, como lo establecen los autores antes mencionados.

En el presente trabajo se plantean nuevos elementos de análisis de las branquiespinas para tratar de resolver el problema de la diferenciación de las especies de este género. Para ello se considera que el número de branquiespinas no sólo depende de la longitud patrón, sino también de la longitud del segmento ceratobranquial sobre el cual están implantadas y que la variación geográfica de estos caracteres morfológicos es a nivel de regiones más pequeñas que las áreas geográficas establecidas por Berry y Barrett. Con estos criterios se puede diferenciar con mayor seguridad a O. libertate, O. medirrastrae y O. bulleri.

No obstante que se desarrolla y describe una metodología para identificar las especies con mayor certeza que al usar el método previamente descrito, la amplia variabilidad de los caracteres morfológicos elegidos, impide que sean fácilmente utilizados como atributos para diferenciar las especies.

Además de los aspectos de morfología externa entre especies, se analizan dos características adicionales que se relacionan con su comportamiento biológico: A) sus diferencias en el ciclo reproductivo y B) sus diferencias en selectividad alimenticia. La naturaleza de estas propiedades biológicas ayudan a discutir las diferencias entre estas especies taxonómicamente cercanas y simpátricas.

# CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCION .....	1
2. ANTECEDENTES .....	10
2.1 Taxonomía .....	10
2.2 Distribución .....	11
2.3 Variación geográfica .....	12
2.4 Madurez sexual y reproducción .....	12
2.5 Aparato branquial y alimentación .....	13
3. MATERIAL Y METODOS .....	15
3.1 Fuente del material .....	15
3.2 Identificación y separación de las especies .....	16
3.3 Método de densidad de branquiespinas .....	18
3.4 Método tridimensional .....	18
3.5 Caracterización de las especies .....	19
3.5.1 Longitudes .....	19
3.5.2 Branquiespinas .....	20
3.5.3 Arco ceratobranquial .....	20
3.5.4 Densidad de branquiespinas .....	20
3.6 Variación geográfica .....	21
3.7 Ciclo reproductor .....	21
4. RESULTADOS .....	23
4.1 Muestreo .....	23
4.2 Identificación y separación de las especies .....	23
4.2.1 Método de Rerry y Earrett .....	23
4.2.2 Método de densidad de branquiespinas .....	24
4.2.3 Método tridimensional .....	26
4.3 Caracterización de las especies .....	27
4.3.1 Longitudes .....	27
4.3.2 Branquiespinas .....	27
4.3.3 Arco ceratobranquial .....	27
4.3.4 Densidad de branquiespinas .....	28
4.4 Variación geográfica .....	28
4.5 Ciclo reproductor .....	28
5. DISCUSION .....	77
5.1 Marco de referencia .....	77
5.2 Método de Rerry y Harrett .....	78
5.3 Planteamiento de nuevas metodologías .....	79
5.3.1 Método de densidad de branquiespinas .....	80
5.3.2 Método tridimensional .....	80
5.4 Caracterización de las especies .....	81
5.4.1 Composición de longitudes por área de captura .....	82
5.5 Variación geográfica .....	83
5.6 Validez biológica de las especies .....	84
5.6.1 Densidad de branquiespinas .....	84
5.6.2 Madurez sexual y reproducción .....	86
6. BIBLIOGRAFIA .....	89
7. RELACION DE FIGURAS Y TABLAS .....	94

## AGRADECIMIENTOS

El logro de esta meta no es solo resultado de un esfuerzo personal, sino del trabajo, apoyo, sugerencias, y paciencia de amigos, maestros, compañeros de trabajo, instituciones y familiares, que sin su **colaboración** no hubiera sido posible lograr.

Este trabajo de investigación se **realizo** dentro del marco del Programa Nacional de **Investigacion** de la Sardina, bajo el convenio de colaboración entre el Instituto **Politecnico** Nacional a través del CICIMAR y la Secretaria de Pesca, **por** lo que la **colaboración** del Programa Sardina del **CRIP de Guaymas** y del **CHIP de Mazatlan** en la **obtención** del material **biológico** **fué** de **suma importancia**.

El desarrollo de la tesis pudo lograrse con el apoyo de las autoridades y compañeros de trabajo del CICIMAR, **asi** como **del uso** de sus instalaciones y equipos, en especial la disponibilidad ilimitada del Oc. **Hector** Vega Arvide para ayudar y hacer uso **del** Centro de Calculo de CICIMAR.

Las facilidades para hacer uso del equipo de computo del Centro de Investigaciones **Biologicas** de **Baja** California Sur por parte del Biol. Francisco Magallon permitieron la continuidad de este trabajo.

**Imprecindible** fue la **colaboración** de Francisco Alexandres Ruiz en la cuenta y **medición** de las branquiespinas, **asi** como en la **codificación** de la **información biológica**.

Las observaciones y sugerencias de mis maestros y revisores de tesis M. en C. Margarita Casas Valdez, M. en C. Joaquin Arvizu Martinez y M. en C. Rene Torres Villegas contribuyeron no 5010 al mejoramiento del trabajo, **sino tambien** a la perseverancia para lograrlo.

Sin lugar a dudas, la **intervención** constructiva del Dr. Peter P.J. Whitehead vino no solo a **enriquecer** el presente trabajo, sino a estimular la continuidad del mismo en estas y otras especies de Clupeiformes.

**Quiero** hacer un agradecimiento especial al Dr. Danil **LLuch Belda** por su interes, **apoyo** y observaciones que siempre me ha brindado como mi Maestro y ahora en particular por la dirección de esta tesis.

HA VECES DECIR GRACIAS NO **BASTA**, POR ELLO DESEO **DEDICAR** ESTA TESIS A MIS PADRES Y HERMANOS DE QUIENES SIEMPRE HE CONTADO CON SU APOYO Y **AMOR Y EN ESPECIAL A MI ESPOSA** QUIEN CON SU ENTUSIASMO Y **CARIÑO** ME IMPULSO A TERMINARLA.

## 1. INTRODUCCION

La importancia de la pesquería de especies de sardina en México y el gran incremento que ha tenido en las capturas, ha sido señalada por diversos autores (Ramírez, 1957; Pedrín y Ancheita, 1976; Casas, 1983; Hernández, 1983; Félix, 1986). Actualmente, las sardinias ocupan el primer lugar en volumen en la captura nacional, y son materia prima de procesos industriales que transforman mas de 300,000 toneladas anuales. De éstas, la sardina monterrey (Sardinops sagax caerulea) y la sardina crinuda (Opisthonema spp.) representan el 98% .

El gran incremento en las capturas y la expansión de la pesquería se debe básicamente a dos razones; la apertura de nuevas áreas de pesca (Ramírez, op. cit.) y la inclusión en la pesquería de otras especies de clupeidos además de la sardina monterrey, como son las especies del género Opisthonema que, si bien en un principio complementaban las operaciones de las plantas reductoras, en la actualidad tienen cada vez mayor importancia aún para el enlatado (Torres et al., 1985).

Las fluctuaciones en la disponibilidad de sardina de un año a otro o de región a región ha sido reconocida como un problema en el desarrollo y planificación de la industria pesquera (Hernández, op. cit.; Lluch et al., 1986). Es evidente que el esfuerzo pesquero se ha venido incrementando año con año con el resultado de que únicamente se ha podido mantener el nivel de producción actual, y que para lograr incrementos adicionales la inversión realizada supera en ocasiones hasta cinco veces el valor del incremento logrado (Anónimo, 1983).

Como resultado combinado de un esfuerzo pesquero intensivo y cambios naturales, entre otros factores, en algunos lugares del mundo se han presentado abatimientos considerables de las capturas como es el caso de la pesquería de la sardina sudafricana Sardinops ocellata, de la sardina de California S. caerulea, de la sardina japonesa S. melanosticta, del arenque del Atlantico Cluarea harenaus, y del arenque de Hokkaido-Sakhalin C. pallasii (Blaxter y Hunter, 1982).

La disminución de los volúmenes de estas sardinias disponibles a la flota y a la industria favoreció la explotación de otras especies y de otros caladeros. Aunque una situación de sobre explotación no se ha presentado en la pesquería de sardina en México, en años particulares la disminución en la disponibilidad de S. sagax ha permitido que Opisthonema spp. sea de mayor importancia relativa en la captura. Además, la expectativa de una variación climática con tendencia hacia el calentamiento general de la Tierra (Rind et al., 1988), y como consecuencia la ampliación de los límites de distribución de las especies tropicales y el corrimiento hacia el norte de los límites de distribución de las especies de aguas templadas podría originar un incremento considerable en las capturas de Opisthonema en México.

Para la importancia relativa que representan las especies de sardina **crinuda** en cuanto a su volumen de captura a nivel nacional, el conocimiento sobre las **especies** del género **Onisthonema** no es tan abundante como para la sardina monterrey (**S. saqax**). Pocos son los trabajos que analizan aspectos **biológicos** o pesqueros de estas especies. La **mayoría** de ellos presentan la problemática en la falta de **diferenciación** de las especies en sus distintas **fases** de vida y los resultados son referidos a nivel de género **Opisthonema**; otros autores suponen haber trabajado **únicamente** con **Q. libertate**, ya que **ésta** ha sido mencionada como la especie de mayor abundancia relativa de entre las tres que coexisten en aguas del Pacífico mexicano (**Berry y Earrett, 1963; Sokolov y Wong, 1972**), y hay quienes han considerado a **Q. libertate** como la **única** especie del género en la costa noroccidental de México (**Berdegú, 1956**). Mas escasos todavía, son los estudios en lo que se refiere a su **evaluación** o incluso simples indicaciones del tamaño de las poblaciones de alguna de estas especies **tropicales** (**Torres et al., 1985**). Aún mas, si consideramos la problemática de la **diferenciación** interespecífica que ha sido reconocida por diversos autores (**Castro et al., 1970; Páez, 1976**), el poco conocimiento que se tiene de ellas pudiera estar sesgado debido a una deficiente **identificación** específica.

Por lo que respecta a la **evaluación** poblacional de estas especies, el error que puede introducirse en los modelos de **evaluación** por el uso de parámetros sesgados (fecundidad, proporción de sexos, etc.) es además por las deficiencias en la **identificación** de los primeros **estadios** de estas especies (**Moser et al., 1974; Sokolov' y Wang, 1973; De la Campa' y Gutierrez, 1974**), lo cual podría originar subestimaciones o sobrestimaciones de la biomasa de **sus** poblaciones.

La **más** reciente **revisión** taxonómica del género **Opisthonema** fue hecha por **Berry y Earrett (1963)**. En ella concluyen que **sólo existen** pequeñas diferencias **morfológicas** entre las distintas especies y proponen, para la **identificación** práctica de las mismas, el uso combinado de dos consideraciones: **1) la forma** en que el número de branquiespinas aumenta en **relación** a la longitud **patrón** del pez y **2) el área** geográfica de **aparición**. Aunque estos autores reportan haber investigado otros caracteres morfológicos distintos al número de branquiespinas, señalan que **las** diferencias en éstos no son lo suficientemente contrastantes para permitir la **identificación**, pero que de hecho existe **variación** interespecífica en algunas de ellas, además de que en todas se presenta **variación** intraespecífica y **geográfica**.

Dichos autores facilitan en forma tabulada una **clave numérica** **(\*1)** para la **identificación** de las especies en la cual considerando el **área geográfica** de colecta y relacionando el número de branquiespinas del segmento ceratobranquial del primer arco branquial (**Fig. 1**), con su longitud **patrón** se identifica el ejemplar **muestreado** (Tabla A). De otra forma, la **identificación** específica de cada uno de los ejemplares debería realizarse a

-----  
 (\*1) CLAVE NUMERICA: En lo sucesivo se utilizara para referirse al método de identificación de las especies en el que se utiliza la tabla de identificación de Berry y Barrett (1963: Tabla 3).

través de los perfiles gráficos (\*2) que definen la separación de las especies en el Pacífico norte de México.

Hay que señalar que dichos perfiles gráficos están definidos en función de los valores observados entre número de branquiespinas (\*3) y longitud patrón de ejemplares colectados en esta región y son las observaciones a partir de las cuales Berry y Barrett basaron la separación específica (Fig. 2).

Nuestra experiencia personal con ejemplares colectados en el Pacífico Norte de México al tratar de identificarlos bajo las consideraciones propuestas por Berry y Barrett (1963) utilizando la clave numérica y/o los perfiles gráficos resultó difícil, ya que la separación entre las especies nunca fue satisfactoria, además de que no existe congruencia entre la identificación obtenida por un método y otro, como se demostrara posteriormente.

Por ello, en el presente trabajo se establece que no es elemento suficiente para la separación de las especies la forma en que el número de branquiespinas se incrementa en función de la longitud patrón, y se considera que ese número también depende de la longitud del segmento ceratobranqui al (\*4) sobre el cual están localizadas; además, se considera que la variación geográfica intraespecífica es a nivel de regiones geográficas más pequeñas que las mencionadas por Berry y Barrett y que una división más fina puede ayudar a revelar la separación específica satisfactoriamente. Para demostrarlo se subdividió la región denominada "Pacífico Norte de México" por Berry y Barrett en 3 zonas principales: A) la costa Pacífica de Baja California Sur, B) la parte norte del Golfo de California y C) la parte sur del Golfo, y que son las áreas de influencia de las flotas comerciales que operan en los puertos de López Mateos y San Carlos, B.C.S.; de Guaymas, Son. y Sta. Rosalía, B.C.S.; y de Mazatlán, Sin., respectivamente (Fig. 3).

En el presente trabajo se plantean dos metodologías que aportan nuevos elementos de análisis sobre el uso de las branquiespinas para tratar de resolver el problema de la diferenciación de las especies del género Opisthonema.

#### A. Método de Densidad de Branquiespinas

Para la identificación de las especies se utiliza el número de branquiespinas por unidad de longitud del segmento ceratobranqui al de grupos de individuos con longitud patrón similar y considera como elemento para la separación de las especies la diferencia en la densidad de branquiespinas entre especies.

(\*2) PERFILES GRAFICOS: En lo sucesivo se utilizará para referirse al método de identificación en el que se utiliza los contornos gráficos de las observaciones de Berry y Barrett (1963: Fig. 9) en el Pacífico norte de México.

(\*3) NUMERO DE BRANQUIESPINAS: En lo sucesivo se utilizará como una forma abreviada de número de branquiespinas del segmento ceratobranqui al del primer arco branqui al.

(\*4) SEGMENTO CERATOBANQUI AL: En lo sucesivo se utilizará para referirse al segmento ceratobranqui al del primer arco branqui al.

## B. Método Tridimensional

Para la separación de las especies se utiliza el diagrama de dispersión de la relación entre el número de branquiespinas y la longitud del segmento ceratobranquial en función de la longitud patrón, y considera como elemento para la separación de las especies el diferente desarrollo ontogénico del aparato branquial entre especies.

Para la adecuada diferenciación de las especies, así como para la estimación de sus parámetros poblacionales, se requirió un elevado número de especímenes (para analizar la variación intra e interespecífica), series lo más completas posible de longitudes (para dar razón de la variación ontogénica) y especímenes de todas las áreas en que son capturados (para analizar la variación geográfica); además, colectados a lo largo de un intervalo de tiempo tal que hiciera posible validar la periodicidad de los eventos biológicos (ciclo reproductor, distribución temporal, etc.). Las colectas que se obtuvieron se aproximaron lo mejor posible a estos requisitos.

Con el objeto de elegir un método de identificación y separación de las especies de los dos aquí propuestos, que mejor satisfaga la separación de las especies y solucione en la mejor manera posible el problema de la identificación de las especies, se requirió evaluar y comparar estos métodos considerando el porcentaje de individuos no identificados, y el grado de separación y/o solapamiento entre los límites de las especies.

Como se mencionó anteriormente, se considera que la variación geográfica intraespecífica a nivel de regiones geográficas más pequeñas que las establecidas en la última revisión taxonómica; por lo cual, paralelamente al análisis morfológico interespecífico se revisó la posibilidad de que dentro del Pacífico norte de México se presente una variación geográfica intraespecífica en los elementos morfológicos que se utilizan para caracterizar a las especies, ya que esta variación puede ser causa importante de la problemática en la separación entre ellas. Para propósitos de este análisis, se compararon individuos con longitudes similares de la misma especie, identificadas por el método tridimensional, procedentes de las tres zonas en que se subdividió dicha región.

Al considerar a nivel de regiones geográficas más limitadas la relación entre número de branquiespinas y longitud del arco ceratobranquial en función de la longitud patrón se puede diferenciar con mayor seguridad las especies. Sin embargo, se establece que los caracteres morfológicos de una especie utilizados como atributos para diferenciarla de otra especie deben ser razonablemente constantes, de tal modo que la especie pueda ser reconocida por medio de ellos. En nuestro caso particular la amplia variabilidad de estos caracteres en cada especie no permite utilizar estos elementos morfológicos únicamente como característicos de cada especie.

Por otra parte, las especies pueden diferir una de otra no solo en aspectos de morfología externa sino también en su estructura interna, fisiología, requerimientos ecológicos y comportamiento. Mayr (1948) señala que entre las numerosas características de las especies hay dos propiedades especiales que permiten la simpatria entre especies relativamente muy cercanas: (1) mecanismos que garantizan el aislamiento reproductivo y (2) la habilidad a resistir competencia de otras especies que utilizan el mismo o similares recursos del ambiente.

La parte final de este trabajo consiste en analizar los aspectos ecológicos de estas especies muy cercanas, de tal forma que se demuestre la existencia de tres especies diferentes no solo en aspectos morfológicos sino también en aspectos fisiológicos y/o requerimientos ecológicos.

Una forma de garantizar un aislamiento reproductivo entre estas especies simpátricas es que la época de reproducción de cada una de ellas se lleve a cabo en épocas diferentes del año o bien ocupen áreas distintas para el desove. Para realizar este análisis se obtuvo el ciclo reproductor de cada una de las especies diferenciadas a partir del análisis morfológico obtenido en la primera parte del trabajo.

Para explorar la segunda propiedad biológica que propone Mayr como elemento que permite la ocurrencia de especies muy cercanas en una misma área en un tiempo determinado, se analiza la capacidad de estas especies de alimentarse de fracciones del plancton diferentes. Para demostrarlo, se considera como indicador de la selectividad del aparato filtrador (o capacidad de retención) al número de branquiespinas que presenta cada una de estas especies por unidad de longitud del segmento ceratobranquial del primer arco branquial (densidad de branquiespinas). Si bien este índice de densidad de branquiespinas no fue del todo satisfactorio como método para separar a las especies, desde el punto de vista funcional complementa los resultados obtenidos.

TABLA A

Número de branquiespinas ceratobranquiales y límites de tamaños en milímetros de la longitud patrón a los que aparecen en las cinco especies de Opisthonema. Esta tabla sirve de clave para la identificación de las especies (tomado de Berry y Barrett, 1963: Tab.3).

SIZE RANGE (in mm S.L.) — LÍMITES DE TAMAÑO (en mm de L. E.)		PACIFIC COASTAL SPECIES — ESPECIES COSTAÑERAS DEL PACÍFICO						ISLEHOODS GALAPAGOS		ATLANTIC ATLANTICO	
Papa. Panama, Costa Rica		Southern Mexico Sur de México		Northern Mexico Norte de México							
bulleri	moderastre	libertate	bulleri	moderastre	libertate	bulleri	moderastre	libertate	berlingasi	agilinum	
14									31-31		14
15									22-23		15
16									23-25		16
17									24-27		17
18									25-29		18
19	49-68	23-46	24-35	49-68	29-53			40-52			19
20	51-74	25-48	25-37	51-74	40-55			41-59	29-42		20
21	55-82	26-51	26-29	55-81	41-57	25-37	58-74	42-55	29-45	34-54	21
22	54-93	28-54	27-41	54-90	43-60	26-40	64-93	47-68	27-48	30-47	22
23	43-103	40-57	28-43	42-99	44-63	26-42	72-107	50-69	28-50	22-49	23
24	47-113	43-60	29-45	66-113	45-65	27-44	78-125	52-73	29-52	23-52	24
25	72-120	43-62	30-46	70-125	47-68	28-46	83-144	54-75	30-53	25-54	25
26	76-150	47-66	31-48	74-125	48-72	29-48	94+	57-79	31-57	26-57	26
27	81+	49-69	33-50	78-150	50-75	30-50	101+	59-83	33-59	28-60	27
28	86+	51-72	36-52	83+	52-78	31-52	110+	61-86	34-60	29-62	28
29	91+	53-74	35-53	88+	54-81	32-55	118+	63-89	35-62	41-65	29
30	96+	55-78	36-56	93+	57-85	33-57	131+	65-92	36-65	42-67	30
31	102+	56-81	37-57	98+	59-88	35-59	145+	67-95	38-67	44-70	31
32	108+	58-84	38-58	104+	62-91	36-61	163+	70-99	39-69	45-73	32
33	114+	60-87	40-60	113+	64-95	38-63		72-102	40-71	47-76	33
34	121+	63-91	41-62	123+	67-99	39-66		78-104	43-73	48-79	34
35	132+	65-93	42-64	136+	69-103	41-68		77-111	43-75	50-82	35
36	142+	67-96	44-65		72-108	43-70		79-115	44-77	51-85	36
37		68-99	45-67		74-112	44-73		82-118	46-79	53-88	37
38		70-103	47-69		77-116	46-75		81-122	47-81	55-81	38
39		72-108	48-70		79-120	47-77		87-126	48-83	57-95	39
40		75-109	50-72		82-124	49-79		89-130	50-85	58-98	40
41		77-112	51-74		85-129	51-81		92-134	52-87	60-102	41
42		79-116	53-76		87-133	53-84		95-139	53-90	62-105	42
43		81-120	54-78		90-138	55-86		97-144	54-92	63-108	43
44		83-123	56-80		93-142	56-88		100-149	56-94	65-112	44
45		85-127	57-82		95-147	58-91		103-154	57-97	67-116	45
46		87-131	59-84		96-153	60-93		106-160	59-99	69-120	46
47		90-136	61-85		100-159	61-95		109-167	60-101	71-124	47
48		92-140	62-87		103-165	63-97		112-177	61-103	73-129	48
49		95-144	64-89		106-172	65-100		115-197	63-105	75-133	49
50		97-149	65-91		109-180	67-102		118+	65-107	77-137	50
51		99-157	67-93		112+	69-105		121+	67-109	79-142	51
52		102-166	68-95		115+	71-107		124+	68-111	81-146	52
53		104+	70-97		118+	73-109		127+	70-114	83-151	53
54		107+	72-99		122+	75-112		130+	71-116	86-156	54
55		109+	73-101		125+	77-114		134+	73-119	88-161	55
56		112+	75-103		129+	78-117		137+	75-122	91-166	56
57		114+	77-105		132+	80-120		140+	77-124	92-171	57
58		116+	78-107		136+	82-122		144+	78-127	95-176	58
59		122+	80-110		139+	84-125		148+	80-130	98-181	59
60		124+	81-112		143+	86-128		151+	82-133	100-187	60
61		125+	83-114		147+	88-130		156+	84-136	102-192	61
62		127+	85-117		150+	90-132		160+	85-139	104-198	62
63		131+	87-119		154+	92-136		164+	86-142	110-205	63
64		135+	88-121		157+	94-139		169+	89-145	112-210	64
65		139+	90-124		162+	96-142		172+	91-149	114-217	65
66		144+	91-126		166+	98-144		176+	92-151	119-225	66
67		149+	93-128		171+	100-147		183+	94-154	122-236	67
68		159+	95-131		177+	102-150		190+	96-158	126+	68
69		164+	97-132			104-153		198+	98-161	129+	69
70			99-136			106-156			100-164	132+	70
71			101-139			108-159			102-168	136+	71
72			102-141			110-161			104-171	139+	72
73			104-144			112-164			106-175	142+	73
74			105-147			114-167			109-180	145+	74
75			107-149			117-170			110-184	150+	75
76			109-152			119-173			112-188	154+	76
77			111-155			121-177			114-192	158+	77
78			113-158			123-180			117-196	162+	78
79			114-161			125-184			119-200	164+	79
80			116-164			127-188			121-205	171+	80
81			118-167			130-192			123+	176+	81
82			120-170			133+			125+	181+	82
83			121-173			134+			128+	190+	83
84			123-176			136+			130+	197+	84
85			125-180			139+			132+	204+	85
86			127-182			141+			135+	220+	86
87			129-187			143+			137+		87
88			131-190			146+			140+		88
89			133+			148+			143+		89
90			135+			151+			145+		90
91			137+			153+			148+		91
92			139+			156+			150+		92
93			141+			159+			153+		93
94			143+			162+			156+		94
95			146+			165+			158+		95
96			148+			169+			161+		96
97			151+			172+			164+		97
98			153+			176+			167+		98
99			156+			180+			170+		99
100			159+			184+			173+		100
101			162+						176+		101
102			165+						180+		102
103			168+						183+		103
104			172+						186+		104
105			177+						190+		105
106			182+						194+		106
107									198+		107
108									202+		108
109									206+		109

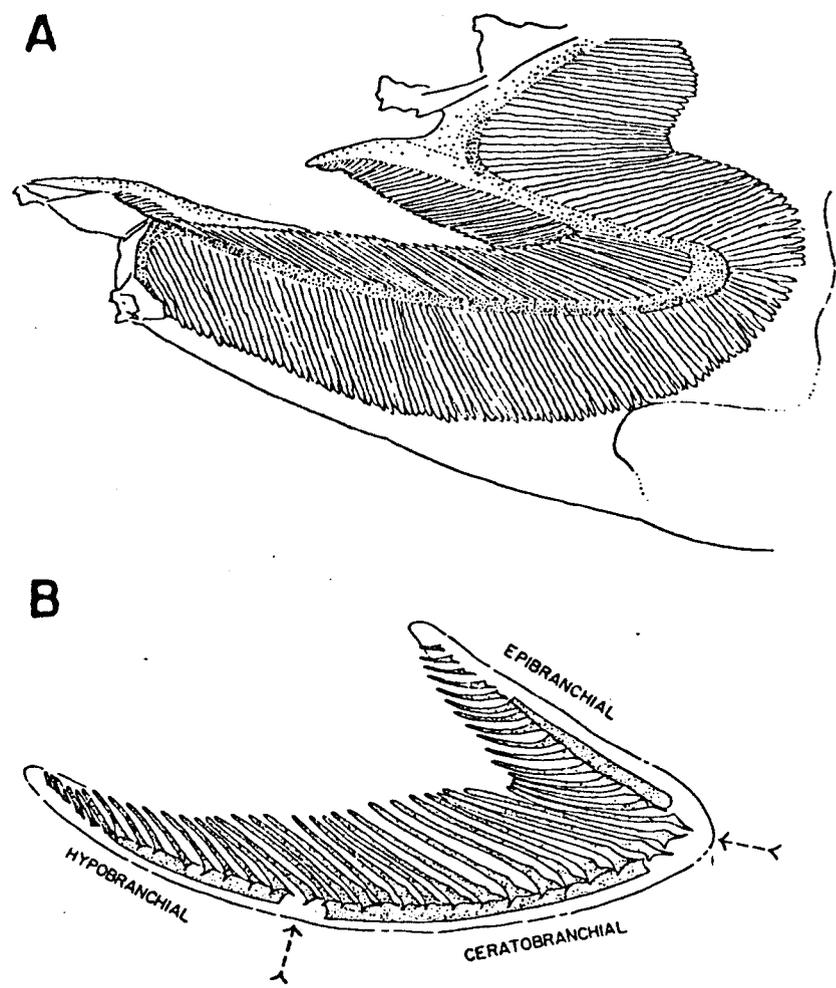


FIGURA 1. A) Primer arco branquial de un espécimen de 155 mm de Opisthonema libertate. B) Primer arco branquial (se han removido los filamentos branquiales) de un espécimen de 28.5 mm de longitud patrón de Opisthonema berlanqai, aclarado y teñido para mostrar la osificación (punteado); los tres huesos branquiales se osifican más anteriormente y posteriormente en ejemplares grandes; las flechas indican las uniones cartilaginosas de los tres huesos (tomado de Berry y Barrett, 1963: Fig. 3).

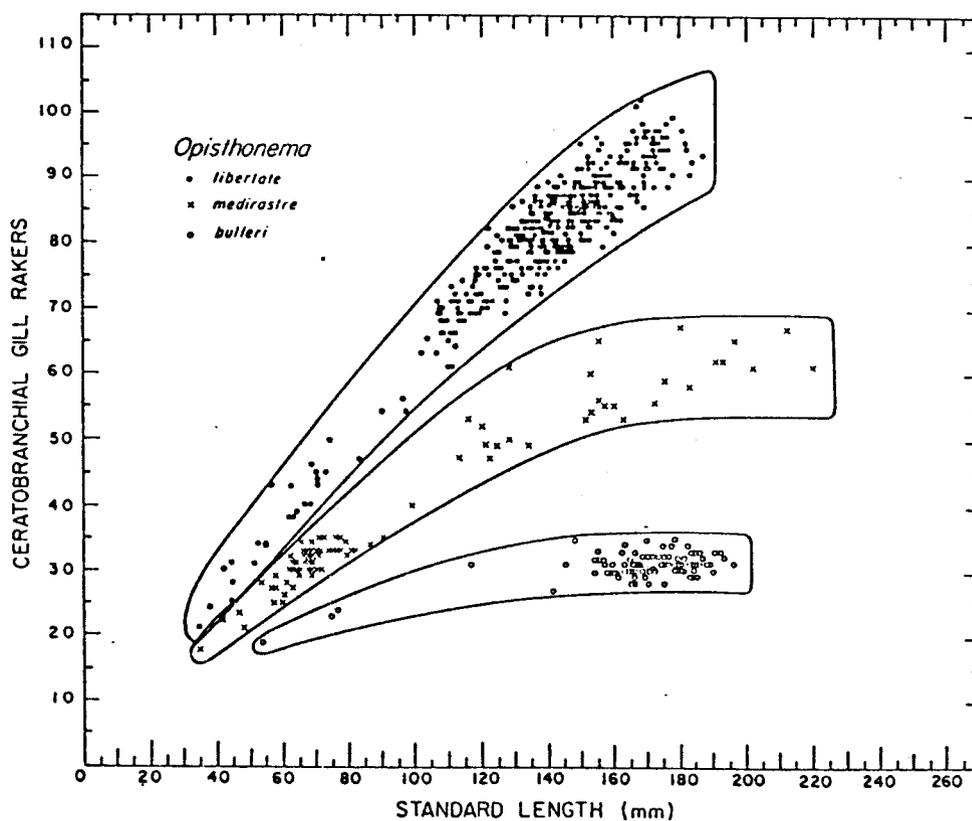


FIGURA 2. Relación entre el número de branquiespinas ceratobranquiales y la longitud patrón para las tres especies costaneras del Pacífico Opisthonema libertate, O. medirastre, y O. bulleri, del norte de México (tomado de Berry y Barrett, 1963: Fig. 9).

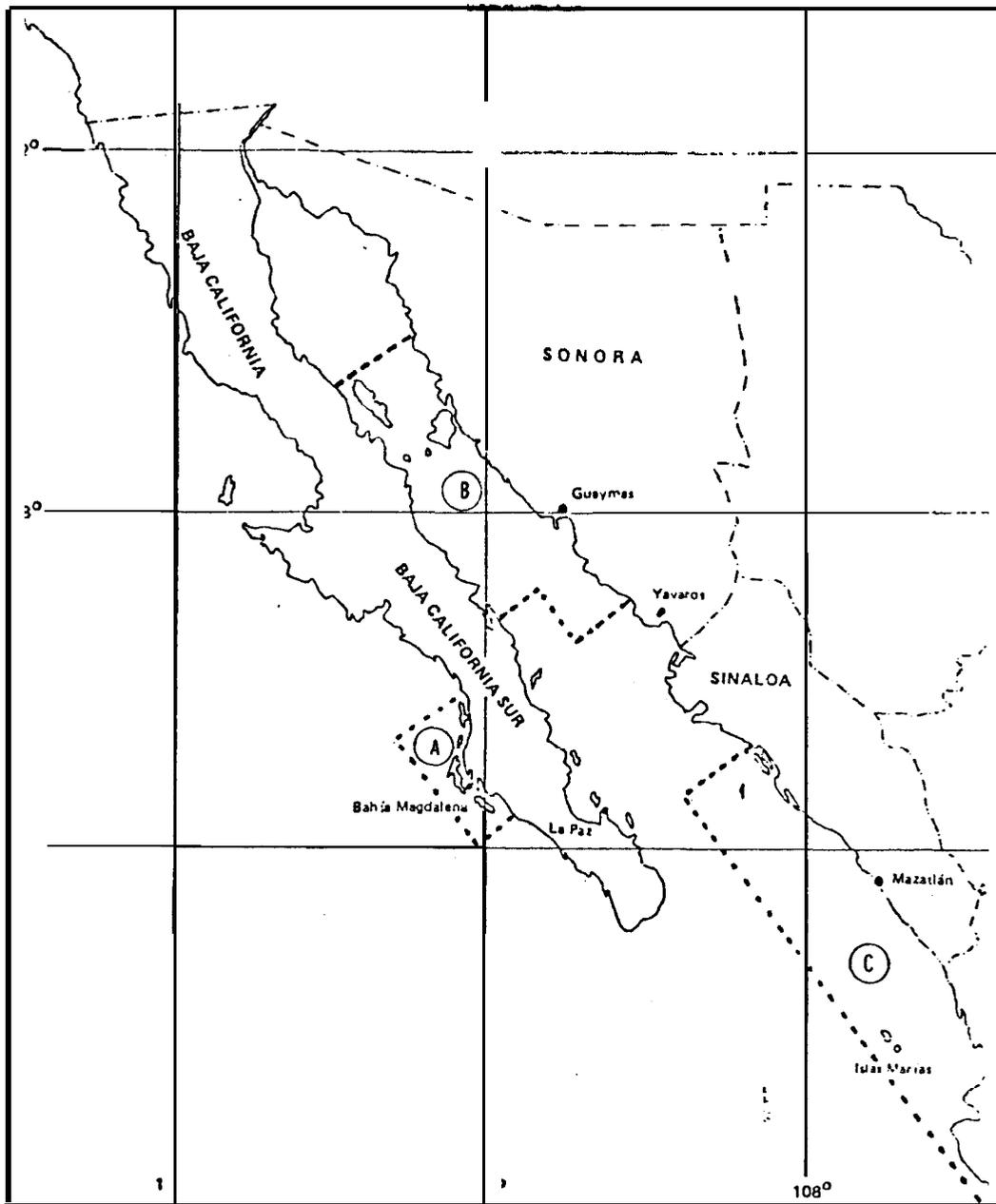


FIGURA 3. Pacífico norte de México (según Berry y Barrett, 1963), zona geográfica de estudio la cual fue subdividida en áreas geográficas más pequeñas. LOS límites geográficos norte y sur se detallan en el texto.

## 2. ANTECEDENTES

La bibliografía existente sobre las especies del Pacífico de Opisthonema no es tan abundante como para otras especies de importancia comercial; pocos son los trabajos que analizan sus aspectos biológicos o pesqueros. La mayoría de ellos se refieren a nivel de género, principalmente debido a la **problemática** en la diferenciación de las especies en **todas** sus fases de vida.

### 2.1 TAXONOMIA

El género Opisthonema Gill, 1861, se distribuye en los océanos Atlántico occidental y Pacífico oriental, principalmente en aguas tropicales y subtropicales (Berry y Barrett, 1963). El género pertenece a la familia Clupeidae y presenta caracteres similares a los de Sardinella (Clupeinae), excepto que el último radio de la aleta dorsal se encuentra modificado en un largo filamento como en Dorosoma (Dorosomatinae), (asi como en Megalops y Tarpon ambos de la familia Megalopidae).

Con anterioridad al estudio de Eerry y Barrett (1963), sólo dos especies habían sido reconocidas en el Pacífico; Q. libertate (Gunther, 1866) y Q. bulleri (Regan, 1904); para el Atlántico una sola, o oqlinum (LeSueur, 1818). Mediante la metodología propuesta por estos autores, se diferencian dos nuevas especies en el Pacífico oriental: Q. berlanaai (Berry y Harrett, 1963), confinada a las Islas Galapagos, y Q. medirastre (Berry y Barrett, 1963), que ocurre simpátricamente con Q. libertate y Q. bulleri en aguas costeras del Pacífico desde Per-b hasta México.

Otra especie, Q. captivai (Rivas, 1972), fue descrita para la costa Atlántica de Colombia y difiere de Q. oqlinum en otros caracteres merísticos además del número de branquiespinas en el segmento ceratobranquial. Whitehead (1985: 73) la considera como una subespecie.

En su revisión, Berry y Barrett (1963) concluyen que solo existen pequeñas diferencias morfológicas entre las distintas especies y proponen, para la identificacibn práctica de las mismas, el uso combinado del área geográfica de aparición y la forma en que el número de branquiespinas aumenta en relación a la longitud patrón del pez.

Los estudios particulares que se han realizado sobre la biología de estas especies en la costa Pacífica mexicana, donde coexisten tres especies de este género, presentan el problema de la identificacibn específica y este problema ha sido señalado por autores como Páez (1976), quien refirió sus resultados a Q. libertate, destacando la necesidad de un análisis mas completo para aclarar las dudas de identificacibn. Castro et al. (1970) mencionan que Q. medirastre es muy semejante a Q. libertate y difícilmente separable de ella.

El problema de identificacibn de las especies de este género es más notorio en los primeros estadios de vida; Sokolov y Wong (1973) con respecto al material ictioplantónico que obtuvieron en el Golfo de California mencionan que no lo procesaron por la carencia de experiencia y de información para identificar los estadias iniciales de desarrollo de estas especies. De igual forma, De la Campa y Gutiérrez (1974) indican que no se conocen los estadios larvales ni épocas y áreas de desove de la sardina *crinuda* en el Golfo de California. Moser et al. (1974) basados en muestreos planctbnicos realizados en el Golfo de California encontraron larvas de Ooisthonema sp. y concluyen que éstas pueden provenir de una(s) de la especies pelágicas más abundantes del Golfo de California.

Gi1 (1982) refiere sus resultados de censo larvario y estimación de biomasa reproductora a O. libertate en el Golfo de California y basa la identificacibn de sus larvas en la temporada de colecta que corresponde a la época de mayor madurez gonadal reportada por Páez (1976). Este criterio de identificación debe ser contrastado con lo señalado por Anónimo (1985a), quien reporta para Bahía Magdalena que el periodo reproductivo y de mayor abundancia de huevos y larvas de Ooisthonema spp. puede solaparse con el periodo reproductivo de la sardina monterrey (Sardinops sagax).

Punes y Esquivel (1985) aportan los criterio2 para la identificación de las larvas de Ooisthonema sp. con respecto a Sardinops sagax en la costa del Pacífico de Baja California Sur, señalando que la identificación a nivel específico de las larvas de Oaisthonema spp. en el Pacífico. oriental se complica debido a la presencia de las tres especies del género entremezcladas, así como a que los estadios tempranos de otros clupeiformes presentan características muy similares.

## 2.2 DISTRIBUCION

Tomando en cuenta los problemas de taxonomía, la distribución señalada de las tres especies en aguas del Pacífico mexicano (y que son de importancia económica y biológica) son:

Opi sthonema libertate: de Punta Sal-Punta Picos, Perú a la Bahía de Santa Rosalita(sic), en la costa del Pacífico de Baja California, México; incluyendo el Golfo de California (Berry y Barrett, 1963).

Ooisthonema bullerie desde Punta Sal-Punta Picos, Perú, hasta Mazatlán, Sinaloa, México (Berry y Barrett, op. cit.).

Ooisthonema medirastre: de Bahía de Sechura, Perú, al puerto de Los Angeles, California, E.U.A.; incluyendo el Golfo de California (Berry y Barrett, op. cit.).

Castro et al. (1970) señalan que O. bulleri se encuentra formando parte de los mismos cardúmenes que O. libertate y O. medirastre, ampliando los límites de distribución de O. bulleri por el material colectado en Isla Angel de la Guarda.

Sokolov y Wong (1972) realizaron las primeras investigaciones acerca de estos peces pelágicos en el Golfo de California, aportando información sobre su distribución en esta región. Los resultados fueron obtenidos a través de levantamientos ecosbnicos y los refirieron a O. libertate (sin reportar la forma de su identificación). Así mismo, Sokolov y Wong (1973), señalaron la existencia de sardina crinuda en ambas costas del Golfo de California.

Moser et al. (1974), sobre la base de muestreos planctónicos encuentran que las larvas de Opisthonema spp. están distribuidas en toda la región septentrional del Golfo de California.

Gutiérrez y Padilla (1974) y De la Campa y Gutiérrez (1974), reportan la distribución de larvas de sardina crinuda (Opisthonema spp.) en el Golfo de California.

### 2.3 VARIACION GEOGRAFICA

Rodríguez (1977), aporta información sobre la biología de O. libertate en el litoral del estado de Nayarit, México. Comas (1976) y García (1978), proporcionan aspectos de dinámica poblacional y de edad y crecimiento, respectivamente, de O. libertate en la región de Guaymas, Sonora. La comparación de los resultados de los trabajos antes mencionados referidos a Opisthnema libertate revela, entre otras cosas, que los individuos de la región de Guaymas crecen más rápido que los de la de Nayarit, pero las longitudes y pesos máximos que pueden llegar a tener los individuos de esta región son mayores que los de la región norte. Berry y Barrett (1963), al igual que otros autores, no mencionan alguna diferencia geográfica con respecto a estos caracteres.

### 2.4 MADUREZ SEXUAL Y REPRODUCCION

Páez (1976) realizó estudios de desarrollo gonadal y fecundidad de la sardina crinuda, O. libertate, en el Golfo de California descargada en el puerto de Mazatlán, y describe un periodo de máxima actividad reproductiva entre los meses de junio y julio, posiblemente prolongándose a agosto y septiembre.

Torres et al. (1985) describieron para O. libertate en Bahía Magdalena, E.C.S., un periodo de reproducción de marzo a octubre, con mayor actividad desovante en 1982 y 1984 entre julio y septiembre, y observaron que durante 1983 la temporada fue más amplia aparentemente asociada al fenómeno de "El Niño". La inactividad reproductiva observada fue de noviembre a febrero y durante esta época no se pudo identificar en los individuos muestreados el sexo, tanto a nivel macroscópico como histológico.

Por otra parte, Torree et al. (1986), en un estudio del ciclo reproductor de Sardinops sagax (sardina monterrey) en el Golfo de California mencionan que se presentaron inconveniencias al utilizar una escala morfocromática, para diferenciar los estadios iniciales de la madurez sexual de las etapas de reabsorción, así como con la identificación precisa del periodo de desove; lo cual se debe a que la escala de clasificación se basa en características como el tamaño, color y textura de la gonada y considera 5010 la sucesión progresiva de un estadio a otro, originando un máximo de reproducibn mas amplio por efecto de las 5 determinaciones de una simple escala de madurez morfocromática y no por el comportamiento de la población; por otra parte, no hay certidumbre en saber si la población se esta preparando para el desove o está terminando este proceso, siendo los problemas de identificación de las fase5 de madurez mas profundos, llegando a confundir hembras, machos e indiferenciados y afectar las determinaciones de la proporción de sexos .

Anónimo (1985a) reporta para Bahía Magdalena que el periodo reproductivo y de mayor abundancia de huevos y larvas de Opisthonema spp. esta comprendido entre julio y septiembre, los meses mas cálidos, y se presenta inmediatamente después que termina el periodo reproductivo de la sardina monterrey (Sardinoos sagax), llegando inclusive a solaparse. Haciendo notar, además, que los cambios de temperatura marcan el inicio y terminación de la temporada de reproducción, y de acuerdo con Torres et al. (1985), mencionan que el periodo de reproducibn de Ooisthonema spp. durante el año cálido de 1983 fue más extenso (cinco meses) que el correspondiente a 1982 (tres meses).

## 2.5 APARATO BRANQUIAL Y ALIMENTACION

Anónimo (1983) en sus estudios sobre los pelágicos menores que concurren en Bahía Magdalena, B.C.S., menciona con respecto al aparato filtrador, donde se retiene el plancton, que el más importante es el primer arco branquial, puesto que cubre aproximadamente el 65% de la superficie de filtración. Asi mismo, reporta que las medidas de la separación entre una branquiespina y otra, determina el tamaño de las partículas alimenticias que en principio pueden ser retenidas. De sus resultados se observa que en ninguna de las especies estudiadas (sardina monterrey, Sardinoos sagax; macarela, Scomber japonicus; sardina japonesa, Eutrumemus teres; y sardina crinuda, Ooisthonema libertate) hay sobreposición de los intervalos, y que en el ca50 de O. libertate, ésta se encuentra muy por debajo de las otras especie-i, infiriendo que las especies analizadas se alimentan de distintas fracciones del plancton y que es evidente que la dieta de O. libertate debe ser predominantemente de fítoplancton.

Son pocos los estudios con respecto al tipo de alimento o composición de las especies que sirven de alimento a las especies del género Ooisthonema. Entre los que se encuentran los de

Sokolov y Wong (1972, 1973), quienes determinaron que en cuanto a volumen de alimento, el fitoplancton es el principal constituyente del contenido de los tubos digestivos analizados de Ooisthonema libertate en el Golfo de California. Más detallados son los resultados de Homero (1988), para la misma especie en Bahía Magdalena, B.C.S., quien reporta que el fitoplancton **constituyó** el **60%** del contenido de los tubos digestivos y de las especies tooplanctónicas los copépodos fueron los más frecuentes.

### 3. MATERIAL Y METODOS

#### 3.1 FUENTE DEL MATERIAL

El material biológico analizado en el presente trabajo se colectó de las descargas comerciales que realizó la flota sardinera que operó en la costa noroccidental (NO) de México, entre noviembre de 1983 y enero de 1987, en los puertos de Adolfo López Mateos y San Carlos, B.C.S., en la costa Pacífica, y en los puertos de Sta. Rosalía, B.C.S., Guaymas, Son., y Mazatlán, Sin., en el Golfo de California. A pesar de que el sistema de muestreo incluyó al puerto de Isla de Cedros, D.C., no se obtuvo del mismo ninguna muestra de Ooisthonema durante el periodo analizado.

Las muestras en cada uno de los puertos fueron tomadas al azar directamente de las descarga comercial o bien de alguna línea de procesamiento de las capturas. Del total de los desembarcos de sardina durante un mismo obscuro lunar, se muestreó preferentemente aquellos que provinieran de Breas de captura distintas, de tal forma que quedara representada en los muestreos toda el área de influencia de la flota que operó en cada puerto durante ese periodo; con esto, además, se evitó acumular material que dada la cantidad de desembarques que se realizan en alguno5 de estos puertos hubiera sido imposible procesar.

Para cada muestra se registró en una etiqueta la información básica que identificaba a cada muestra por su área de pesca, nombre del barco que la capturó, fecha de la captura y peso de la captura total; cada muestra se coloró en una bolsa de plástico y cuando no se pudo procesar inmediatamente el material muestreado se almacenó congelado en la planta receptora para su posterior análisis.

El material almacenado en cada puerto se analizó con una periodicidad mensual. El procesamiento de cada muestra en planta consistió de dos fases: en la primera, se registró el peso de la muestra y se tomó la longitud patrón de cada uno de los individuos en intervalos de 5 mm, anotando la frecuencia de aparición en cada uno de estos intervalos. Durante esta fase a la que llamamos muestreo masivo, se separaron los primero5 cinco ejemplares medidos en cada intervalo de talla y con ellos se realizó la segunda fase a la que se llamó muestreo biológico, en la que de cada uno de estos ejemplares se tomaron los datos de longitud patrón, sexo, estadio de madurez gonadal (en base a una -escala morfocromática) y se colectó el primer arco branquial de cualquiera de sus lados para la identificación de la especie.

Esta manera de escoger los ejemplares para la fase biológica nos aseguró tener representado todo el intervalo de tallas (y edades) de los individuos en las capturas, sobre todo los de los extremos de la distribución (las más pequeñas y las más grandes), que de otra manera, si también se tomaran al azar, se tendría representado sólo 10s grupos de talla dominante. Con ello nuestro

estudio tuvo una mayor confiabilidad para las diferentes estimaciones.

Los datos obtenidos en campo fueron codificados y almacenados en archivos de una computadora PRIME 450, donde se realizaron los procesamientos básicos de este trabajo.

### 3.2 IDENTIFICACION Y SEPARACION DE LAS ESPECIES

Para identificar la especie a que pertenece cada uno de los ejemplares de las muestras colectadas se procedió a identificarlos según la metodología propuesta por Eerry y Barrett (1963). Para ello, se contó el número de branquiespinas del segmento ceratobranquial del primer arco branquial y para poder identificarlos a través de la clave numérica se relacionó con su correspondiente longitud patrón registrada en el muestreo biológico. Para análisis posteriores se descartó aquello en los que la membrana en la cual se insertan las branquiespinas sobre los segmentos ceratobranquial e hipobranquial se encontró separada de estos, por lo cual no existió seguridad en definir el límite entre las branquiespinas que corresponderían al hueso ceratobranquial y las correspondientes al hipobranquial, ya que dicha membrana presenta cierta elasticidad. Debido a que el área de colecta de las muestras fue la región noroccidental de México, se utilizó la parte de la tabla elaborada por Berry y Barrett (1963: Tab. 3) correspondiente a esta zona geográfica en la cual, conociendo el número de branquiespinas y relacionándolo con la longitud patrón se identifica a cada una de las tres especies que se localizan en esta región (Tabla A). A pesar de que 105 autores recomiendan este procedimiento para identificar a las especies y con el propósito de corroborar la identificación específica de cada uno de estos ejemplares, la misma relación por individuo entre el número de branquiespinas y su longitud patrón se ubicó en los perfiles (Fig. 2), representados para estas especies en el noroeste de México por Eerry y Barrett (1963: Fig. 9). De acuerdo al perfil al que correspondió cada individuo se asignó el nombre de la especie. Como puede verse, se utilizaron dos métodos de identificación con las consideraciones propuestas por Berry y Barrett (loc. cit.), para reconocer cada uno de los individuos.

La especie asignada por cada uno de estos dos métodos fue codificada para el mismo individuo en los archivos de la computadora; los individuos cuya característica no quedaron incluidas satisfactoriamente dentro de los límites señalados en la tabla o dentro de los límites gráficos que definen a cada especie, fueron codificados como no identificados.

Se elaboró el diagrama de dispersión de las observaciones realizadas entre número de branquiespinas y longitud patrón de todos los ejemplares, así como un histograma con la distribución de frecuencias relativas del número de branquiespinas observadas en los ejemplares muestreados, y otro con la distribución de tallas. Del total de estas observaciones se realizó un diagrama

de **dispersión** con los valores correspondientes a los ejemplares que sí fueron identificados utilizando la clave **numérica**, y otro con los valores correspondientes a los individuos no identificados con esta clave. De manera similar, se elaboraron otros dos diagramas de dispersión, uno con las observaciones de los ejemplares que sí quedaron incluidos dentro de los perfiles **graficos** y otro con las observaciones de los ejemplares que no quedaron incluidos satisfactoriamente dentro de estos contornos.

Para cada uno de estos dos métodos se obtuvo el porcentaje de individuos identificados, total y por especie, **asi** como el porcentaje de individuos no identificados. **Además** se compararon **gráficamente** los porcentajes de individuos identificados por un **método** y por el otro, evaluando los porcentajes de individuos que cambiaron de asignación específica al identificarlos con un método y con el otro, indicando dentro de cada una de las especies o grupos de no identificados, el porcentaje de individuos que **mantendrá** la misma **situación** y los porcentajes que cambian de **asignación** con el otro **método**, señalando con líneas la **asignación** que tienen estos individuos en el otro **método**.

Con el mismo **propósito** de comparar estos dos **métodos** y evaluar los problemas de identificación, los valores de **número** de branquiespinas y longitud **patrón** que delimitan y separan a cada especie, tabulados en la clave **numérica** para el Pacífico norte de México, fueron graficados, así mismo, los perfiles **graficos** de Berry y Barrett (1963: Fig. 9), de la misma **región** geográfica, se digitalizaron y los valores obtenidos fueron graficados y comparados a la misma escala con la figura resultante de la clave **numérica**.

Por otra parte, para poder desarrollar las dos metodologías que se proponen en el presente estudio para la **diferenciación** de las especies del género Opisthosema, e **requirió** medir la longitud del hueso ceratobranquial del primer arco branquial de cada uno de los ejemplares colectados, **sobre** el cual se encontraban sobrepuestas las **branquiespinas** que fueron anteriormente contabilizadas, para lo cual se empleó un vernier con carátula de reloj con subdivisiones de **0.01** mm, descartando del **análisis** aquellos que presentaron el hueso roto.

**Además**, para el desarrollo de estas dos metodologías se considera como elemento relevante en el **análisis** para diferenciar a las especies la variación **geográfica** intraespecífica a un nivel de regiones **más** pequeñas que las señaladas por Berry y Barrett (1963), por lo cual el Pacífico norte de México se subdividió en 3 zonas (**Fig. 3**): **A**) la costa Pacífica de Baja California Sur (que comprende principalmente a Bahía Magdalena), **B**) la parte norte del Golfo de California (de Isla Angel de la Guarda a **Bahía Concepción** en las costas de Baja California y de Puerto Libertad a Barra **del** Tobarí en las costas de Sonora), y **C**) la parte sur del Golfo de California (de Bahía Perihuate, Sinaloa a Puerto Vallarta, Jalisco).

### 3.3 METODO DE DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS

El método de densidad de branquiespinas utiliza para la identificación de las especies el número de branquiespinas por unidad de longitud del segmento ceratobranquial para individuos con longitud patrón similar, de tal forma que se puedan detectar alometrias y evitar errores de identificación. Para el desarrollo de esta metodología y para su tratamiento estadístico, los ejemplares colectados en cada una de las áreas geográficas en que se subdividió el Pacífico norte de México fueron separados dentro de grupos de 5 mm de longitud patrón, ya que los clupeiformes en general, presentan altas tasas de crecimiento (Kimura y Sakawa, 1972; Lopez-Veiga, 1979, citado por Erhart, 1981).

Para cada uno de estos grupos de 5 mm de longitud patrón se obtuvo la distribución de frecuencias de los individuos con igual densidad de branquiespinas en intervalos de W.2 branquiespinas por mm de longitud del segmento ceratobranquial.

Las distribuciones modales así formadas podrían representar las diferentes especies con diferentes densidades de branquiespinas. La distribución modal con menor densidad de branquiespinas corresponde a la descripción de Opisthonema bulleri, la distribución modal intermedia a la descripción de Opisthonema medirastre y la que presenta mayor densidad de branquiespinas a Opisthonema libertate. En función de estos agrupamientos se le dió a cada uno de los ejemplares muestreados una asignación específica de acuerdo a la distribución modal en que se incluyó su densidad de branquiespinas. La especie asignada por este método a cada uno de los ejemplares fue codificada en los archivos de la computadora. Los ejemplares cuyo índice de densidad de branquiespinas no se incluyó satisfactoriamente dentro de alguna de estas distribuciones modales fue codificado como no identificado.

### 3.4 METODO TRIDIMENSIONAL

El segundo método propuesto utiliza para la separación de las especies el diagrama de dispersión de la relación entre el número de branquiespinas y la longitud del segmento ceratobranquial en función de la longitud patrón (método tridimensional), para cada una de las áreas geográficas en que se subdividió el Pacífico norte de México, y considera como elemento para la separación de las especies las agrupaciones naturales y continuas que se forman de las observaciones graficadas y que suponemos representan el crecimiento de los aparatos branquiales en su conjunto. Así, esta última metodología y la de densidad de branquiespinas son dos variantes de la consideración establecida anteriormente, de que no es elemento suficiente para la separación de las especies la forma en que el número de branquiespinas se incrementa en función de la longitud patrón, sino que ese número también depende de la longitud del hueso sobre el cual están localizadas.

Como es **difícil** representar una figura con **volúmen** en un **plano** y es de esperarse que no se observe claramente la **separación** de las observaciones **graficadas**, aún desde ángulos de vista diferentes, para la identificación específica de los ejemplares la **grafica** tridimensional de cada una de las **áreas** de pesca se **dividió** a lo largo del eje de la longitud patrón en intervalos de 2 mm, de **tal** forma que se pudiera seguir la continuidad de las agrupaciones naturales que se **formaron**, y asignarle especie a los ejemplares de un intervalo de talla de acuerdo a la **agrupación** en que correspondieron sus características individuales de **número** de branquiespinas y longitud del arco ceratobranquial. En cada uno de estos segmentos se espera la **formación** de tres agrupaciones de datos que suponemos corresponden a las descripciones de **Opisthonema libertate**, con el mayor **número** de branquiespinas y las longitudes de los arcos en promedio más grandes; **Opisthonema bulleri**, con el menor **número** de branquiespinas y con longitudes de los arcos en promedio menor; y un grupo de observaciones con valores intermedios a las otras dos que corresponde a **Opisthonema medirastre**.

La especie asignada por este **método** fue codificada para cada individuo en los archivos de la computadora; los individuos cuyas características no quedaron incluidas satisfactoriamente **dentro** de las agrupaciones naturales fueron codificados como no identificados. Así, la especie asignada por cada uno de los cuatro métodos fue codificada para el mismo individuo en los archivos de la computadora.

A fin de elegir un **método** de **identificación** y **separación** de las especies de los dos aquí propuestos, que mejor satisfaga la **separación** de las especies se **requirió** evaluar los **métodos** considerando para ello el porcentaje de individuos no identificados y el grado de solapamiento entre los límites de las especies.

### 3.5 CARACTERIZACION DE LAS ESPECIES

Para cada uno de los conjuntos de organismos identificados como **O. bulleri**, **O. medirastre** y **O. libertate**, por medio del método tridimensional, se obtuvo una **descripción** básica de los elementos **morfológicos** analizados (**número** de branquiespinas, longitud patrón, longitud del arco ceratobranquial, densidad de branquiespinas), de tal forma que con ellos se pueda caracterizar cada una de las **especies**; esta **descripción** se presenta para el noroeste de México en general y para cada una de las tres áreas de pesca:

#### 3.5.1 Longitudes

La **composición** por longitudes de la captura muestreada de cada una de las especies identificadas en el NO de México se obtuvo agrupando a los individuos en intervalos de 5 mm de longitud patrón, obteniéndose la frecuencia relativa de los

individuos en cada intervalo para su **representación gráfica**. Además, se calcularon las longitudes promedio, sus desviaciones estandar, y las longitudes mínimas y **máximas** observadas.

La estructura de longitudes de cada especie por **área** de captura se analiza con **especial interés** a fin de determinar la posible existencia de alguna distribución diferencial de acuerdo al tamaño de los **organismos**.

### 3.5.2 Branquiespinas

Se obtuvo un diagrama de **dispersión** de la relación entre **número** de branquiespinas y longitud patrón para cada una de las **especies** en el NO de México, de tal forma que se observe la diferencia entre especies, **asi** como la variabilidad de esta **relación dentro** de cada especie.

Además, se obtuvo la **distribución** de frecuencias relativas del número de branquiespinas observadas en cada especie, para toda el **área** de estudio y por **área** de pesca, representandose dichas distribuciones en intervalos unitarios, **asi** mismo, se calcularon las **composiciones** promedio del **número** de branquiespinas por individuo, **desviaciones** estandar, y valores mínimos y **máximos** observados.

### 3.5.3 Arco ceratobranquial

Se obtuvo un diagrama de **dispersión** de la relación entre **longitud** del arco ceratobranquial y longitud patrón para cada una de las especies en el NO de México, de tal forma que se observe la diferencia en la longitud de este **caracter** entre especies.

Además, se obtuvo la **distribución** de frecuencias relativas de las longitudes del arco ceratobranquial observadas en cada especie en el NO de México, y por **Brea** de pesca, representandose dichas distribuciones en intervalos de **0.25** mm, **asi** mismo, se calcularon las longitudes promedio, **desviaciones** estándar y valores mínimos y **máximos** observados.

### 3.5.4 Densidad de branquiespinas

Se obtuvo un diagrama de **dispersión** de la **relación** entre **número** de branquiespinas por unidad de longitud del segmento ceratobranquial y longitud patrón para cada una de las especies en el NO de México, de manera que se aprecie la diferencia de densidades de **branquiespinas** entre especies y su variación en función de la longitud de los individuos.

Además, se obtuvo la **composición** relativa del **número** de branquiespinas por unidad de longitud del segmento ceratobranquial de cada una de las **especies** identificadas por medio del **método** tridimensional, para toda el **área** de estudio, y por **área** de pesca, representandose dichas distribuciones en intervalos de **0.2** branquiespinas por milímetro del arco ceratobranquial; **asi** mismo se calcularon las densidades promedio,

desviaciones estandar y valores minimos y maximos observados. Estas composiciones se analizan como indicadores de la selectividad del aparato filtrador de cada una de las especies.

### 3.6 VARIACION GEOGRAFICA

La posibilidad de que se presente dentro del Pacifico norte de México una **variación geográfica** intraespecifica en los elementos que se analizan para caracterizar a las 5 especies fue tratada en el presente trabajo, ya que esta **variación** puede ser **causa** importante de la problematira en la **separación** entre especies. Para **propósitos** de este **análisis**, se compararon individuos con longitudes similares de la misma especie, identificadas por el **método** tridimensional, > procedentes de **las tres** zonas en que se **subdividió** la **región** total.

Dado que **los** elementos utilizados para **caracterizar** a las especies fue el **número** de branquiespinas y la longitud del segmento ceratobranquial, se analizaron estos mismos elementos para demostrar la posible **variación geográfica** intraespecifica. Para ello se comparó entre las tres **áreas** mencionadas la **composición** de cada **uno de estos** caracteres, de individuos de **la misma** especie de un mismo intervalo de longitudes, para evitar sesgos debidos a posibles alometrías.

En cada caso, el intervalo de longitudes a comparar fue escogido preferentemente por que presentara el mayor **número** de observaciones y de **que el mismo** estuviera presente en las tres **áreas geográficas analizadas**.

### 3.7 CICLO REPRODUCTOR

A los ejemplares de cada muestra biológica, representativos **del intervalo de longitudes capturado**, se les **identifico** el estadio de madurez **gonádica**, utilizando una modificación de la escala de madurez gonadica de Nikol ski (1963), **adaptada** para fines del Programa Nacional de **Investigación de la Sardina** (Anónimo, 1985b). Esta escala **morfocromática** de madurez consta de **6 grados** en la que el **0** son los individuos **indiferenciados**, **1** son los individuos **inmaduros**, **2** los individuos que sus **gónadas** revelan el **inicio** de **la** madurez, **3** los individuos que **presentan** **gónadas** en **maduración**, **4** los individuos con **gónadas** maduras y **5** los individuos con **gónadas** desovadas.

Considerando lo señalado por Torres et al. (1986), sobre las **inconveniencias** del uso de las escalas **morfocromáticas**, en el presente estudio la **determinación** del ciclo reproductor de cada especie y el **reconocimiento** de la temporada de **máxima** actividad reproductora en cada una de ellas, se **identificó** sobre la base del **seguimiento mensual** de la **frecuencia** relativa del estadio **morfocromático** 4, ya que de **los-seis** estadios de la escala, éste es el **mis** aparente y **fácilmente** reconocible, puesto que es cuando la **gónada** presenta su **máximo** desarrollo, y que en el, caso de las

hembras la presencia de ovocitos individulizados facilita aún mas su reconocimiento; por el contrario, en los machos la definición de este estadio esta mas en funsion del tamaño de la gonada y de la consistencia de la misma, lo cual es relativamente aún mis subjetivo.

Al utilizar solamente las hembras con estadio de madurez 4 por mes en cada especie para la descripción del ciclo reproductor, reduce considerablemente el tamaño de las muestras, sobre todo en las especies que por su propia distribución natural no son abundantes en las costas del noroeste de México, por lo cual con el objeto de poder identificar las temporadas de reproducción en por lo menos un periodo anual, se obtuvo para cada especie el ciclo reproductor para un año promedio, resultado de los tres años de estudio, es decir, se acumularon todos los ejemplares en cada especie definidos como hembras, encontrados en el mes respectivo de cada uno de los años. Con esto se pudo tener una mejor representación mensual por especie.

Así, para la descripción del ciclo reproductor de una especie, se obtuvo para cada mes del año promedio en que aparecio la especie, la frecuencia relativa de aparición del estadio de madurez 4 reportado en las hembras muestreadas en cada mes, y se representaron gráficamente estas frecuencias relativas para tener un seguimiento a lo largo de un ciclo anual.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 MUESTREO

Se colectó un total de 183 muestreos representativos de igual número de lances de captura de sardina crinuda en las costas del noroeste de México. Cada muestreo biológico estuvo constituido en promedio de 18 individuos, siendo un total de 3360 ejemplares los que se colectaron.

La proporción de muestreos biológicos y de ejemplares colectados en los puertos localizados dentro de cada una de las tres áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México se observa en la Tabla 1.

TABLA 1. Proporciones de muestreos biológicos y ejemplares colectados por brea de pesca.			
	GOLFO DE CALIFORNIA		PACIFICO DE B.C.S.
	AREA NORTE	AREA SUR	
	Guaymas, Son. y Sta. Rosalía, B.C.S.	Mazatlán, Sin.	López Mateos y Sn. Carlos, B.C.S.
MUESTREOS BIOLOGICOS	32.79 %	45.90 %	21.31 %
EJEMPLARES COLECTADOS	23.51 %	46.13 %	30.36 %

### 4.2 IDENTIFICACION Y SEPARACION DE LAS ESPECIES

#### 4.2.1 METODO DE BERRY y BARRETT

Del total de ejemplares colectados (3360) a los que se contó el número de branquiespinas se descartó el 0.57% (19). El número de branquiespinas contadas varió entre 28 y 117, y la longitud patrón de los individuos a los que se contó las branquiespinas varió entre 97 y 244 mm. El diagrama de dispersión de las observaciones efectuadas entre número de branquiespinas y longitud patrón de todos los ejemplares analizados se muestra en la figura 4A; la distribución de frecuencias del número de branquiespinas se presenta en la figura 4B y la distribución de frecuencias de longitudes en la figura 5, todos los ejemplares analizados provinieron de la captura comercial y tuvieron en promedio una longitud patrón de 158 mm.

Del total de ejemplares en que se relacionó el número de branquiespinas con su respectiva longitud patrón pudo ser

identificado el 85.51% (2857) de los ejemplares, utilizando la clave numérica, y el 14.49% (484) no pudo ser identificado. La figura 6A muestra las observaciones entre número de branquiespinas y longitud patrón de los ejemplares que si fueron identificados, mientras la figura 6B muestra las observaciones de los individuos que no fueron identificados. Se observan en la figura 7 los porcentajes de individuos asignados en cada especie, así como los correspondientes a los grupos intermedios de individuos no identificados se observan en la figura 8.

Utilizando la misma relación entre número de branquiespinas y longitud patrón pero al emplear los perfiles gráficos como método de identificación, se pudo identificar al 77.85% (2601) de los ejemplares y el 22.15% (740) no quedo incluido dentro los contornos. Del total de observaciones entre número de branquiespinas y longitud patrón la figura 8A muestra los valores que si quedaron incluidos en los perfiles gráficos y la figura 8B los que no quedaron incluidos y por lo tanto no se pueden identificar. La figura 9 muestra los porcentajes de individuos asignados a cada especie así como los correspondientes a los grupos de individuos no identificados utilizando los perfiles gráficos.

Al comparar la identificación específica obtenida para cada ejemplar utilizado la clave numérica y los perfiles gráficos, se encontró que al 68.54% de los individuos se le asignó la misma especie o grupo de ejemplares no identificados, y el 31.48% cambio de asignación, es decir, si con un método se identificó como perteneciente a una especie en el otro método no correspondió dentro de los límites que definen a la misma especie y por lo tanto no se identificó, o bien, sus valores correspondieron dentro de los límites de otra especie, diferente a la que se le asignó con el primer método. La figura 10 representa gráficamente estos cambios de asignación entre los dos métodos.

La figura 11 es resultado de graficar los valores de número de branquiespinas y longitud patrón tabulados en la clave numérica, y la figura 12 resultado de graficar los valores digitalizados de los perfiles gráficos de Berry y Barrett (1963). La figura 13 muestra comparativamente los límites de las especies obtenidas por cada uno de los métodos anteriores.

#### 4.2.2 METODO DE DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS

##### Longitud del Arco Ceratobranquial

Se midió la longitud del arco ceratobranqui al a 3243 ejemplares, 2.9% menos que aquellos a los que se contó las branquiespinas (3341); el valor mínimo obtenido fue de 7.59 mm y máximo de 17.9 mm, con un valor promedio de 12.67 mm. La figura 14A muestra el diagrama de dispersión de la relación entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón de todos los

ejemplares. La figura 148 muestra la distribución de frecuencias relativas de las medidas efectuadas.

En la figura 15A se observa la relación entre la densidad de branquiespinas y la longitud patrón de todos los 3243 ejemplares. La figura 15B representa la distribución de frecuencias de los valores de densidad de branquiespinas del total de individuos analizados.

El número de individuos analizados por área geográfica de colecta fue de 767 ejemplares para el norte del Golfo de California, 1491 para el sur del Golfo de California y 985 para la costa Pacífica de Baja California Sur.

El total de individuos del norte del Golfo de California se separó en 21 intervalos de 5 mm de longitud patrón, desde 106-110 mm hasta 206-210 mm de longitud patrón; los individuos del sur del Golfo también se separaron en 21 intervalos con individuos desde 106-110 mm hasta 221-225 mm; estando ausentes individuos en los intervalos 201-205, 206-210 y 216-220 mm; por lo que respecta al Pacífico de Baja California Sur (B.C.S.), se presentaron individuos en forma continua desde el intervalo 96-100 mm hasta el 211-215 mm y posteriormente en el intervalo 226-230 mm.

Las distribuciones de frecuencias del índice de densidad de branquiespinas por intervalo de longitud en cada una de las áreas se presentan en las figuras 16 A, B, C, D y E. En cada uno de los intervalos de talla, los ejemplares que conformaron cada una de las distribuciones modales fueron identificados como pertenecientes a la especie respectiva. La asignación específica obtenida en cada una de las áreas en que se realizó el análisis se presenta en la Tabla 2.

**TABLA 2. Porcentajes de individuos por especie asignados por el METODO DE DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS dentro de cada una de las áreas de pesca en el NO de México.**

	GOLFO DE CALIFORNIA		PACIFICO DE B.C.S.
	AREA NORTE	AREA SUR	
<u>Q. bulleri</u>	6.91 %	16.03 %	2.23 %
<u>Q. medirastre</u>	0.65 %	11.07 %	12.79 %
no identificados	8.34 %	13.95 %	12.49 %
<u>Q. libertate</u>	84.10 %	58.95 %	72.49 %

Como resultado general de la aplicación de esta metodología para diferenciar a las 5 especies del género Opisthonema en el Pacífico norte de México se le asignó especie al 87.82% (2848) del total de ejemplares analizados y no se identificó al 12.18% (395) debido a que no quedaron incluidos satisfactoriamente dentro de alguna de las agrupaciones modales formadas. De los individuos identificados el 9.68% correspondió a Q. bulleri, el 9.13% a Q. medirastre y el 69.01% a Q. libertate.

#### 4.2.3 METODO TRIDIMENSIONAL

La figura 17 muestra esquemáticamente 4 intervalos de longitud del total en que fue dividida la grafica tridimensional correspondiente al área sur del Golfo de California. En cada uno de los intervalos de longitud los ejemplares que conformaron cada una de las agrupaciones naturales de datos fueron identificados como pertenecientes a la especie respectiva. La asignación específica obtenido en cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México se presenta en la Tabla 3.

TABLA 3. Porcentajes de individuos por especie asignados por el METODO TRIDIMENSIONAL dentro de cada una de las áreas de pesca en el NO de México.

	GOLFO DE CALIFORNIA		PACIFICO DE B.C.S.
	AREA NORTE	AREA SUR	
<u>Q. bulleri</u>	6.91 %	16.03 %	2.23 %
<u>Q. medirastre</u>	2.21 %	17.71 %	17.66 %
no identificados	1.04 %	0.80 %	1.12 %
<u>Q. libertate</u>	89.93 %	65.46 %	78.98 %

Como resultado general de aplicar este método para diferenciar a las especies del género Opisthonema en el Pacífico norte de México, se asignó especie al 99.04% (3212) de los ejemplares analizados y no se asignó especie al 0.96% (31) de ellos, debido a que no quedaron incluidos satisfactoriamente dentro de alguna de las agrupaciones naturales formadas. De los individuos identificados, el 75.33% correspondió a Q. libertate, el 14.03% a Q. medirastre y el 9.68% a Q. bulleri.

## 4.3 CARACTERIZACION DE LAS ESPECIES

### 4.3.1 LONGITUDES

La **composición por** longitudes de las capturas muestreadas de Q. libertate, Q. medirastre y Q. bulleri en el NO de México se presentan comparativamente en la figura 19.

La **composición** de longitudes **obtenida** en cada una de las **áreas** de pesca de Q. libertate se muestra comparativamente en la figura 26; de Q. medirastre en la figura 30, y de Q. bulleri en la figura 34. Los estadísticos básicos descriptivos de la longitudes patrón muestreadas de estas especies se presentan respectivamente en las Tablas 4A, 5A y 6A.

### 4.3.2 BRANQUIESPINAS

El diagrama de **dispersión** de la **relación** entre **número** de branquiespinas y longitud patrón de Q. libertate se muestra comparativamente con los de Q. medirastre y Q. bulleri en la figura 20. De manera **también** comparativa entre especies se presentan en la figura 21 las distribuciones de frecuencias relativas de **número** de branquiespinas de cada especie.

La **composición** relativa de **número** de branquiespinas en Q. libertate dentro de cada una de las **áreas** de pesca se presenta en la figura 27; de manera similar para Q. medirastre en la figura 31 y para Q. bulleri en la figura 35. El promedio, **desviación** estandar, **mínimo** y **máximo** observados de **número** de branquiespinas en cada especie en el NO de México y en cada **área** de pesca se muestran en las Tablas 4B, 5B y 6B, para Q. libertate, Q. medirastre y Q. bulleri respectivamente.

### 4.3.3 ARCO CERATOBANQUIAL

La **relación** entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón, así como la **distribución** de frecuencias de las longitudes del arco en cada una de las especies se presentan comparativamente en las figuras 22 y 23 respectivamente.

La **composición** relativa en las longitudes del arco de cada especie dentro de cada una de las **áreas** de pesca, se presentan en las figuras 28, 32 y 36, correspondientes a Q. libertate, Q. medirastre y Q. bulleri respectivamente; así como los estadísticos básicos descriptivos de las longitudes del arco de estas especies en las Tablas 4C, 5C y 6C.

#### 4.3.4 DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS

El diagrama de **dispersión** de la relación entre **número** de branquiespinas por unidad de longitud del segmento ceratobranquial y longitud patrón de Q. libertate se muestra comparativamente con los de Q. medirastre y Q. bulleri en la figura 24. De forma **también** comparativa entre especies se presentan en la figura 25 las distribuciones de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas de cada especie.

La **composición** relativa del **número** de branquiespinas por unidad de longitud del segmento ceratobranquial en Q. libertate dentro de cada una de las **áreas** de pesca se presenta en la figura 29; de manera similar para Q. medirastre en la figura 33 y para Q. bulleri en la figura 37. El promedio, desviación estandar, **mínimo** y **máximo** observados de densidad de branquiespinas en cada especie en el NO de México y en cada **área** de pesca se muestran en las Tablas 4D, 5D y 6D, para Q. libertate, Q. medirastre y Q. bulleri respectivamente.

#### 4.4 VARIACION GEOGRAFICA

La **relación** entre **número** de branquiespinas y longitud patrón de Q. libertate dentro de cada una de las **áreas** de pesca se presentan en la figura 38, mostrando comparativamente las observaciones de **número** de branquiespinas para un mismo intervalo de longitudes delimitado entre las líneas punteadas. De manera similar se presenta para Q. medirastre en la figura 39 y para Q. bulleri en la figura 40.

Así mismo, la **relación** entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón de Q. libertate dentro de cada una de las **áreas** de pesca, se presentan en la figura 41, mostrando también de manera comparativa las longitudes del arco entre individuos de longitudes similares; de Q. medirastre en la figura 42 y de Q. bulleri en la figura 43. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas punteadas horizontales sirven de referencia para observar las posibles diferencias en las longitudes del arco.

#### 4.5 CICLO REPRODUCTOR

El ciclo reproductor para cada una de las especies en un año promedio, obtenido a **traves** de representar la frecuencia relativa de **aparición** del estadio de madurez morfofocromático 4 en las hembras analizadas por especie, se presentan de manera comparativa en la figura 44, con el objetivo **único** de describir y distinguir los meses de **máxima** actividad reproductiva en cada una de las especies en el NO de México, ya que los valores entre especies no se encuentran relativizados, por lo que esta **gráfica** no representa la importancia del número de desovantes entre especies.

TABLA 4. Estadísticos descriptivos de Opisthonema libertate en el NO de México y por área de pesca. A) Longitud patrón (mm). B) Número de branquiespinas ceratobranquiales. C) Longitud del arco ceratobranquial (mm). D) Densidad de branquiespinas.

	PACIFICO NORTE DE MEXICO	GOLFO DE CALIFORNIA NORTE	SUR	PACIFICO DE BAJA CAL. SUR
N	2443	689	976	778
A) LONGITUD PATRON (mm)				
X	155.63	164.84	150.02	154.52
S	16.60	13.50	12.50	19.80
MINIMO	97.00	110.00	110.00	97.00
MAXIMO	226.00	202.00	200.00	226.00
B) NUMERO DE BRANQUIESPINAS CERATOBANQUIALES				
X	81.86	85.50	82.76	77.50
S	7.54	7.64	6.32	6.73
MINIMO	56.00	67.00	56.00	56.00
MAXIMO	117.00	117.00	109.00	104.00
C) LONGITUD DEL ARCO CERATOBANQUIAL (mm)				
X	13.01	14.02	12.57	12.67
S	1.50	1.27	1.24	1.58
MINIMO	7.59	9.30	7.77	7.59
MAXIMO	17.90	17.90	16.20	16.80
D) DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS				
X	6.34	6.12	6.62	6.17
S	0.60	0.51	0.52	0.63
MINIMO	4.35	4.78	5.46	4.35
MAXIMO	8.82	8.09	8.69	8.82

N=Tamaño de muestra; X=Media aritmética; S=Desviación estandar  
MINIMO= Valor mínimo observado; MAXIMO= Valor máximo observado

**TABLA 5.** Estadísticos descriptivos de *Opisthonema medirastre* en el NO de México y por área de pesca. A) Longitud patrón (mm). B) Número de branquiespinas ceratobranquiales. C) Longitud del arco ceratobranquial (mm). D) Densidad de branquiespinas.

	PACIFICO NORTE DE MEXICO	GOLFO DE CALIFORNIA NORTE	SUR	PACIFICO DE BAJA CAL. SUR
N	455	17	264	174
<b>A) LONGITUD PATRON (mm)</b>				
X	159.93	149.00	153.83	170.27
S	20.70	31.10	11.70	25.50
MINIMO	102.00	110.00	111.00	102.00
MAXIMO	228.00	206.00	222.00	228.00
<b>B) NUMERO DE BRANQUIESPINAS CERATOBANQUIALES</b>				
X	59.81	63.24	61.80	56.45
S	5.07	4.41	4.47	4.08
MINIMO	42.00	53.00	44.00	42.00
MAXIMO	72.00	68.00	72.00	65.00
<b>C) LONGITUD DEL ARCO CERATOBANQUIAL (mm)</b>				
X	11.99	11.63	11.69	12.50
S	1.59	2.12	1.28	1.82
MINIMO	7.70	8.70	8.70	7.70
MAXIMO	16.20	15.80	16.00	16.20
<b>D) DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS</b>				
X	5.05	5.56	5.32	4.60
S	0.65	0.79	0.44	0.64
MINIMO	3.63	4.30	3.63	3.79
MAXIMO	7.29	6.81	6.75	7.29

N= Tamaño de muestra; X=Media aritmetica; S=Desviación estandar  
MINIMO= Valor mínimo observado; MAXIMO= Valor máximo observado

TABLA 6. Estadísticos descriptivos de Opisthonema bulleri en el NO de México y por área de pesca. A) Longitud patrón (mm). B) Número de branquiespinas ceratobranquiales. C) Longitud del arco ceratobranquial (mm). D) Densidad de branquiespinas.

	PACIFICO NORTE DE MEXICO	GOLFO DE CALIFORNIA NORTE	SUR	PACIFICO DE BAJA CAL. SUR
N	314	53	239	22
A) LONGITUD PATRON (mm)				
X	168.39	175.21	166.88	168.41
S	14.30	16.00	13.60	13.20
MINIMO	114.00	114.00	114.00	138.00
MAXIMO	215.00	199.00	215.00	190.00
B) NUMERO DE BRANQUIESPINAS CERATOBANQUIALES				
X	32.94	33.77	32.73	33.18
S	2.40	2.33	2.44	1.62
MINIMO	28.00	29.00	28.00	30.00
MAXIMO	41.00	41.00	40.00	36.00
C) LONGITUD DEL ARCO CERATOBANQUIAL (mm)				
X	11.02	11.65	10.85	11.41
S	1.05	1.05	1.02	0.57
MINIMO	8.00	9.40	8.00	10.00
MAXIMO	13.70	13.70	13.10	12.50
D) DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS				
X	3.01	2.92	3.03	2.91
S	0.26	0.28	0.25	0.19
MINIMO	2.38	2.38	2.46	2.50
MAXIMO	3.98	3.73	3.98	3.27

N=Tamaño de muestra; X=Media aritmética; S=Desviación estándar  
MINIMO= Valor mínimo observado; MAXIMO= Valor máximo observado

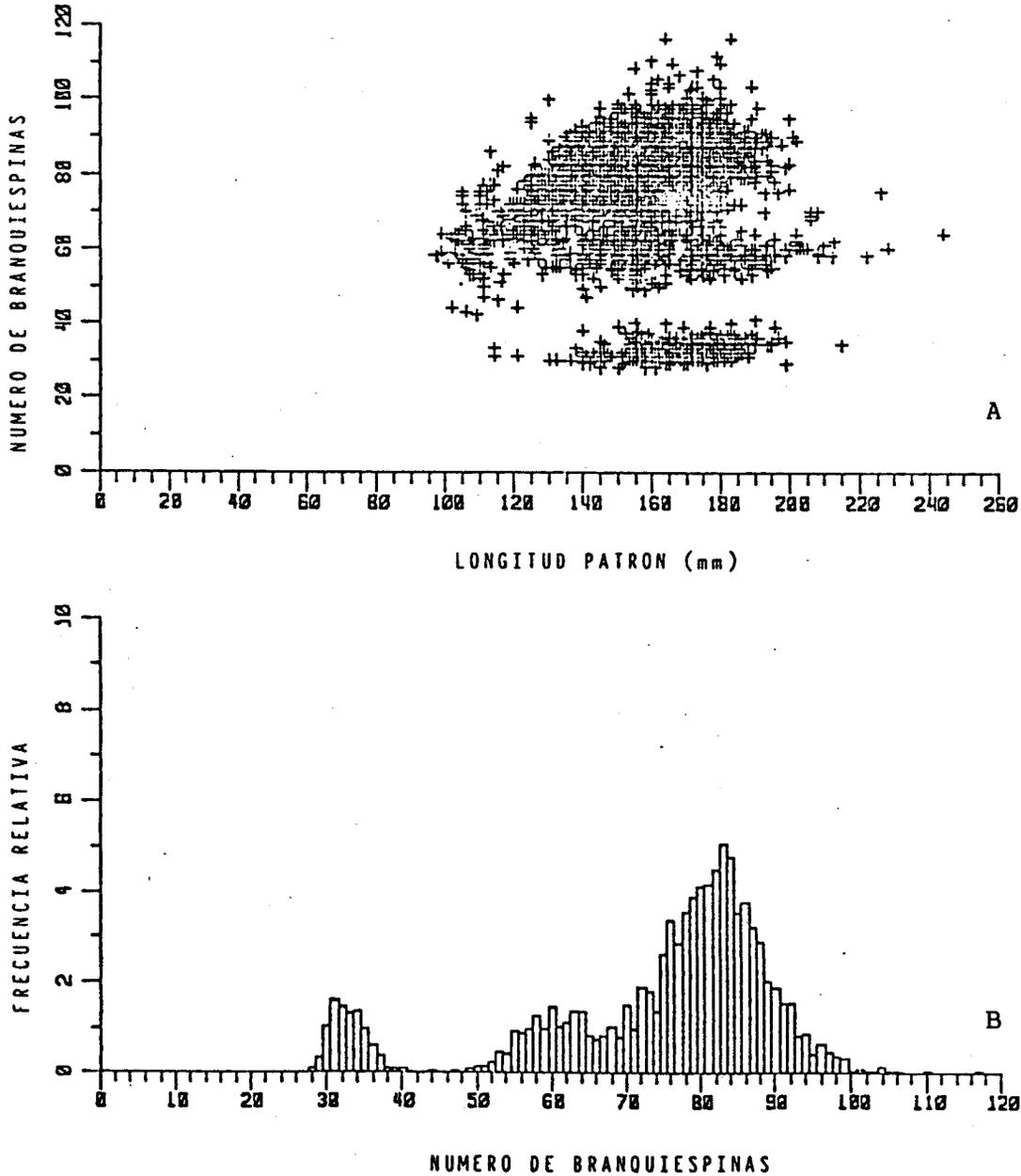


FIGURA 4. A) Diagrama de dispersión de la relación entre número de branquiespinas y longitud patrón de todos los ejemplares analizados de *Opisthonema* spp. colectados en el Pacífico norte de México. B) Distribución de frecuencias relativas del número de branquiespinas observadas del total de ejemplares analizados de *Opisthonema* spp. colectados en el Pacífico Norte de México.

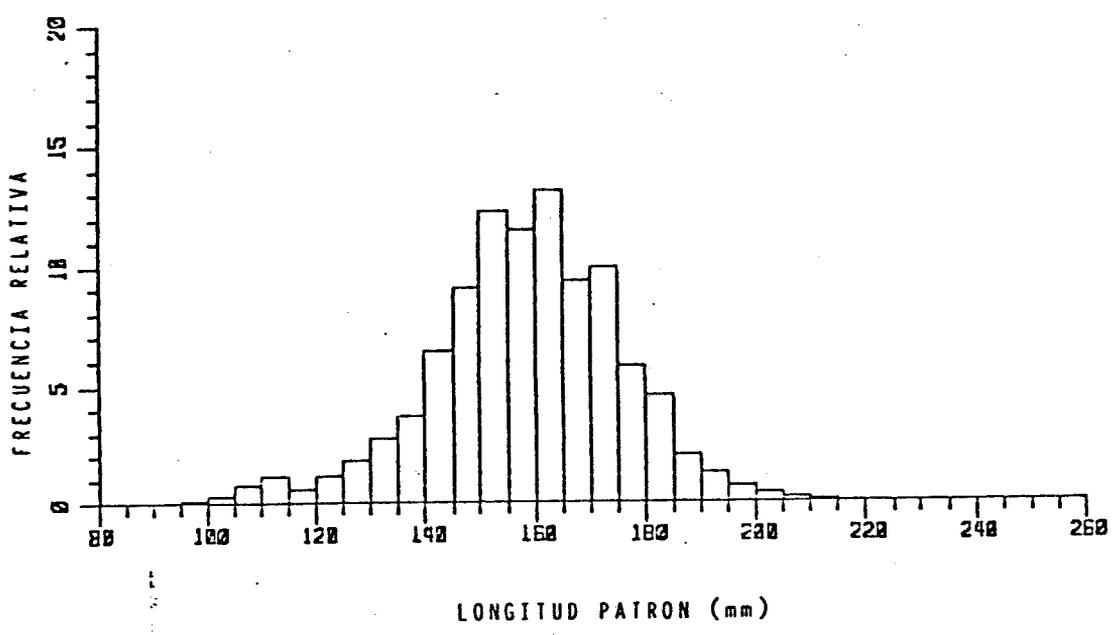


FIGURA 5. Distribución de frecuencias relativas de las longitudes patrón del total de ejemplares analizados de Opisthonema spp. colectados de la captura comercial en el Pacífico norte de México.

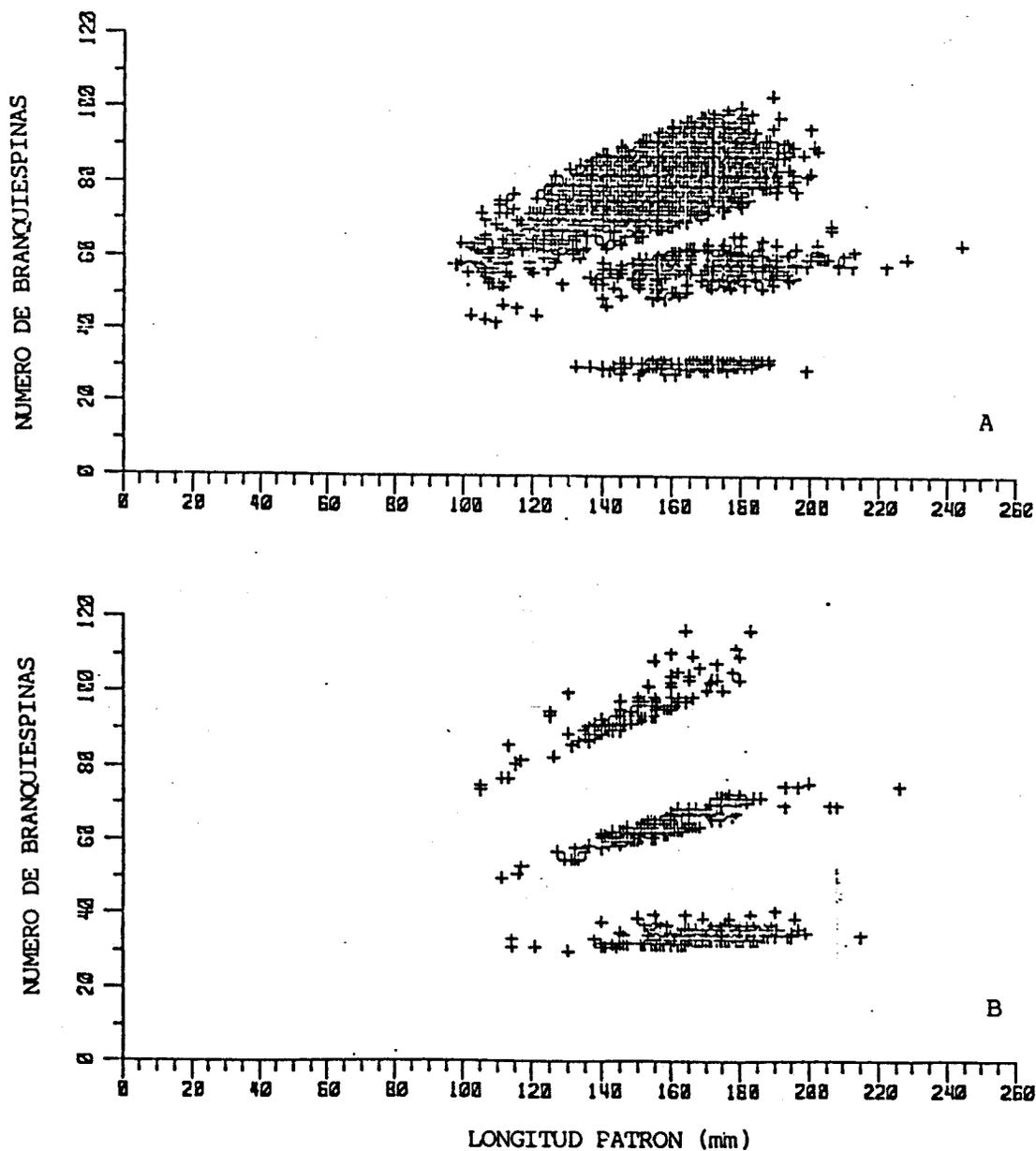


FIGURA 6. A) Diagrama de dispersión con los valores correspondientes a los ejemplares de Opisthonema que pudieron ser identificados utilizando la clave numérica para el Pacífico norte de México, de Berry y Barrett (1963). B) Diagrama de dispersión con los valores de los ejemplares no identificados con la clave numérica de Berry y Barrett (1963).

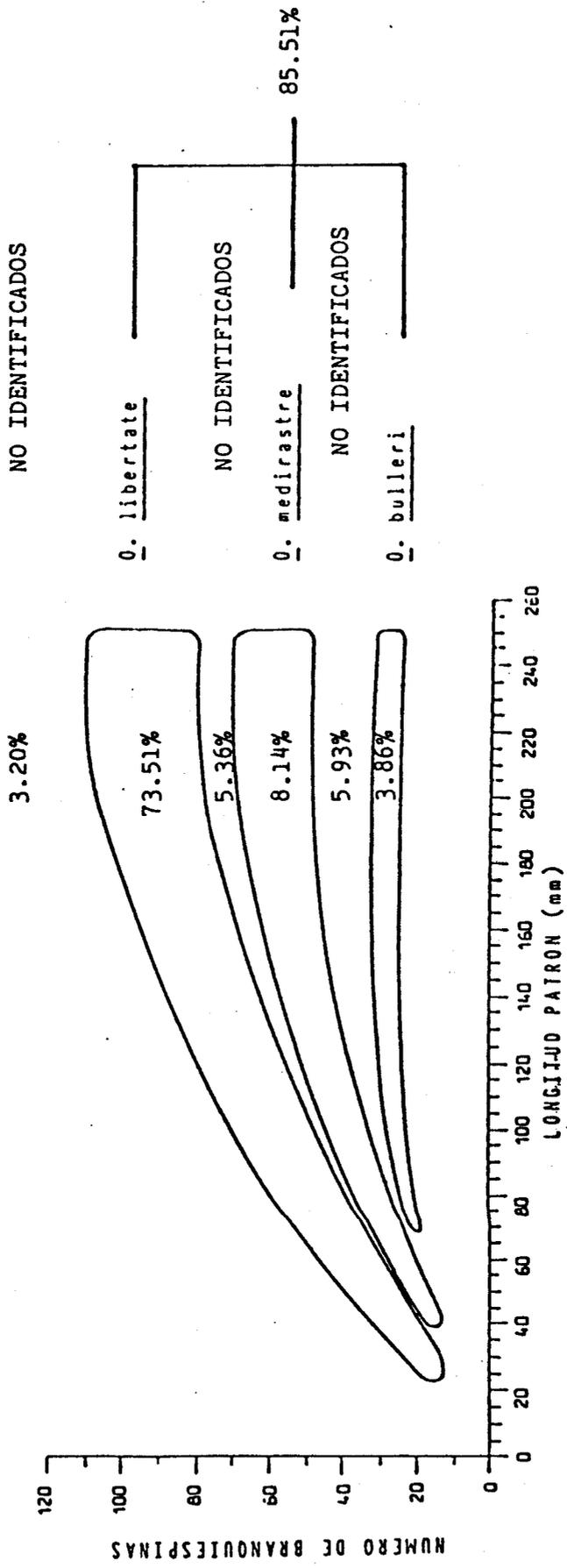


FIGURA 7. Representación gráfica del porcentaje total de individuos identificados, porcentajes asignados por especie y no identificados por medio de la clave numérica para el Pacífico norte de México de Berry y Barrett (1963).

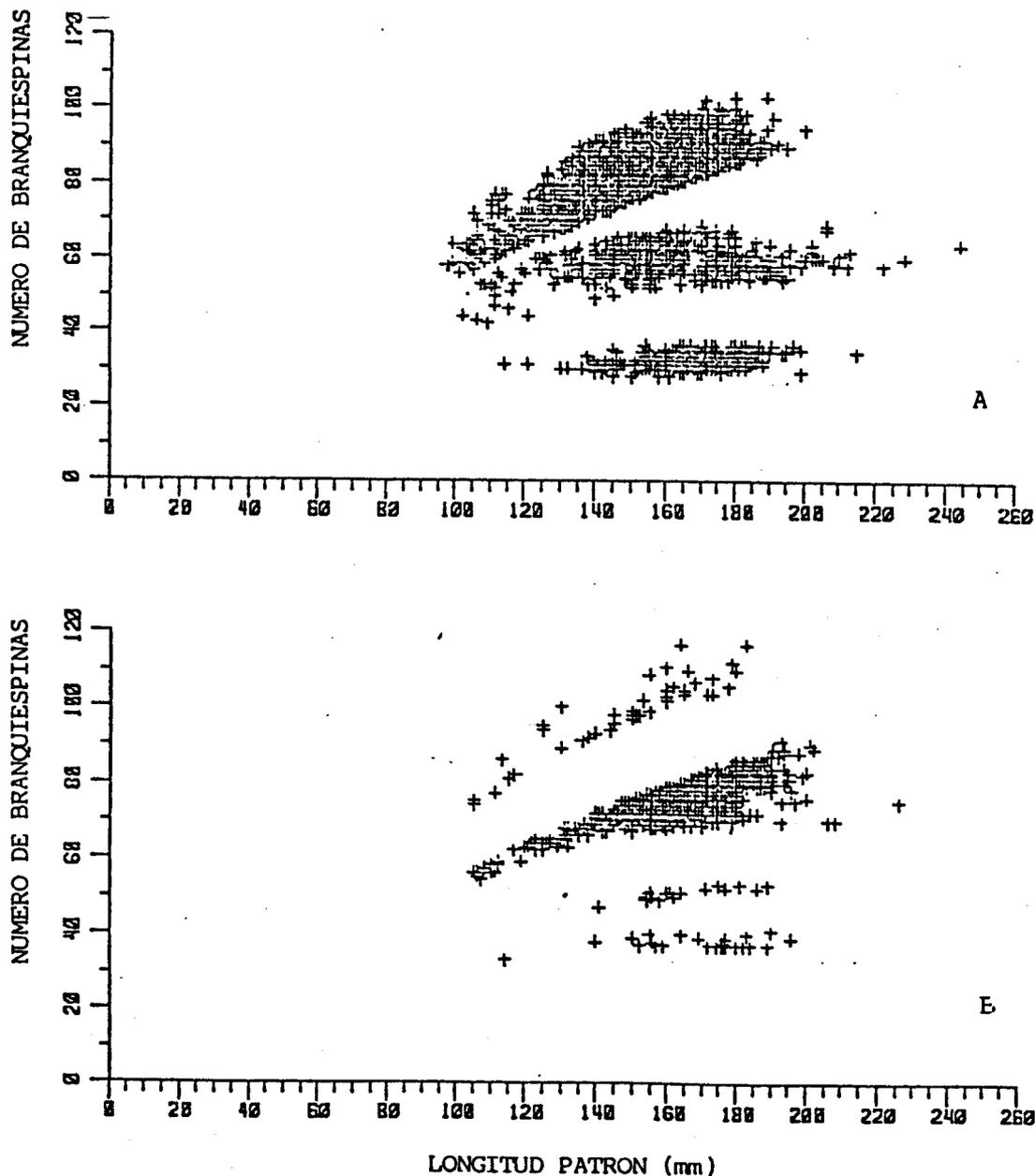


FIGURA B. A) Diagrama de dispersión con los valores correspondientes a los ejemplares que quedaron incluidos dentro de los perfiles gráficos de Berry y Barrett (1963), que definen a las especies del género Opisthonema en el Pacífico norte de México. B) Diagrama de dispersión con los valores de los ejemplares que no correspondieron dentro de los perfiles gráficos que definen a las especies, según Berry y Barrett (1963).

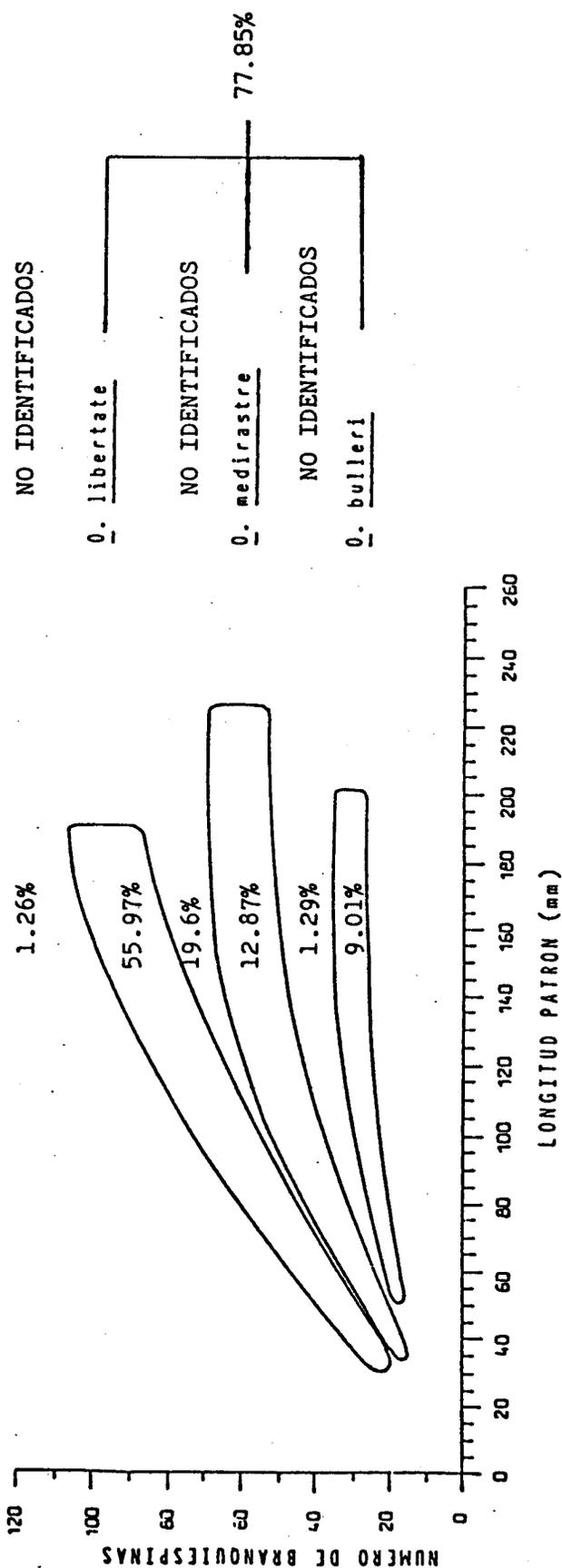


FIGURA 9. Representación gráfica del porcentaje total de individuos identificados, porcentajes asignados por especie y no identificados por medio de los perfiles gráficos para el Pacífico norte de México de Berry y Barrett (1963).

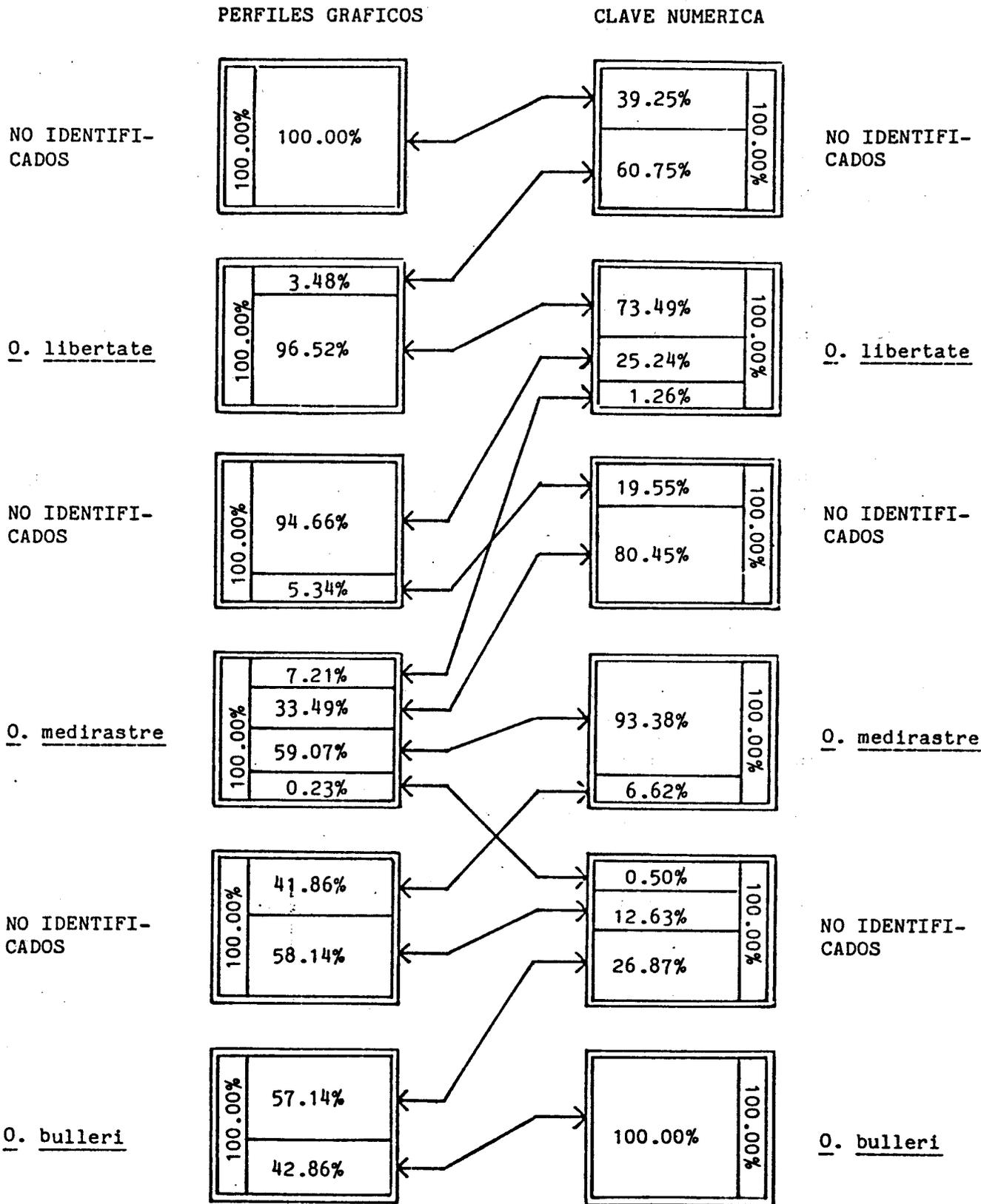


FIGURA 10. Representación gráfica de los cambios de asignación específica entre los métodos PERFILES GRAFICOS y CLAVE NUMERICA de Berry y Barrett (1963).

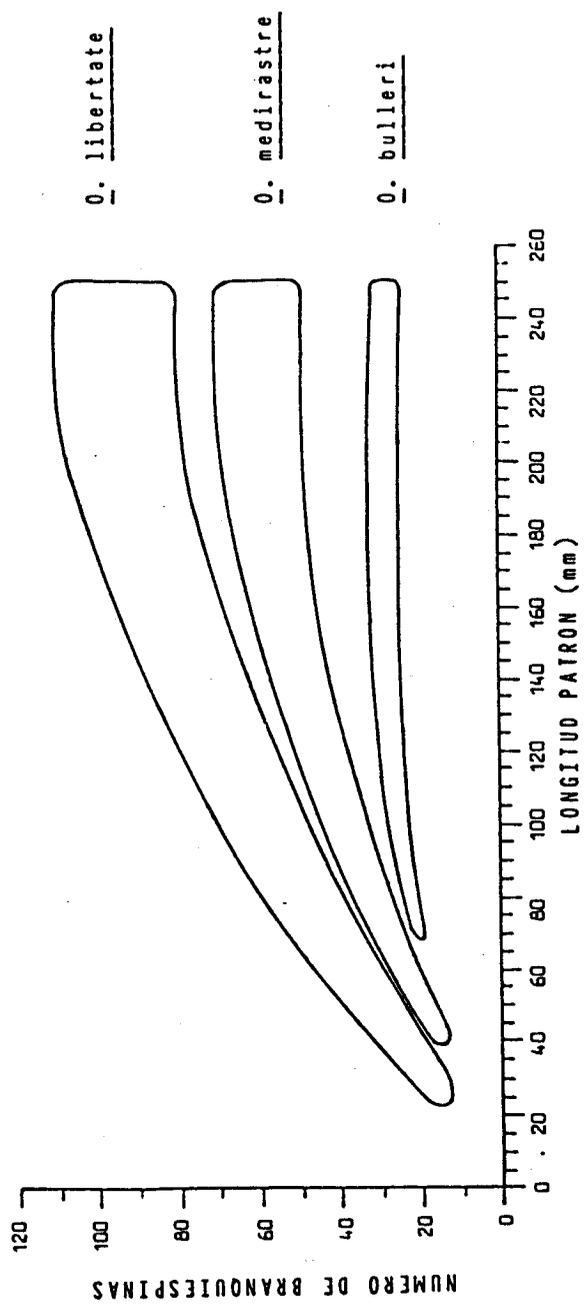


FIGURA 11. Contornos gráficos que definen a las especies de Opisthonema en el Pacífico norte de México de acuerdo a los valores tabulados en la clave numérica de Berry y Barrett (1963: Tabla 3).

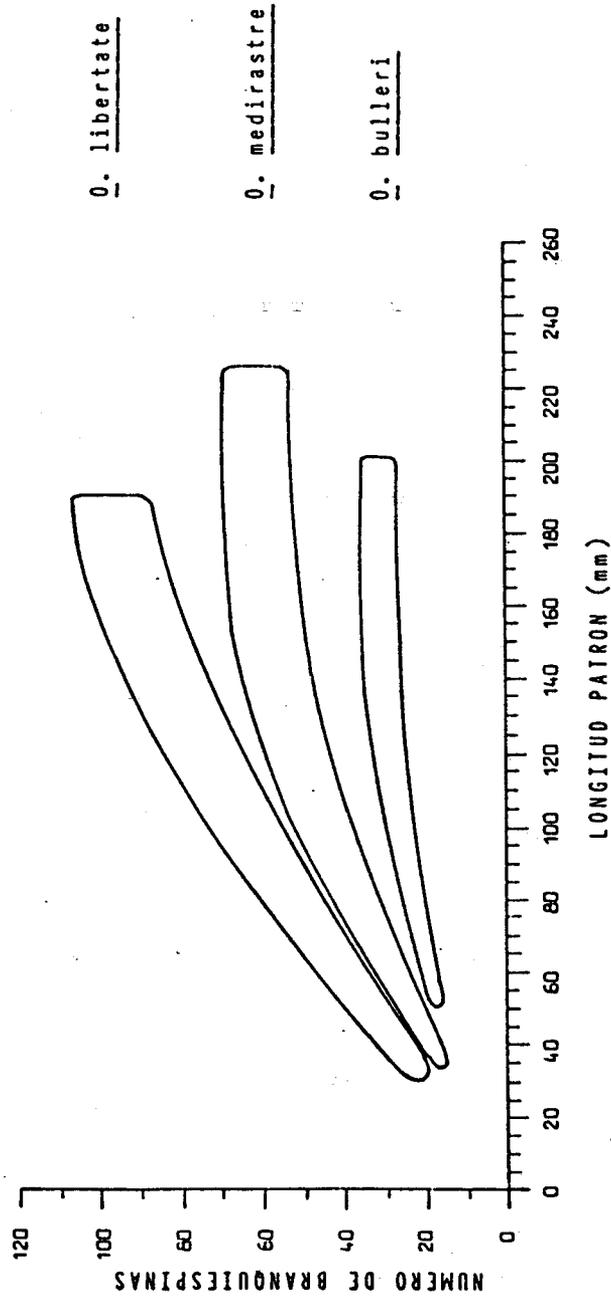


FIGURA 12. Perfiles gráficos que definen a las especies de Opisthonema en el Pacífico norte de México de acuerdo a los valores observados por Berry y Barrett (1963: Fig. 9). La figura original (Fig. 2) fue digitalizada y los valores obtenidos se graficaron a esta escala.

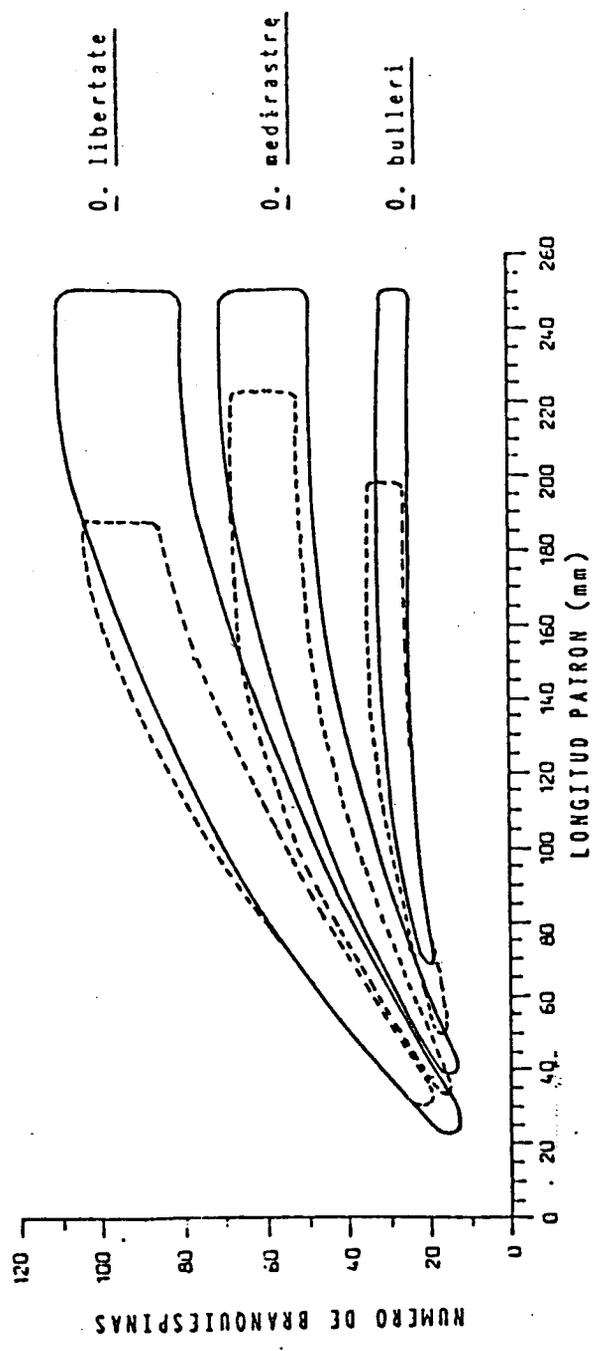


FIGURA 13. Comparación gráfica de los valores de número de branquiespinas y longitud patrón que delimitan y separan a cada especie de Opiisthonema en el Pacífico norte de México de acuerdo al método de Barry y Barrett (1963). Líneas punteadas (de perfiles gráficos); líneas continuas (de clave numérica).

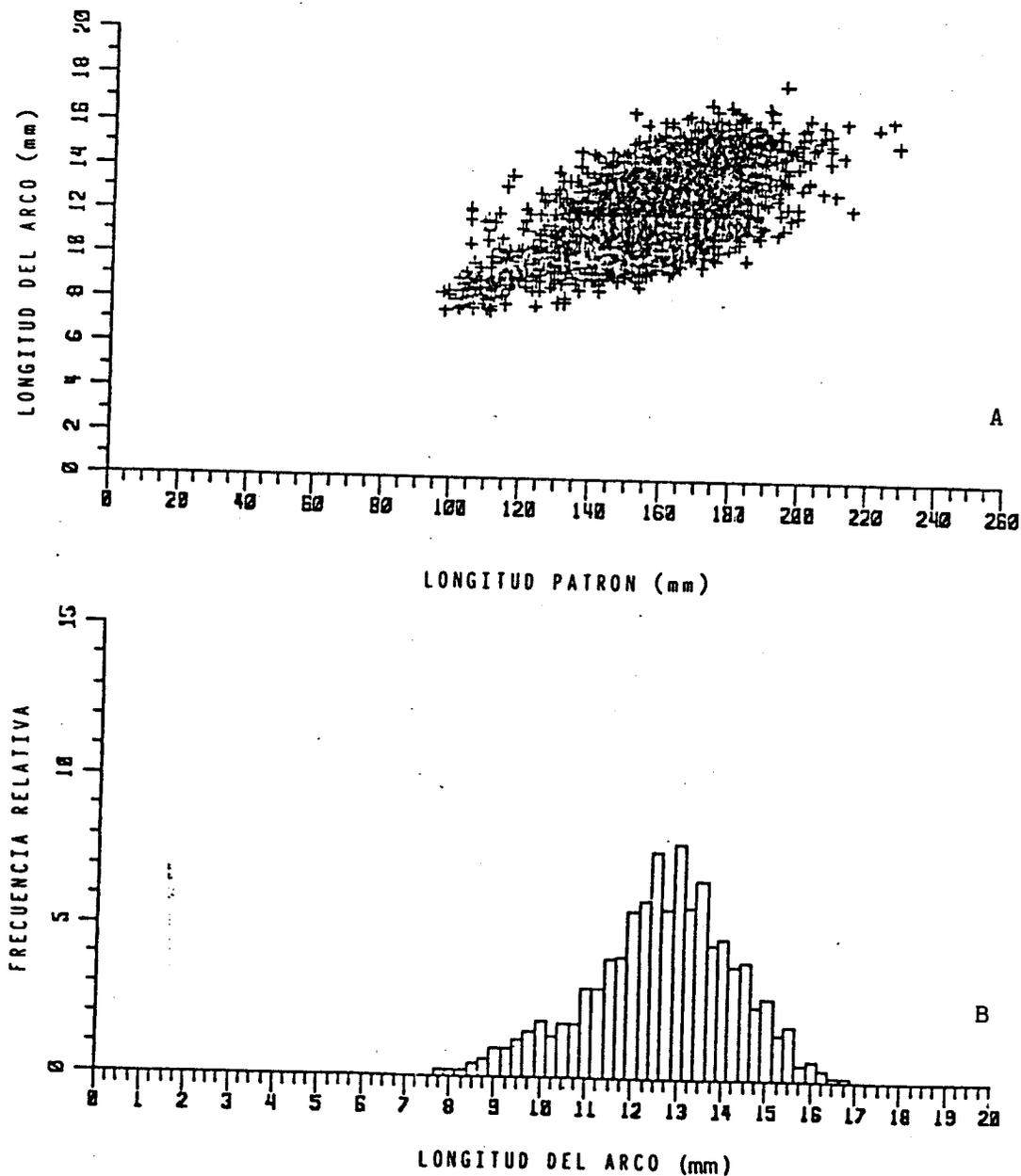


FIGURA 14. A) Diagrama de dispersión de la relación entre longitud del arco ceratobranchial del primer arco branquial y longitud patrón de todos los ejemplares analizados de *Opisthonema* spp. colectados en el NO de México. B) Distribución de frecuencias relativas de las longitudes del arco ceratobranchial del total de ejemplares analizados de *Opisthonema* spp. colectados en el NO de México.

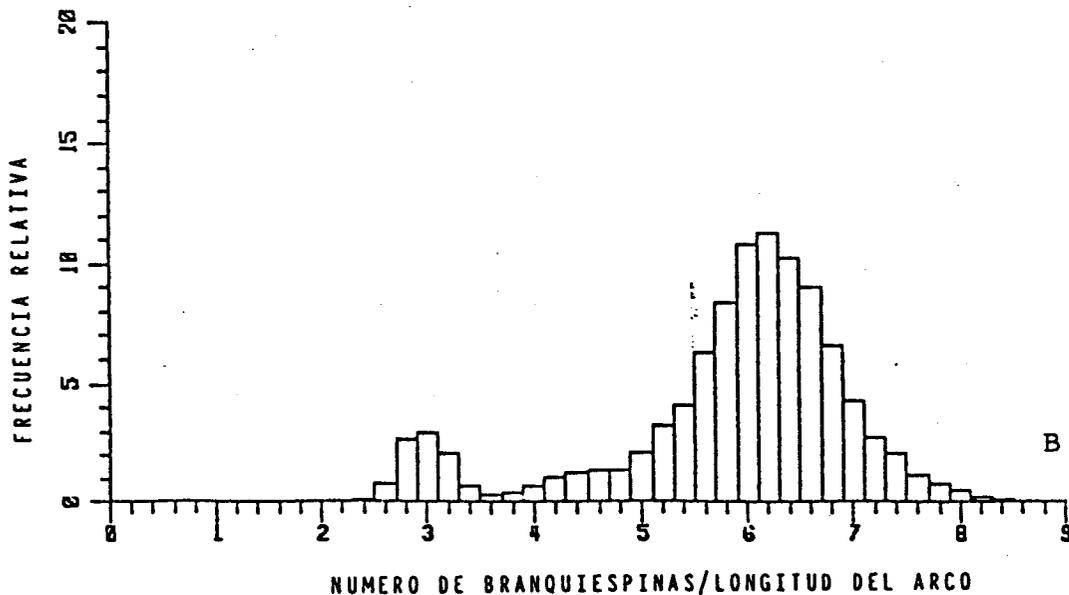
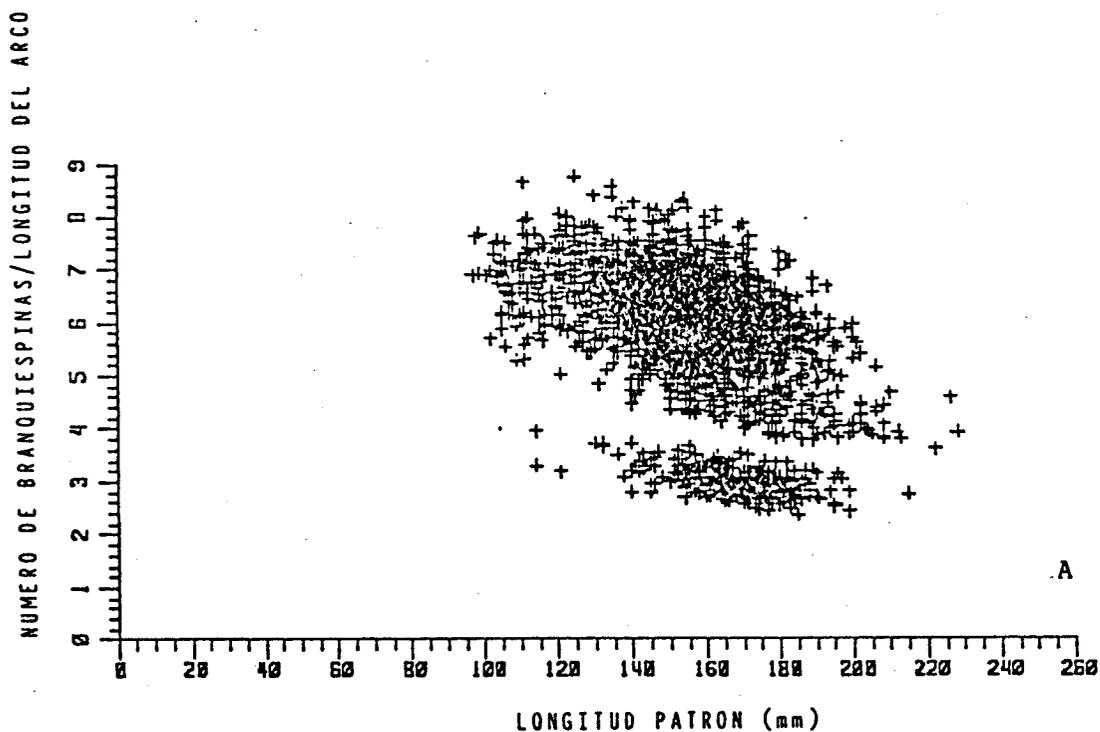
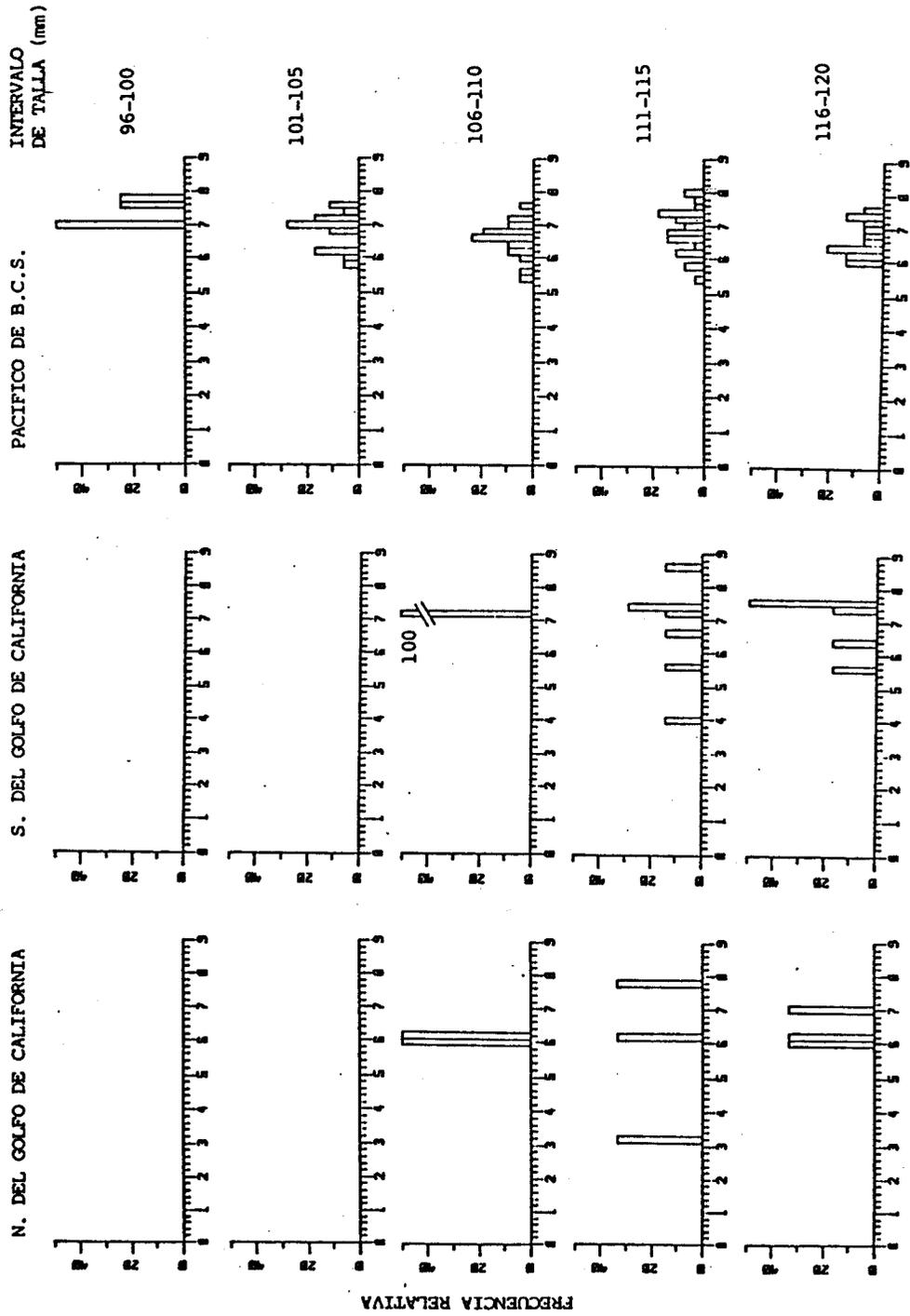


FIGURA 15.

A) Diagrama de dispersión de la relación entre número de branquiespinas por unidad de longitud del segmento ceratobranquial y longitud patrón de todos los ejemplares analizados de *Opisthonema* spp. colectados en el NO de México. B) Distribución de frecuencias relativas de los valores de densidad de branquiespinas del total de ejemplares analizados de *Opisthonema* spp., colectados en el NO de México.



**FIGURA 16.** (A, B, C, D, y E). Distribución de frecuencias relativas de los valores de densidad de branquiespinas en individuos de Opisthonema con longitudes similares (intervalos de 5 mm de longitud patrón), para las tres áreas en que se dividió el Pacífico norte de México: Norte del Golfo de California (columna izquierda), Sur del Golfo de California (columna central), y Pacífico de Baja California Sur (columna derecha).

INTERVALO DE TALLA (mm)

PACIFICO DE B.C.S.

S. DEL GOLFO DE CALIFORNIA

N. DEL GOLFO DE CALIFORNIA

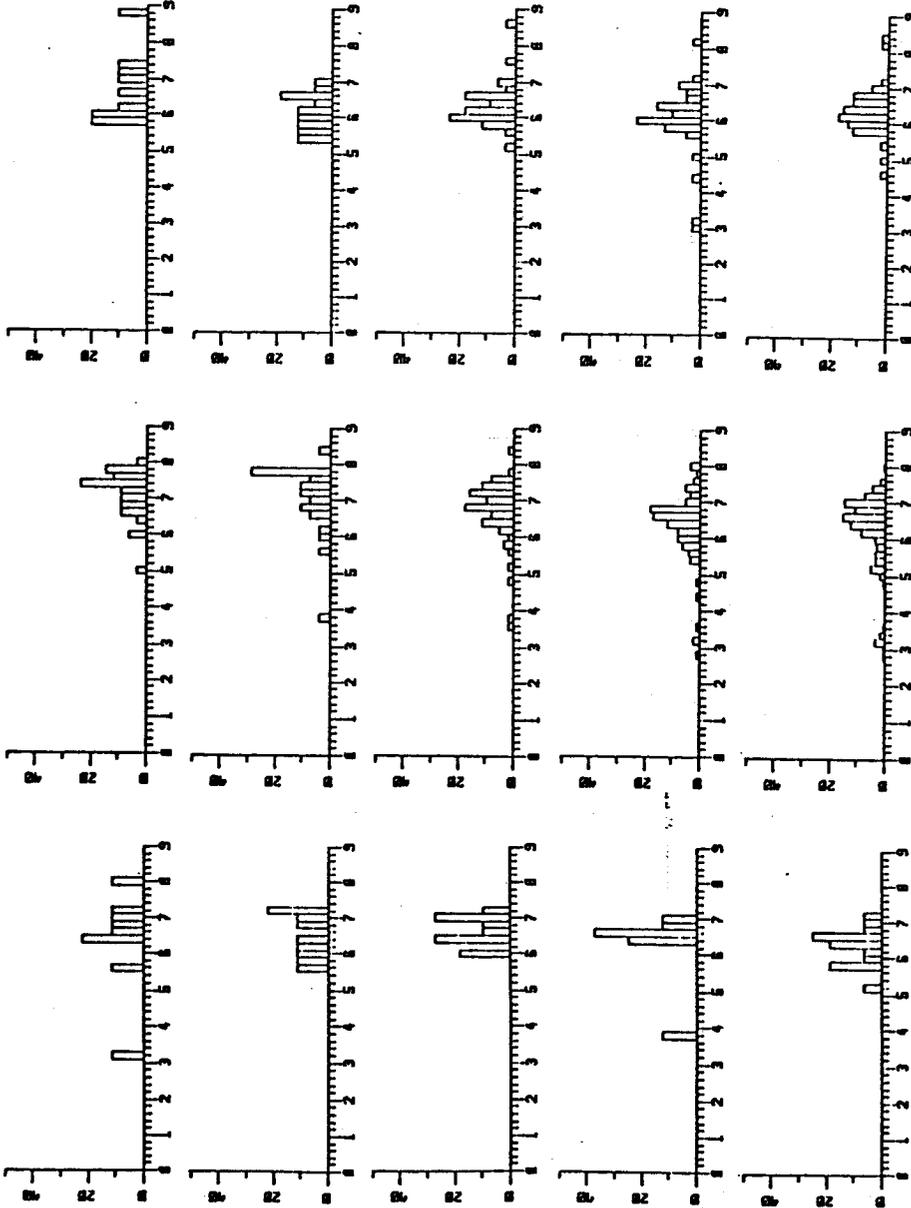
121-125

126-130

131-135

136-140

141-145



NUMERO DE BRANQUIESPINAS/LONGITUD DEL ARCO

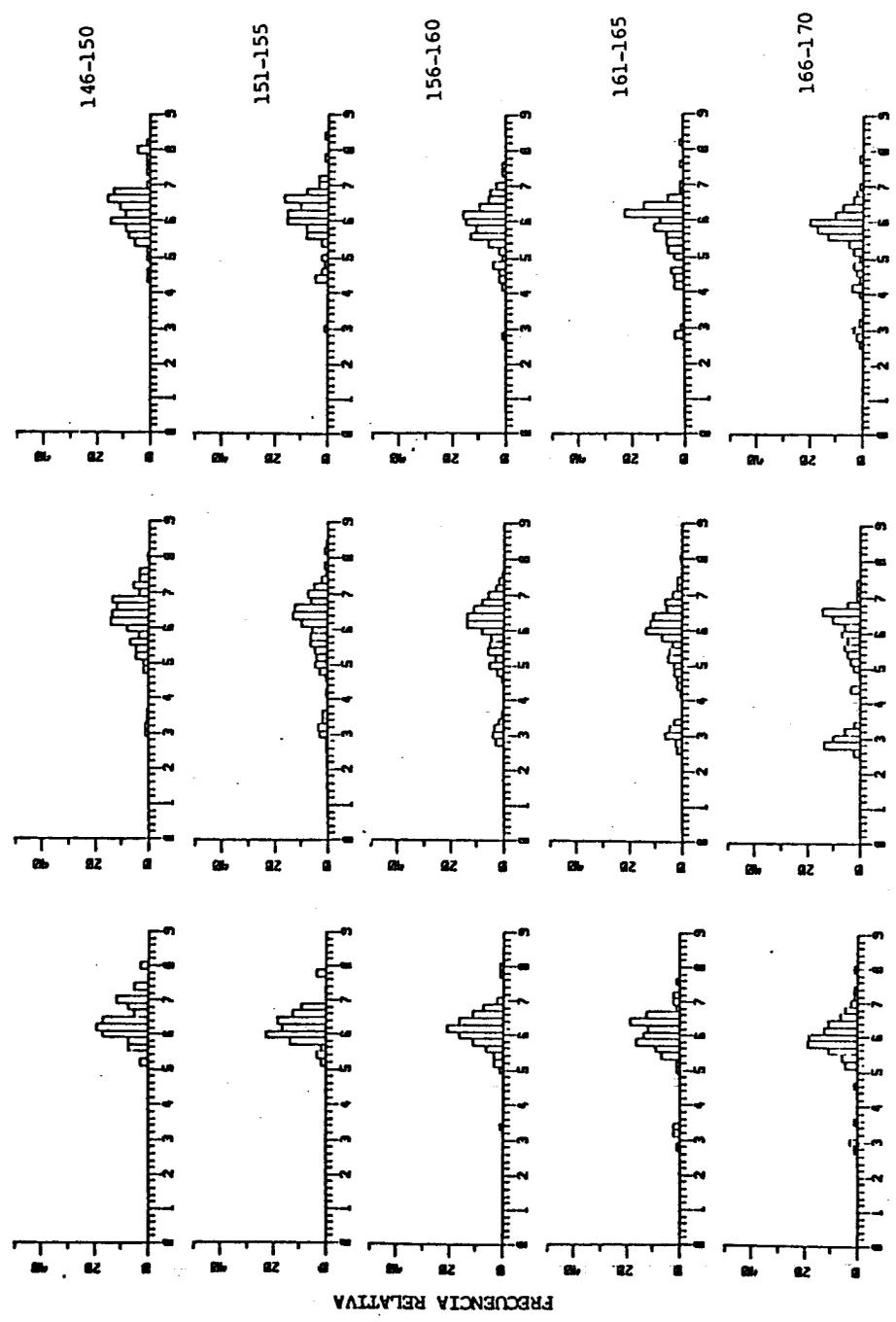
FIGURA 16 B

INTERVALO DE TALLA (mm)

PACIFICO DE B.C.S.

S. DEL GOLFO DE CALIFORNIA

N. DEL GOLFO DE CALIFORNIA



NUMERO DE BRANQUESPINAS/LONGITUD DEL ARCO

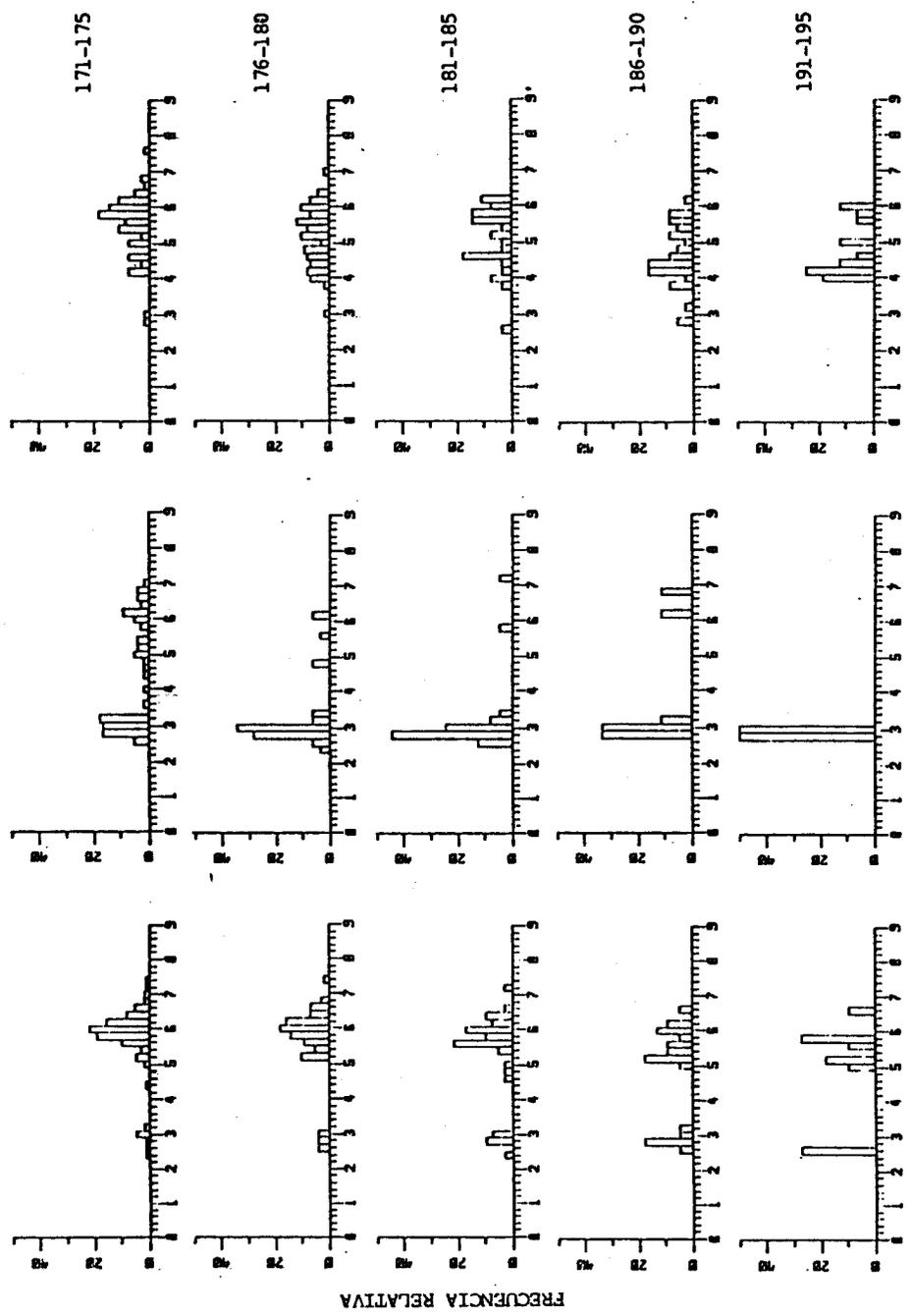
FIGURA 16 C

INTERVALO DE TALLA (mm)

PACIFICO DE B.C.S.

S. DEL GOLFO DE CALIFORNIA

N. DEL GOLFO DE CALIFORNIA



NUMERO DE BRANQUIESPINAS/LONGITUD DEL ARCO

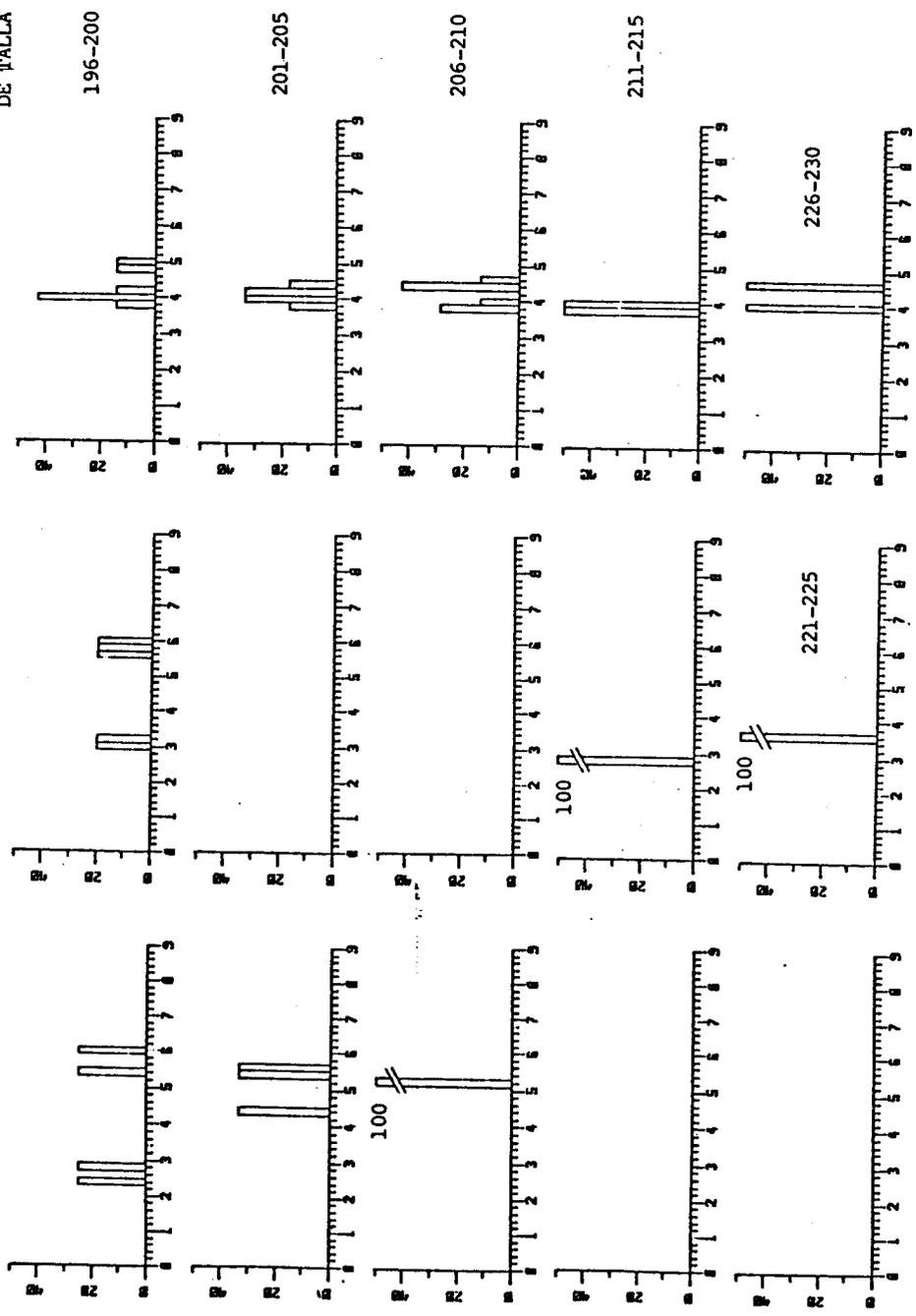
FIGURA 15 D

INTERVALO DE TALLA (mm)

PACIFICO DE B.C.S.

S. DEL GOLFO DE CALIFORNIA

N. DEL GOLFO DE CALIFORNIA



NUMERO DE BRANQUESPINAS/LONGITUD DEL ARCO

FRECUENCIA RELATIVA

FIGURA 16 E

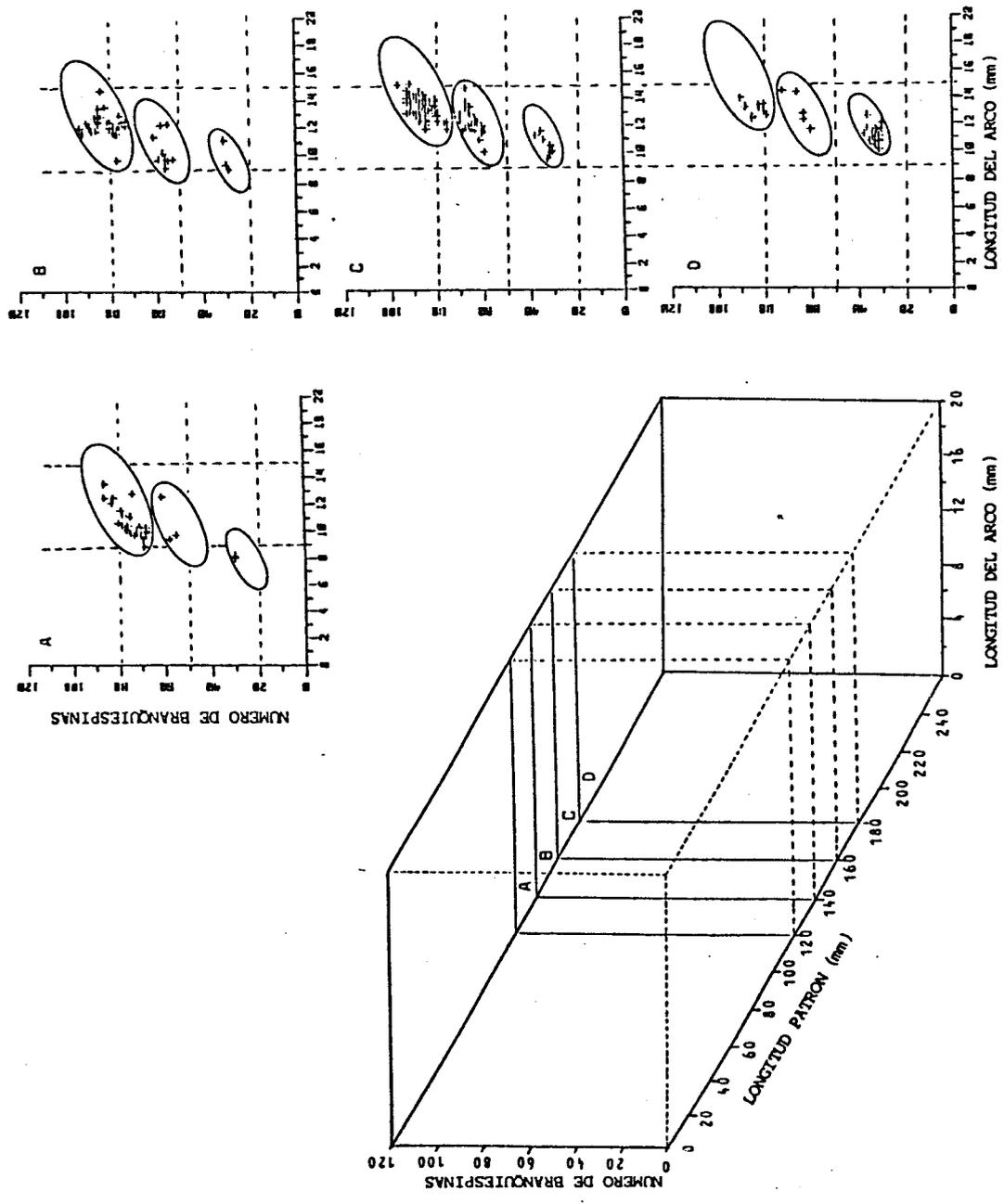


FIGURA 17.

Representación esquemática de la asignación de especies de *Opisthonema* por medio del método tridimensional. El cuerpo voluminoso representa la relación entre los tres parámetros utilizados, donde el eje X corresponde a la longitud del arco ceratobranchial, el eje Y al número de branquiespinas y el eje Z a la longitud patrón. Las figuras A, B, C y D muestran la relación observada entre número de branquiespinas y longitud del arco en cuatro intervalos de longitud del total en que fué dividida la grafica tridimensional correspondiente al área sur del Golfo de California. A) Intervalo de talla 119-120 mm de longitud patrón, B) 139-140 mm, C) 159-160 mm, D) 179-180 mm. Las líneas punteadas son de referencia para denotar el desplazamiento de las agrupaciones naturales de datos de abajo y a la izquierda en tallas menores (A), hacia arriba y a la derecha en tallas mayores (D).

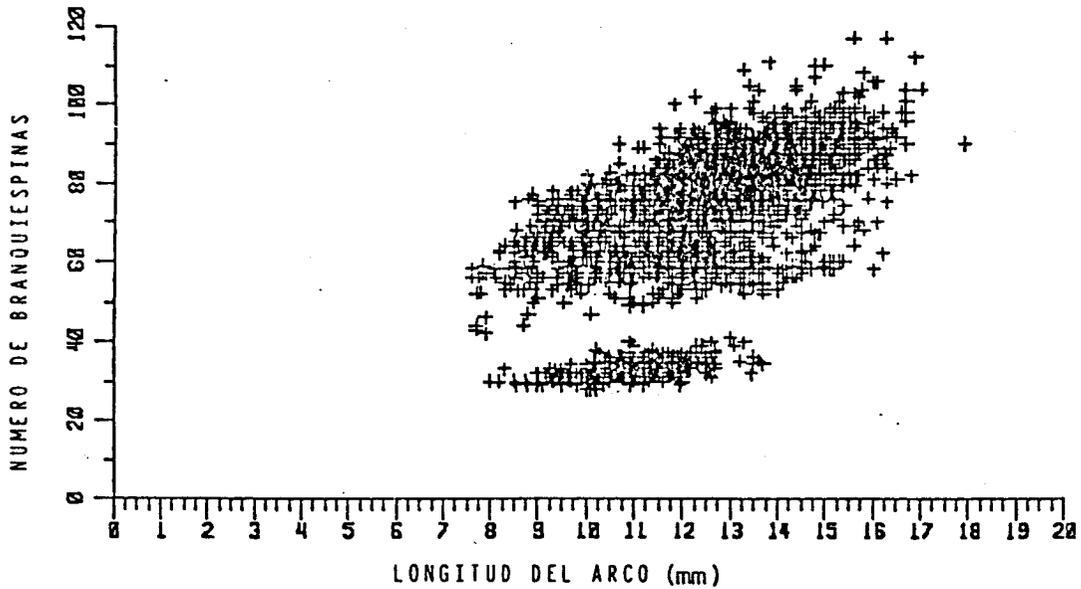


FIGURA 18. Diagrama de dispersión de la relación entre número de branquiespinas y longitud del arco ceratobranquial del total de ejemplares analizados.

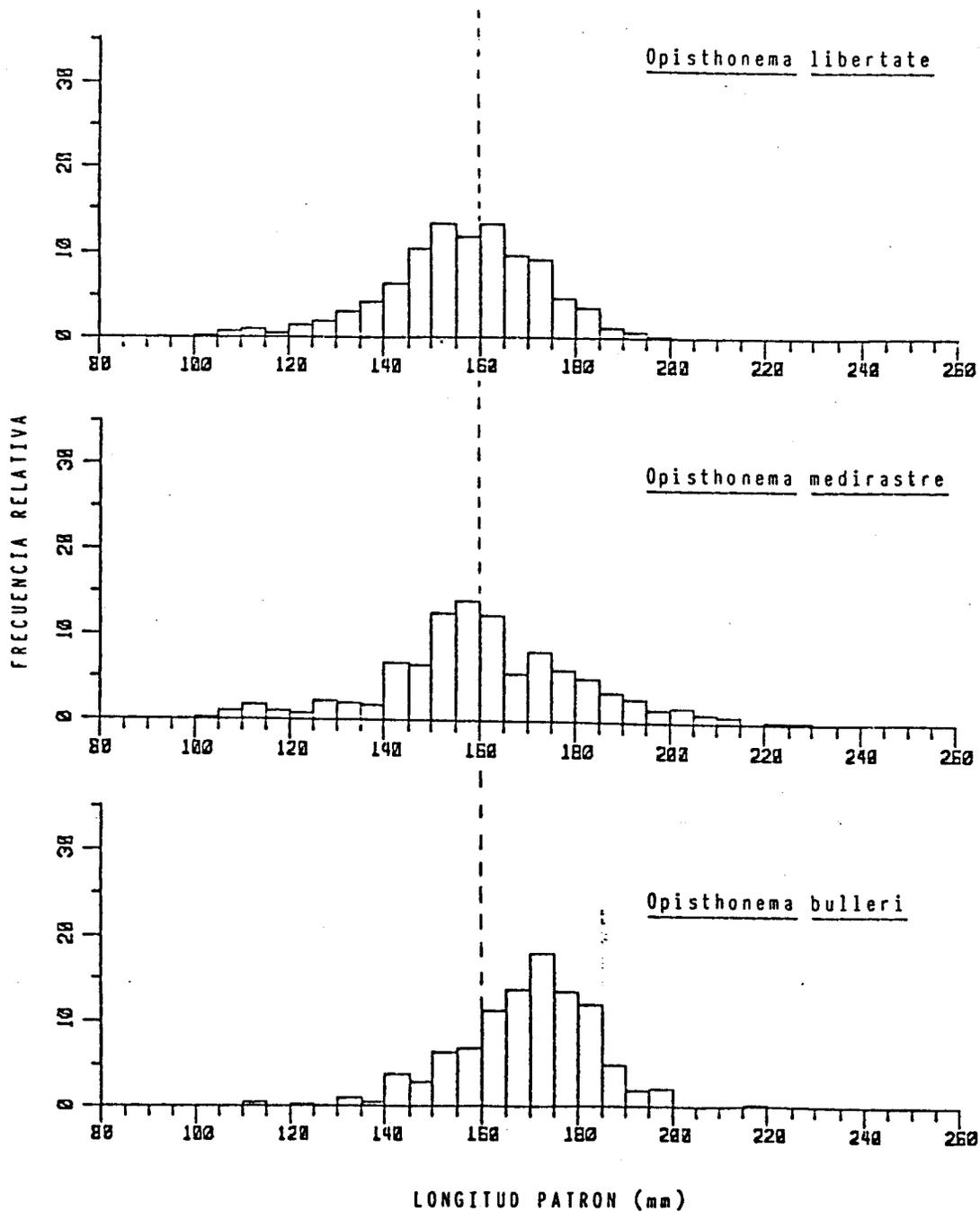


FIGURA 19. Distribución de frecuencias relativas de longitudes para cada una de las especies de *Opisthonema* en el NO de México. Los ejemplares colectados provienen de la captura comercial. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

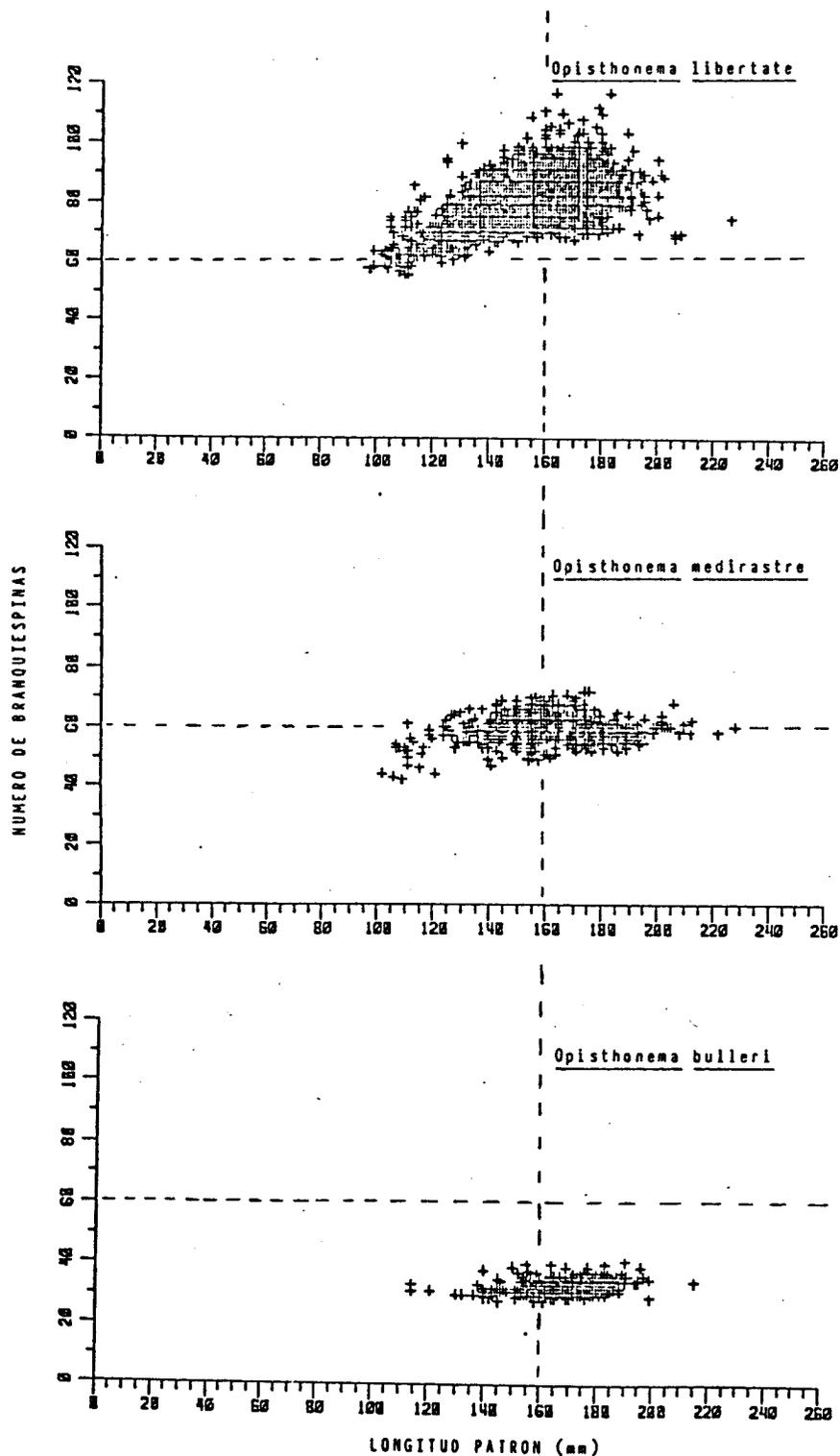


FIGURA 20. Relación entre número de branquiespinas y longitud patrón para cada una de las especies de Opisthonema en el NO de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. Las líneas punteadas son de referencia para fines comparativos.

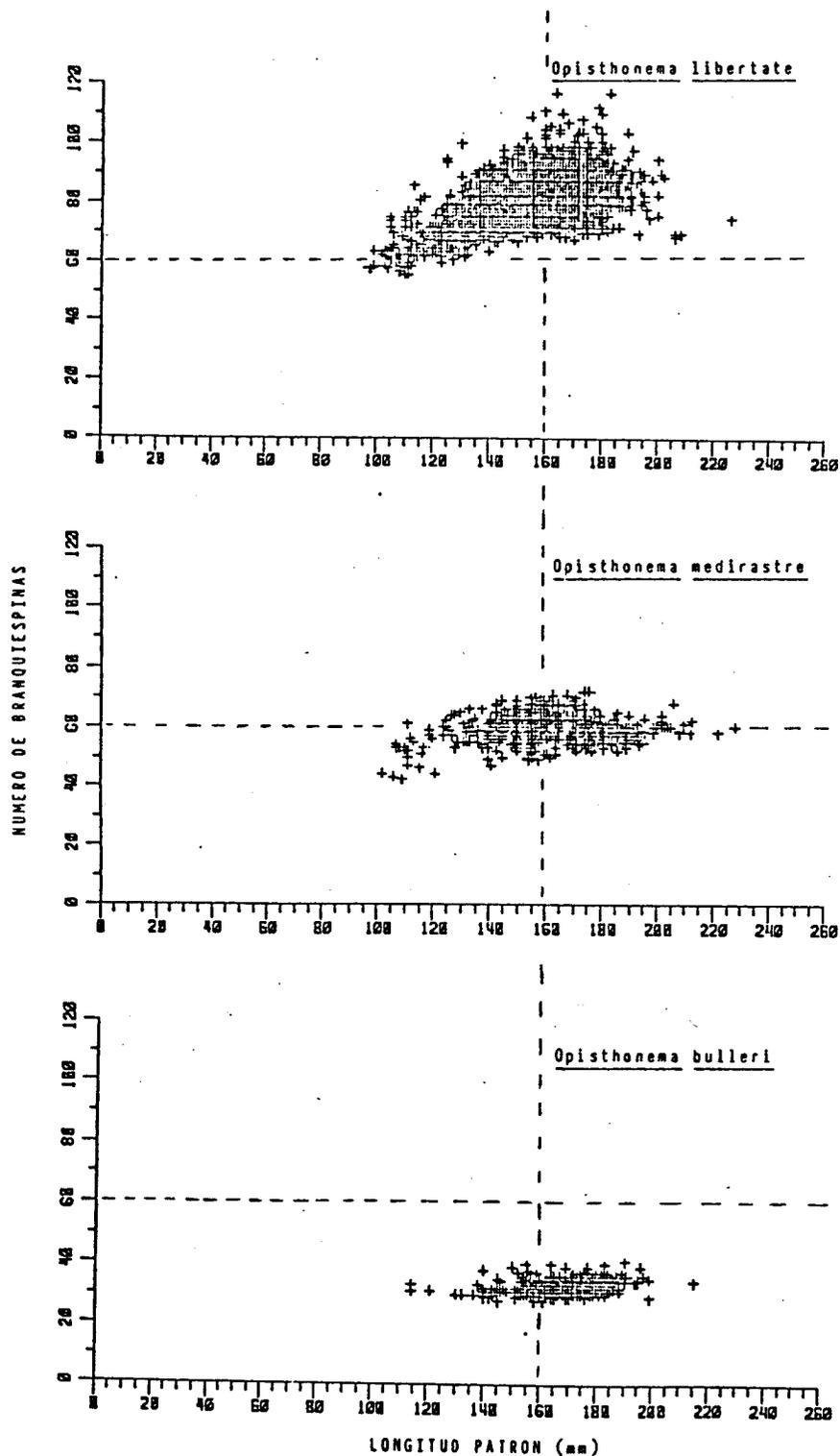


FIGURA 20.

Relación entre número de branquiaspinas y longitud patrón para cada una de las especies de Opisthonema en el NO de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. Las líneas punteadas son de referencia para fines comparativos.

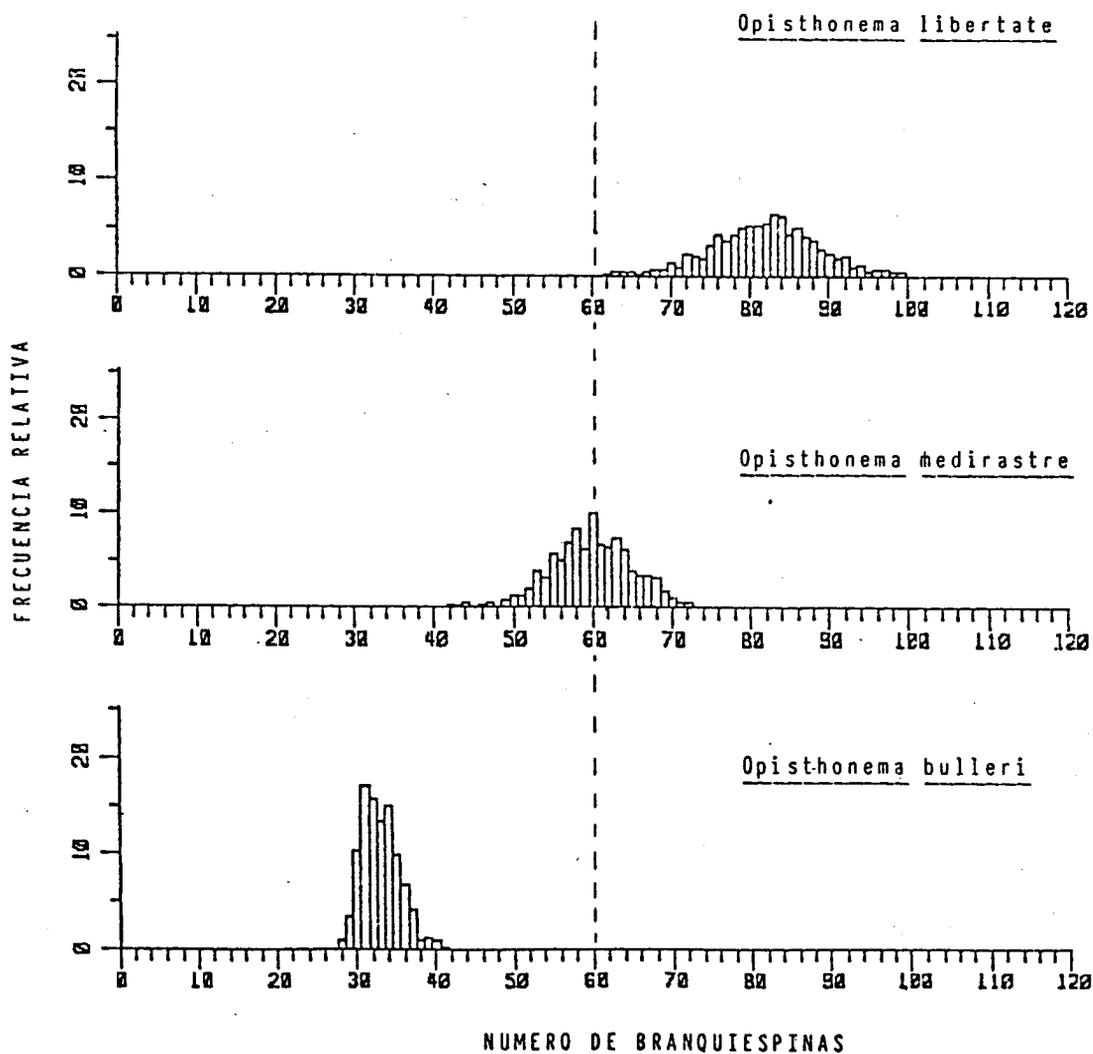


FIGURA 21. Distribución de frecuencias relativas del número de branquiespinas en cada una de las especies de Opisthonema en el NO de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

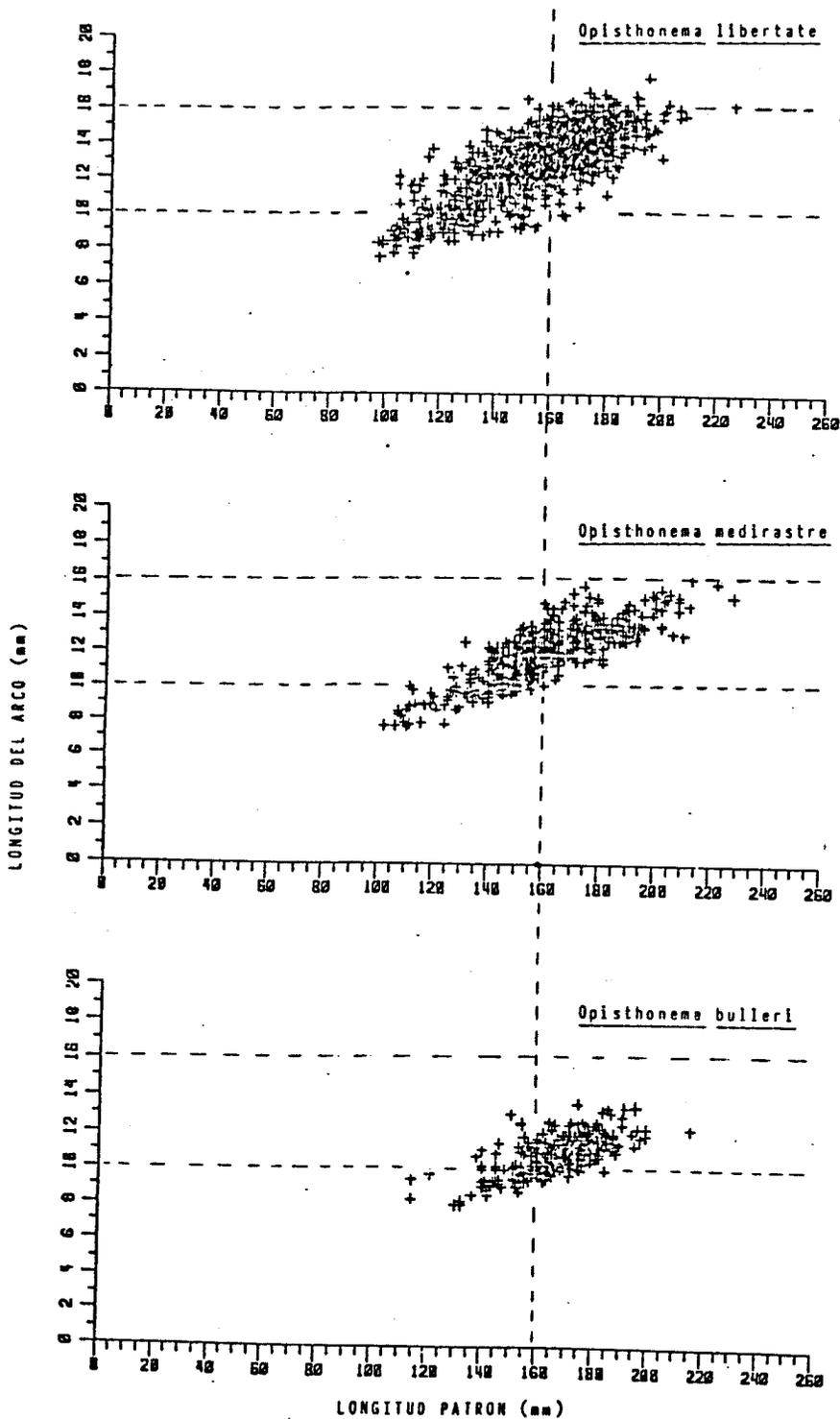


FIGURA 22.

Relación entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón para cada una de las especies. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. Las líneas punteadas son de referencia para fines comparativos.

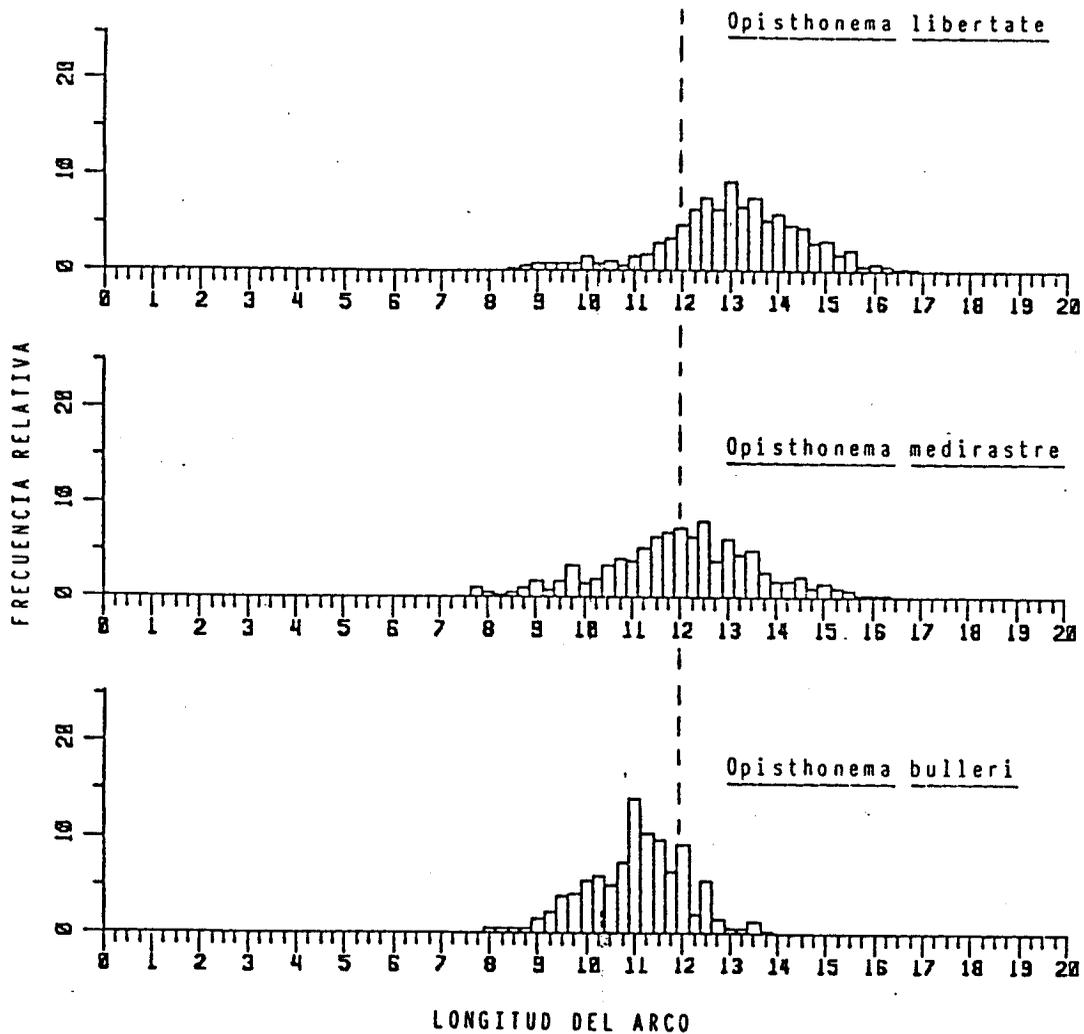


FIGURA 23. Distribución de frecuencias relativas de la longitud del arco ceratobranquial en cada una de las especies. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

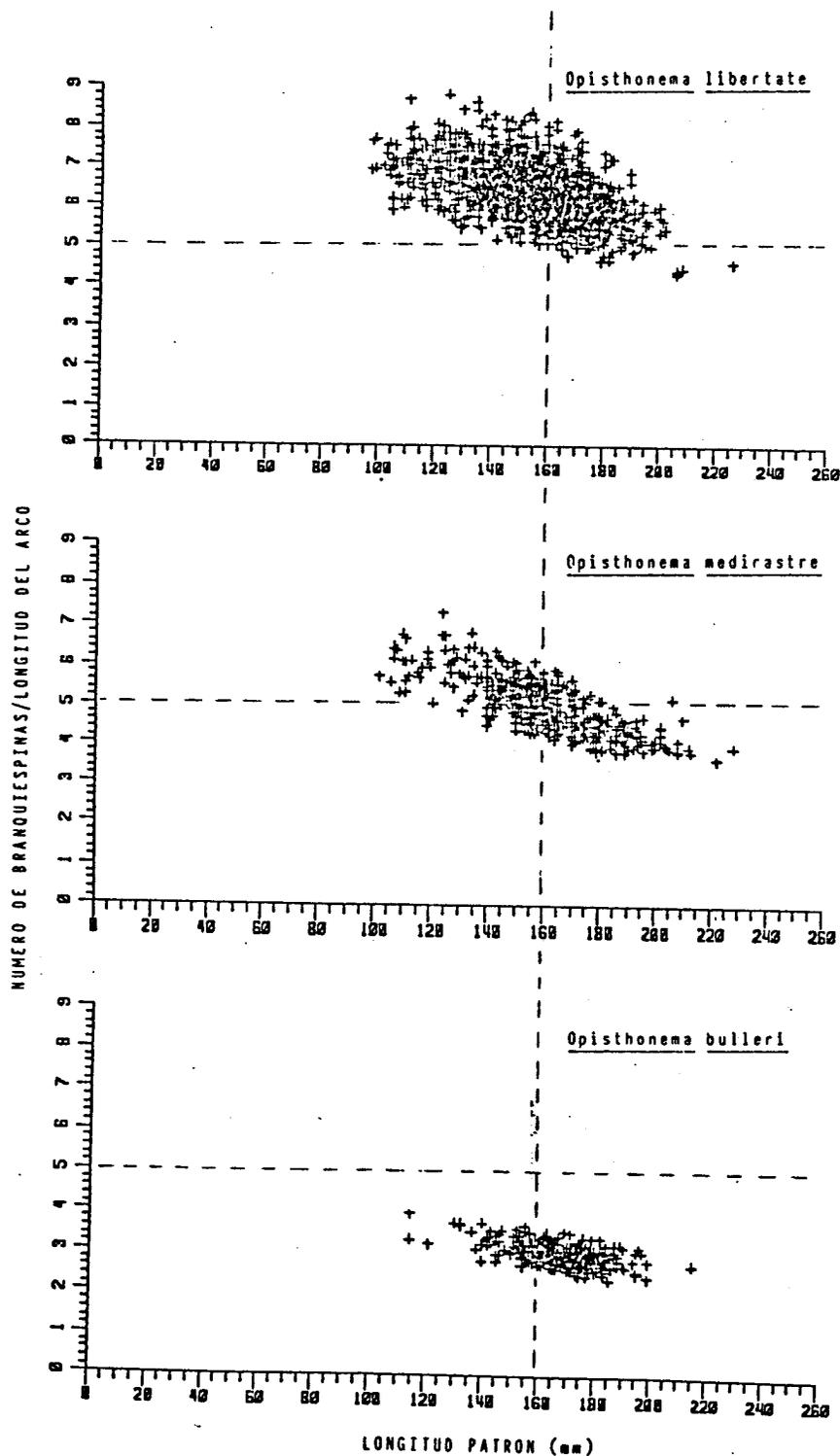


FIGURA 24. Relación entre densidad de branquiespinas y longitud patrón para cada una de las especies. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. Las líneas punteadas son de referencia para fines comparativos.

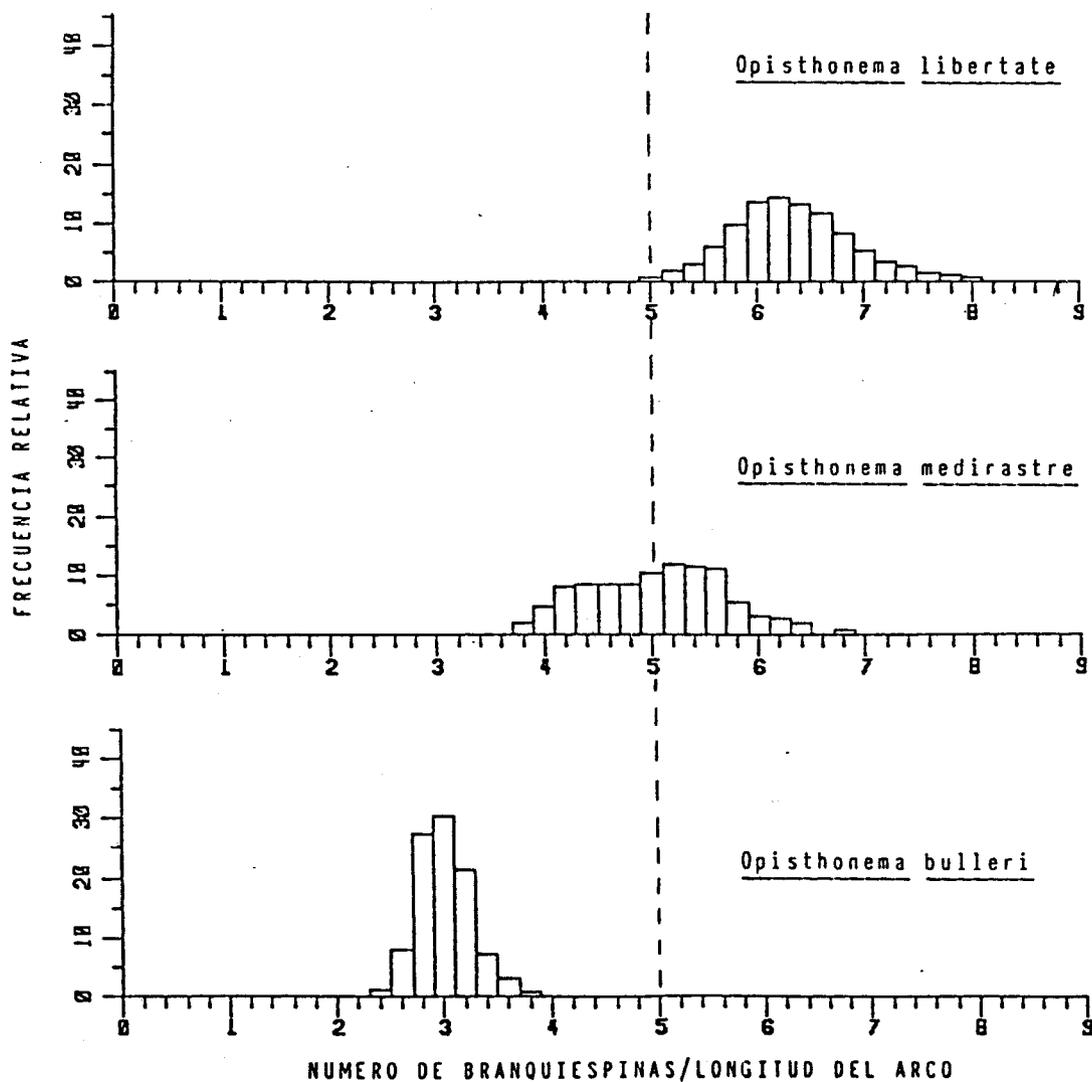


FIGURA 25. Distribución de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas en cada una de las especies. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

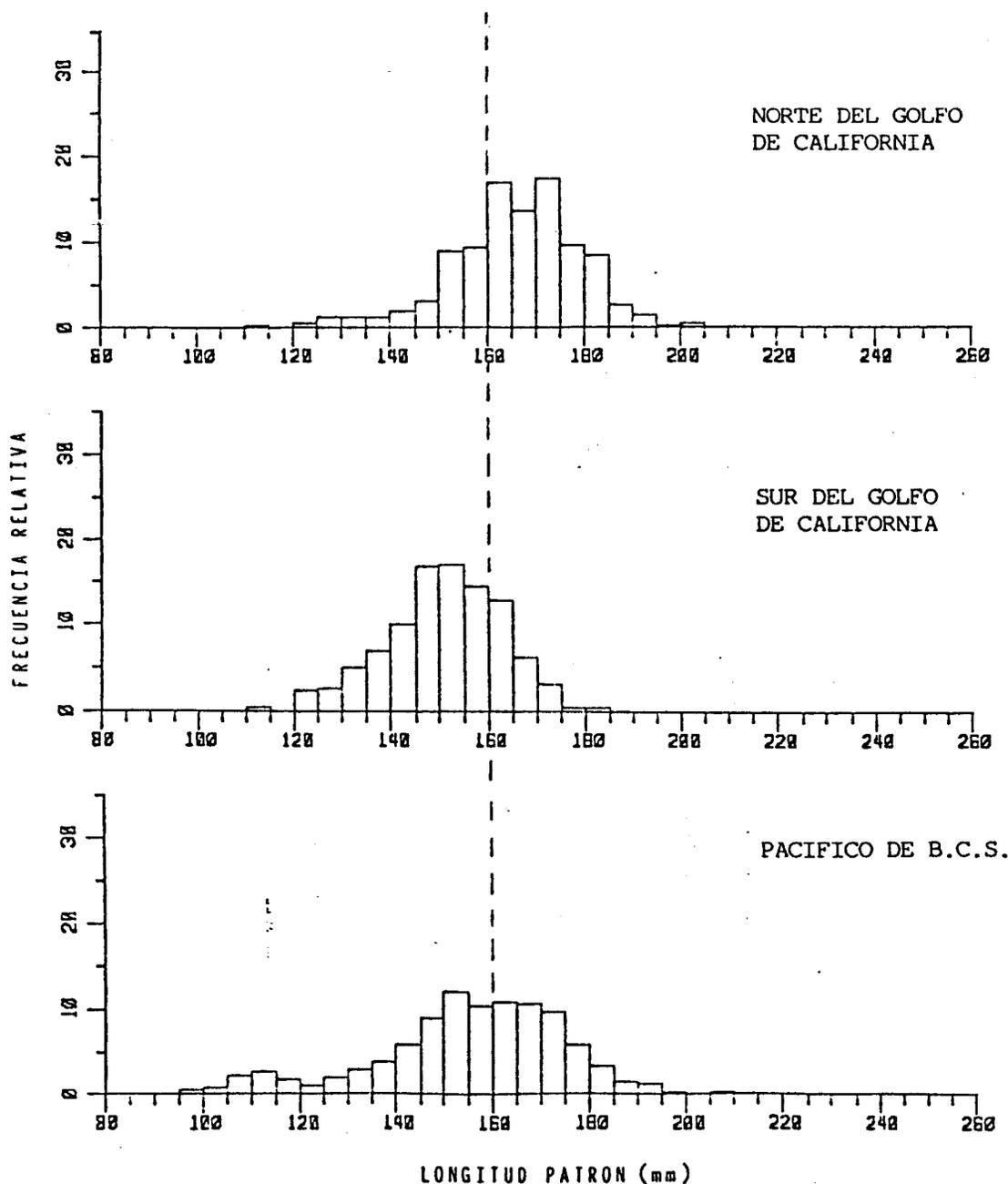


FIGURA 26. Distribución de frecuencias relativas de longitudes de Q. libertate para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. Los ejemplares colectados provienen de la captura comercial. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

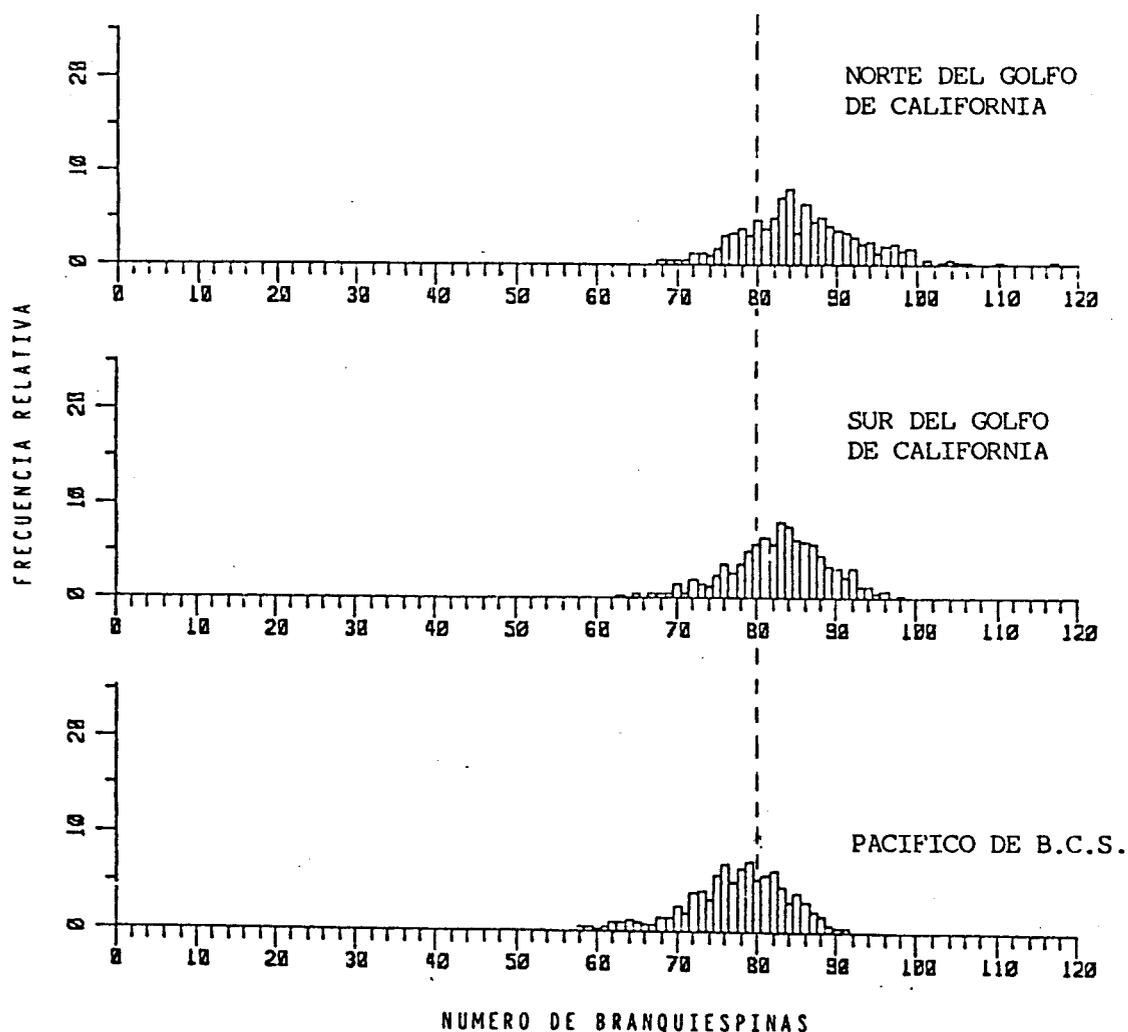


FIGURA 27. Distribución de frecuencias relativas del número de branquiespinas en Q. libertate para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

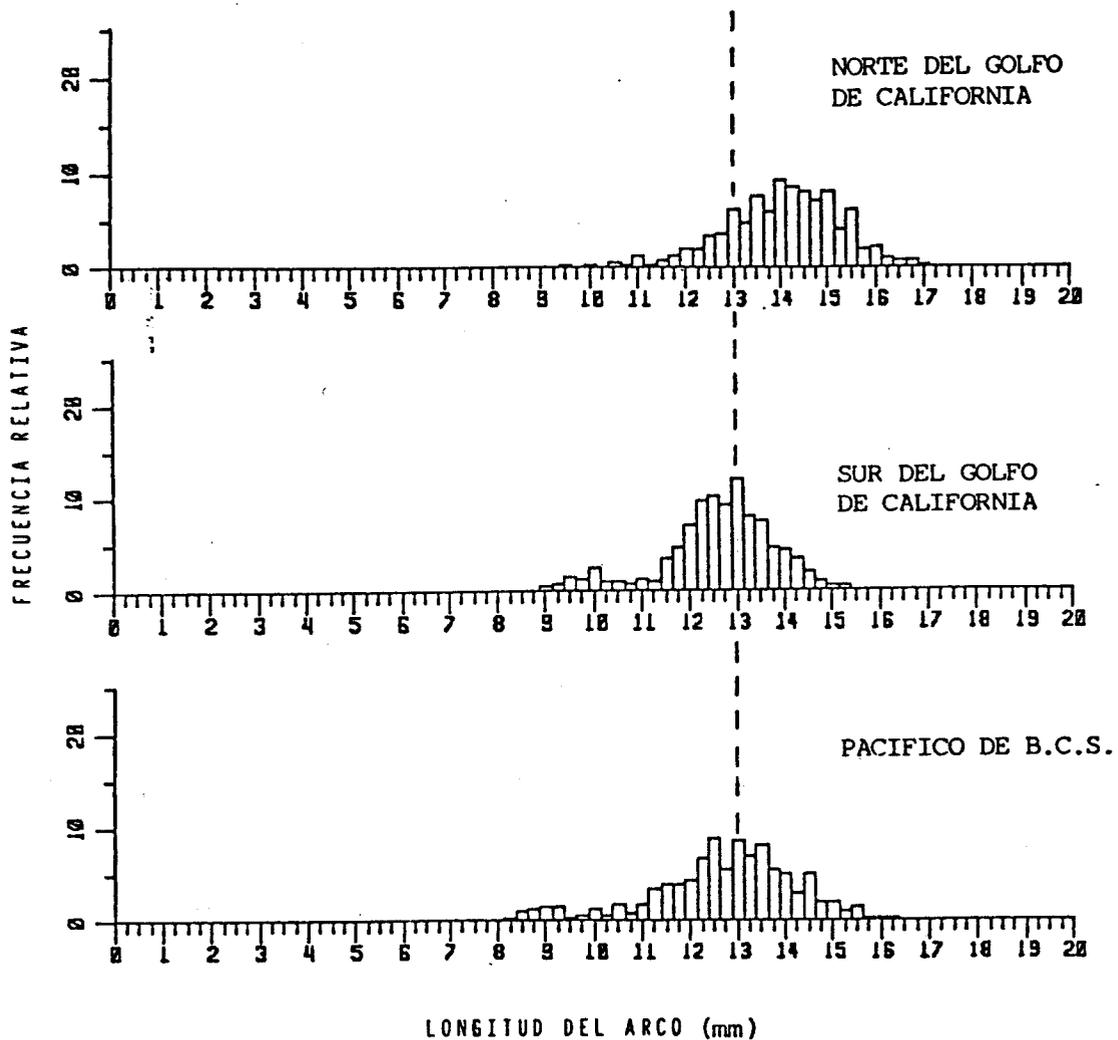


FIGURA 28. Distribución de frecuencias relativas de la longitud del arco ceratobranquial en Q. libertate para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

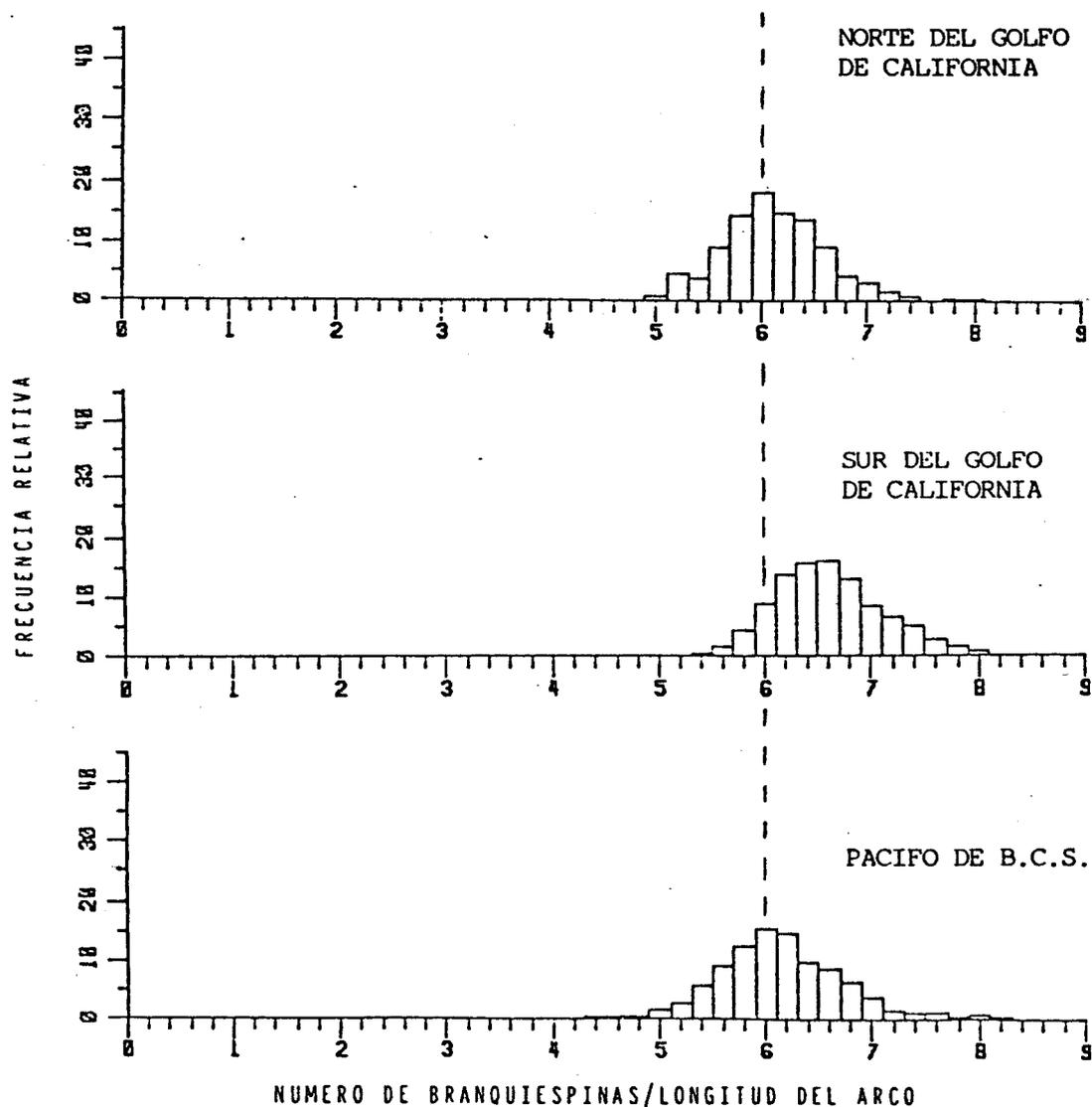


FIGURA 29. Distribución de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas en O. libertate para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

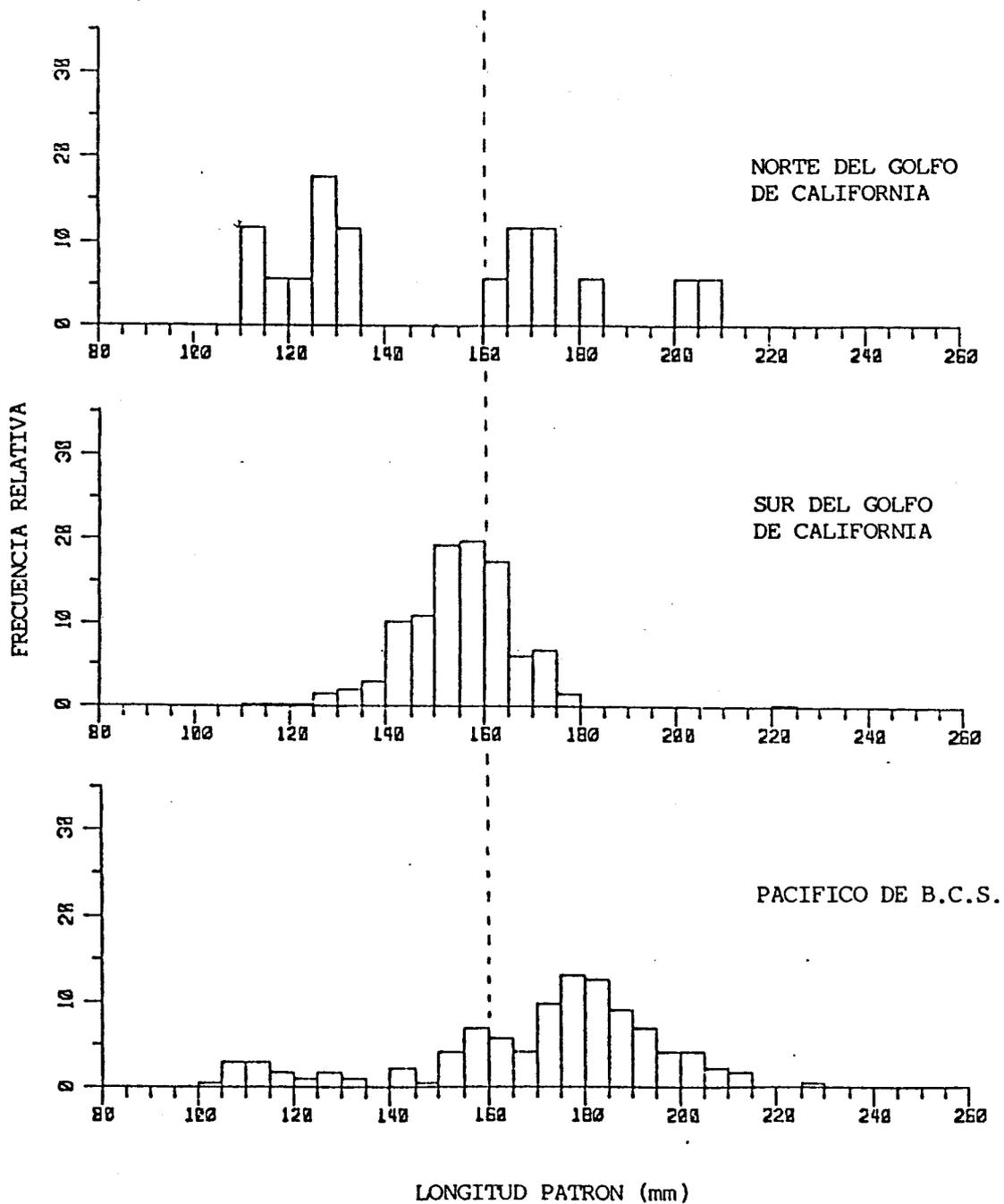


FIGURA 30. Distribución de frecuencias relativas de longitudes de D. medirastre para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. Los ejemplares colectados provienen de la captura comercial. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

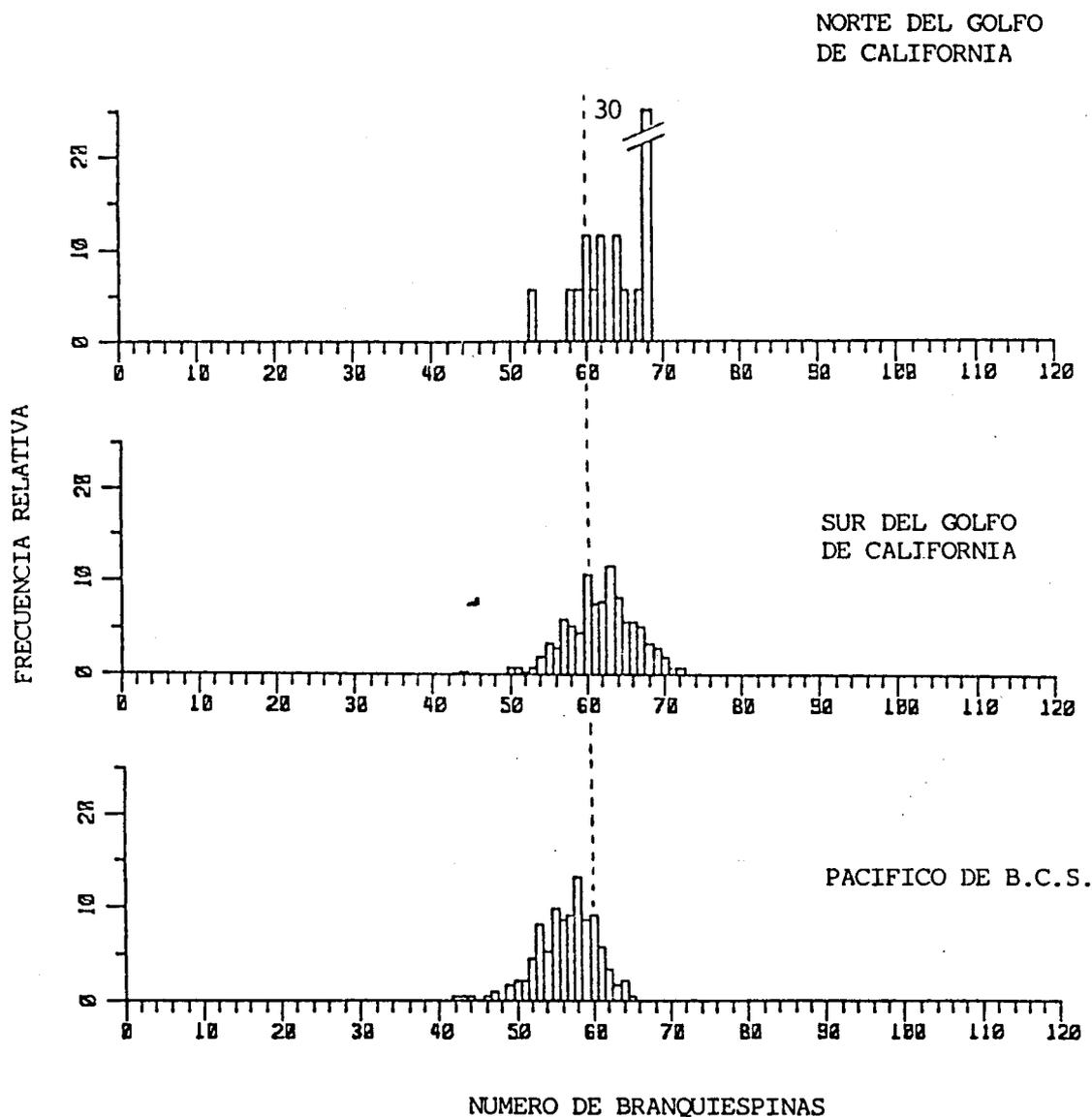


FIGURA 31. Distribución de frecuencias relativas del número de branquiespinas en O. medirastre para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

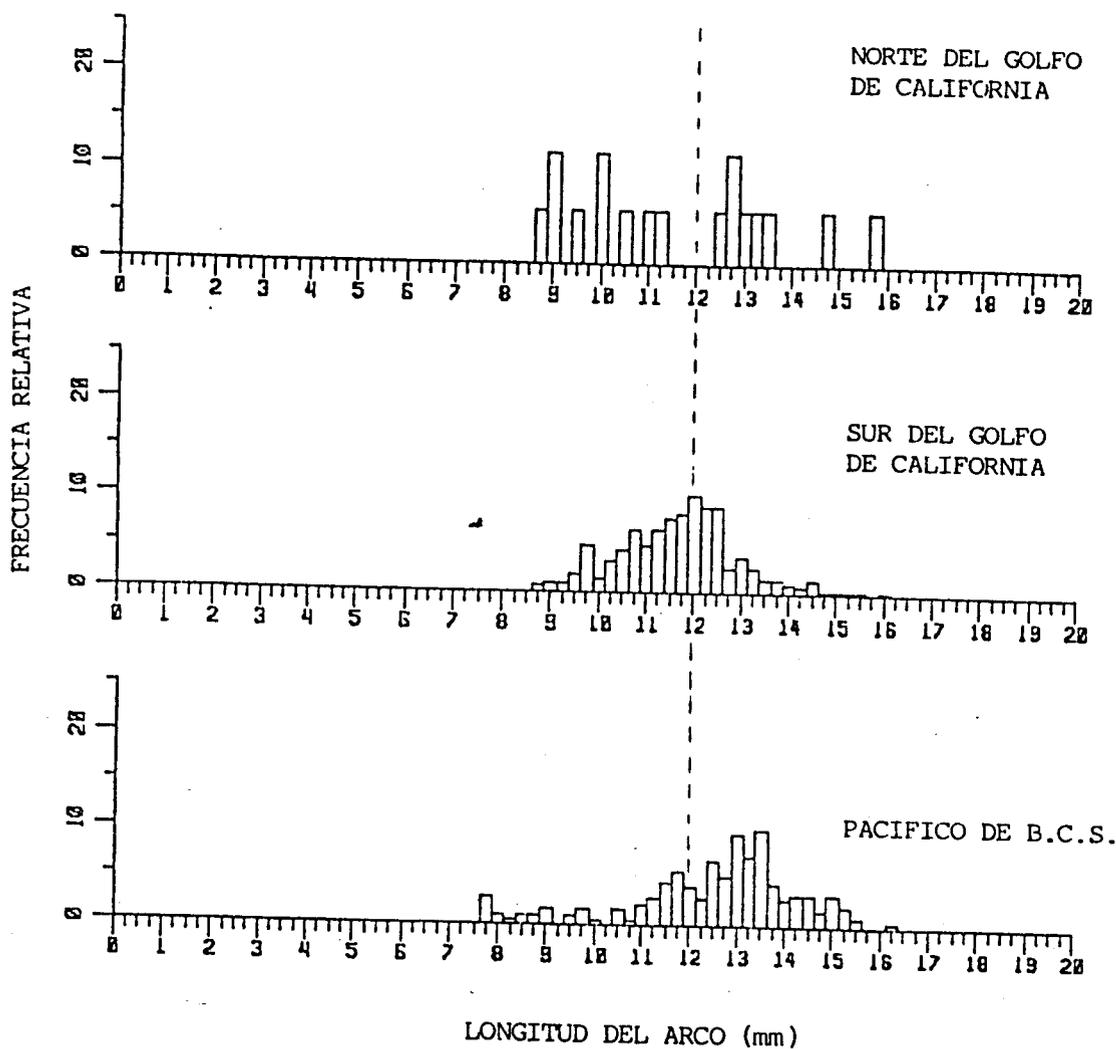


FIGURA 32. Distribución de frecuencias relativas de la longitud del arco ceratobranquial en *O. medirastre* para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

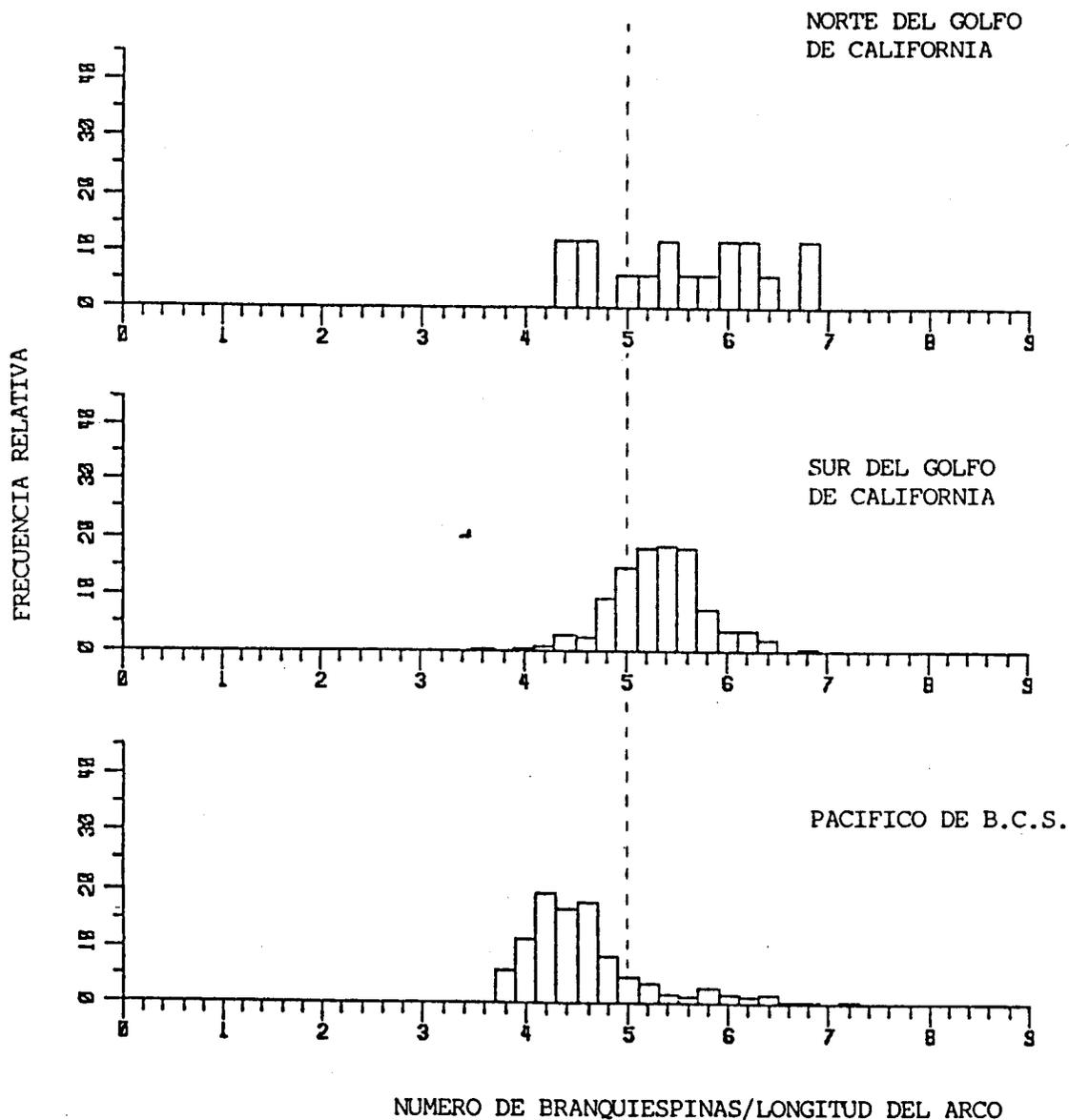


FIGURA 33. Distribución de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas en O. medirastre para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

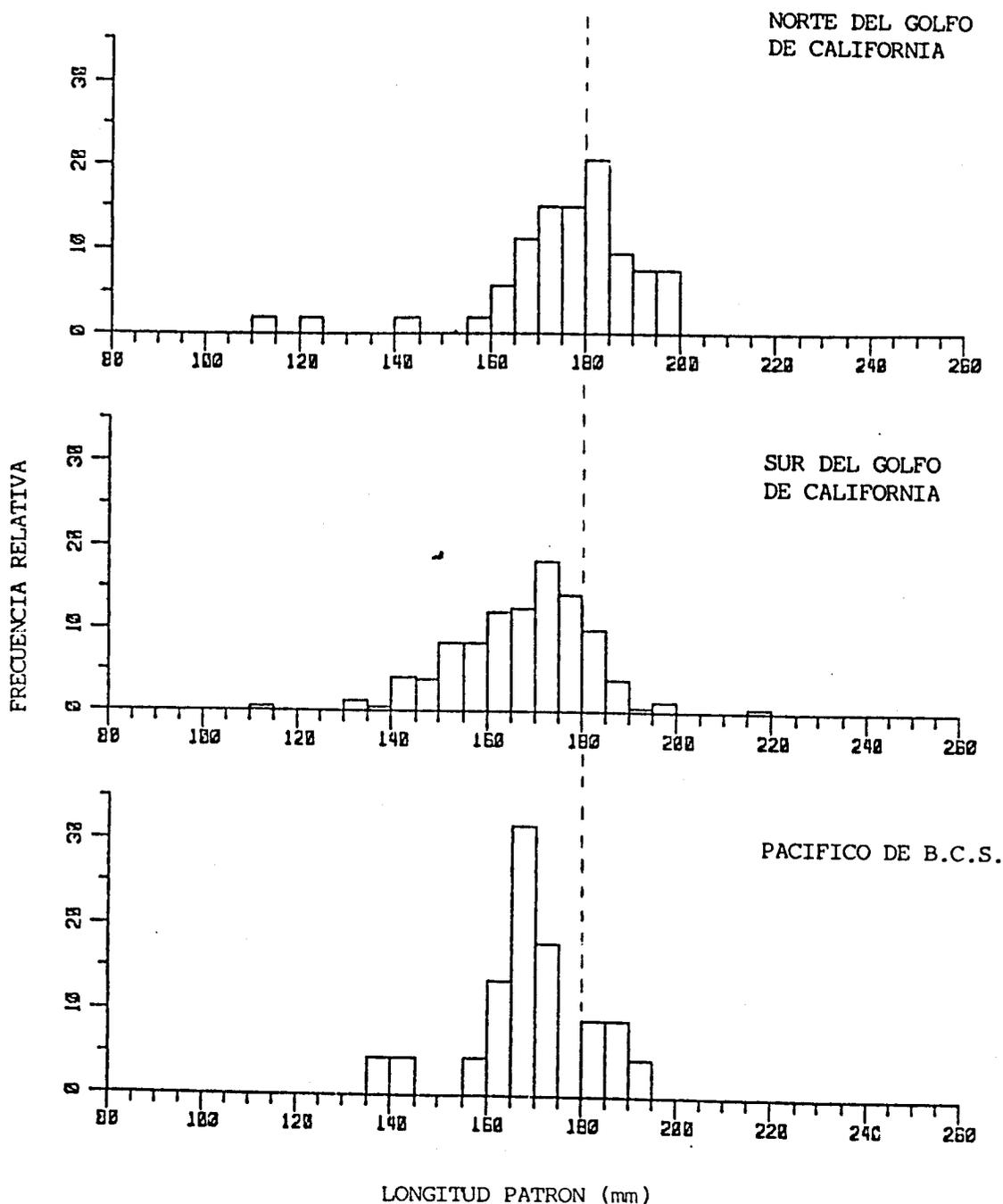


FIGURA 34. Distribución de frecuencias relativas de longitudes de Q. bulleri para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. Los ejemplares colectados provienen de la captura comercial. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

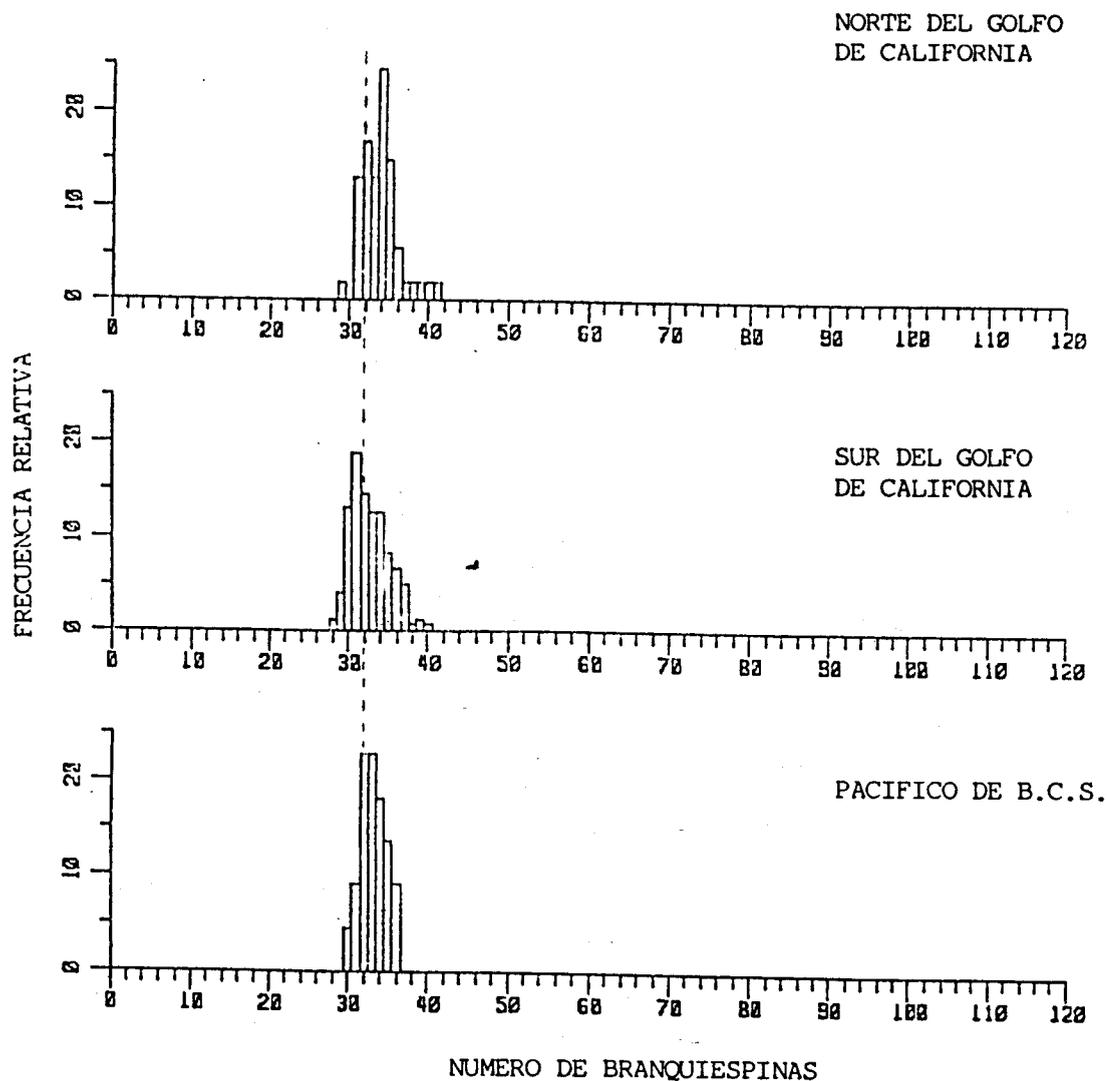


FIGURA 35. Distribución de frecuencias relativas del número de branquiespinas en *O. bulleri* para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

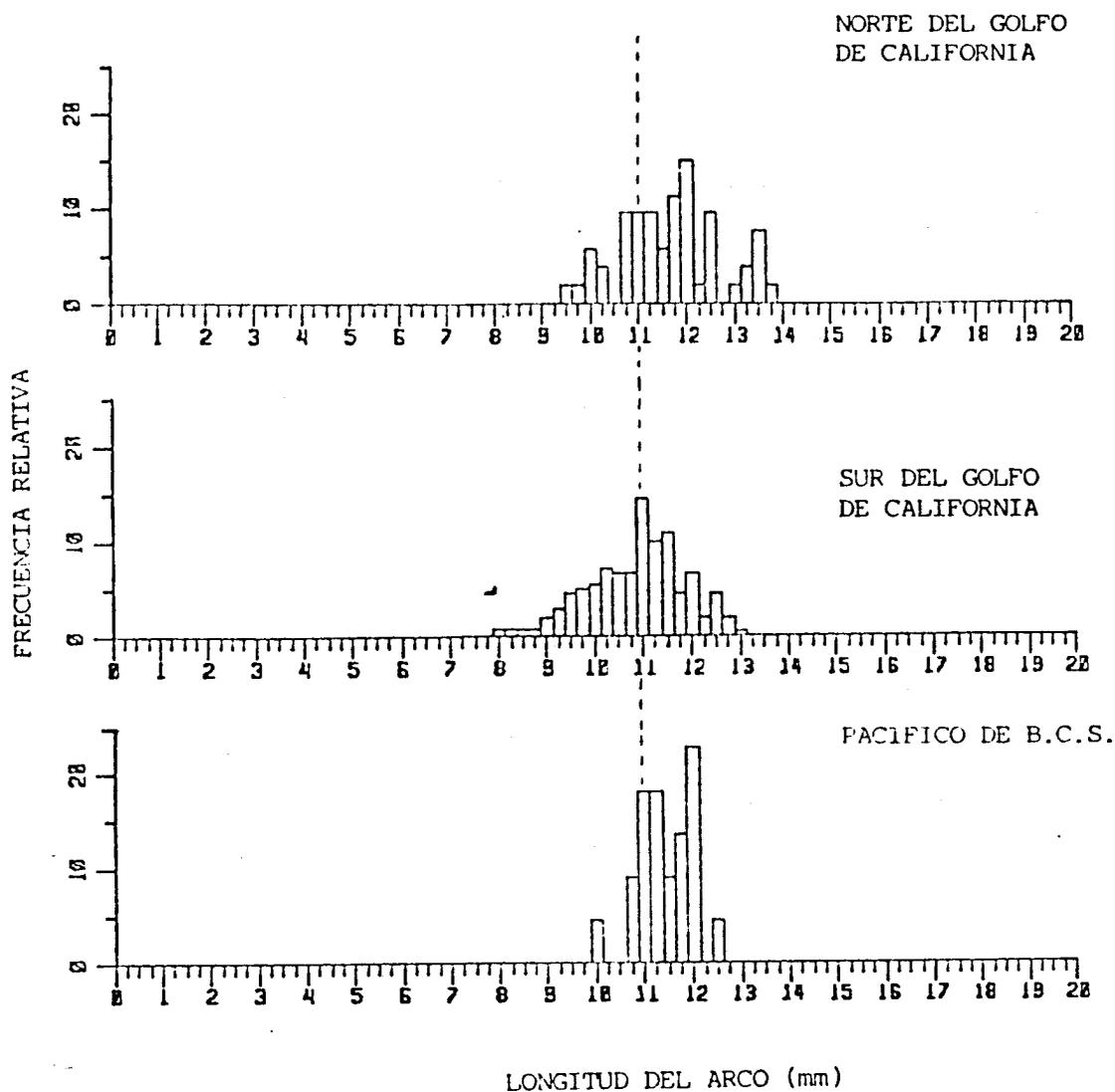


FIGURA 36. Distribución de frecuencias relativas de la longitud del arco ceratobranchial en *O. bulleri* para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

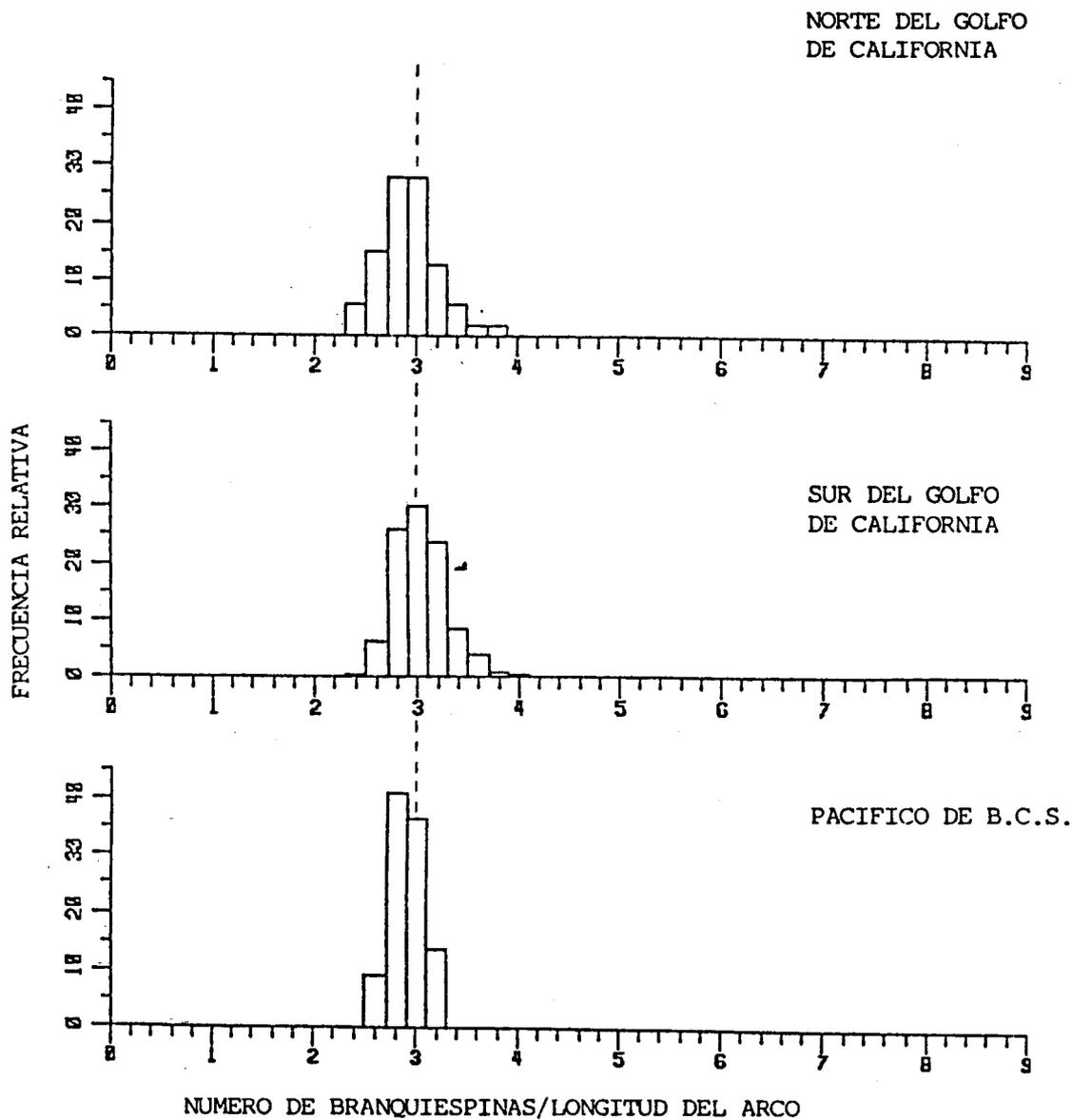


FIGURA 37. Distribución de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas en *Q. bulleri* para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

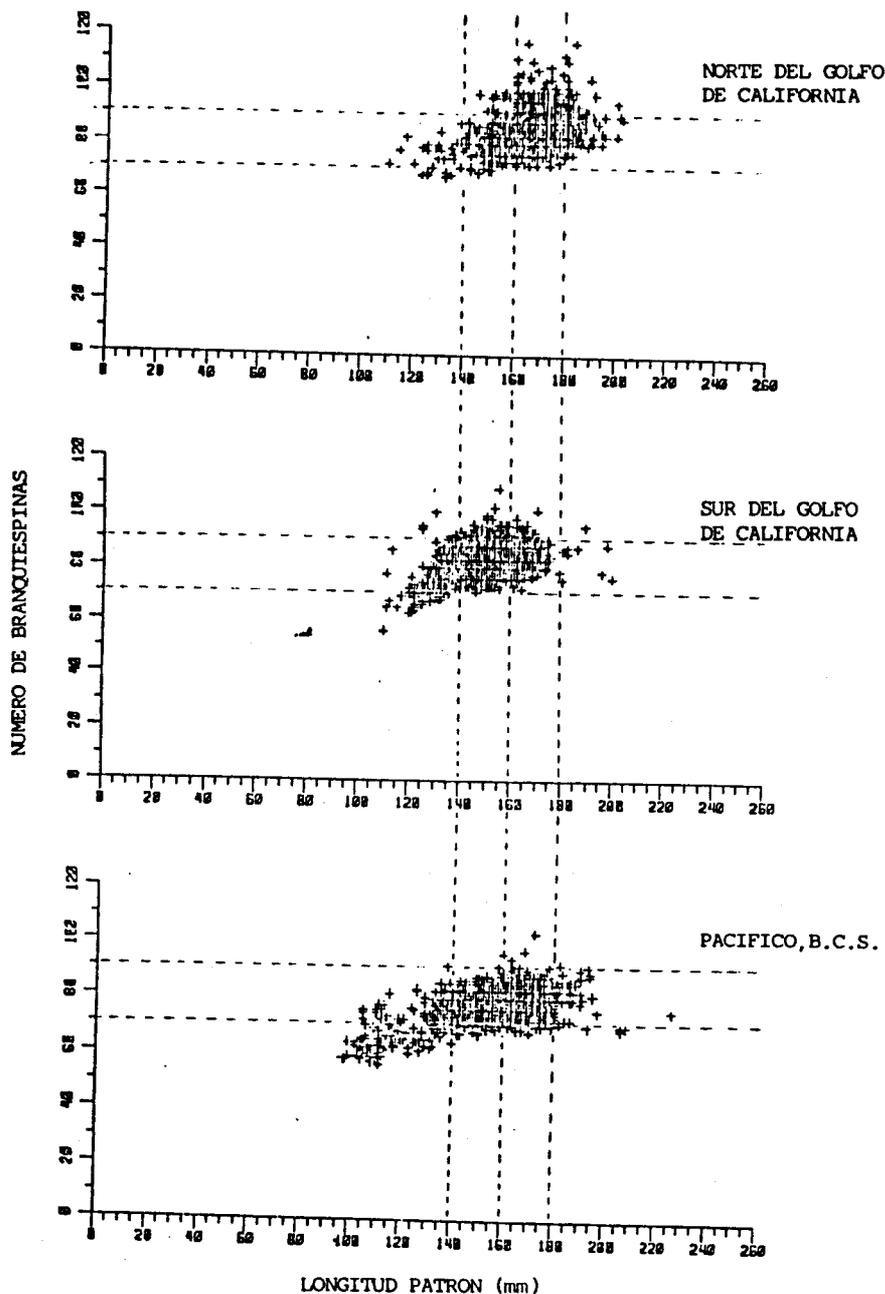


FIGURA 38.

Relación entre número de branquiespinas y longitud patrón de O. libertate dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.

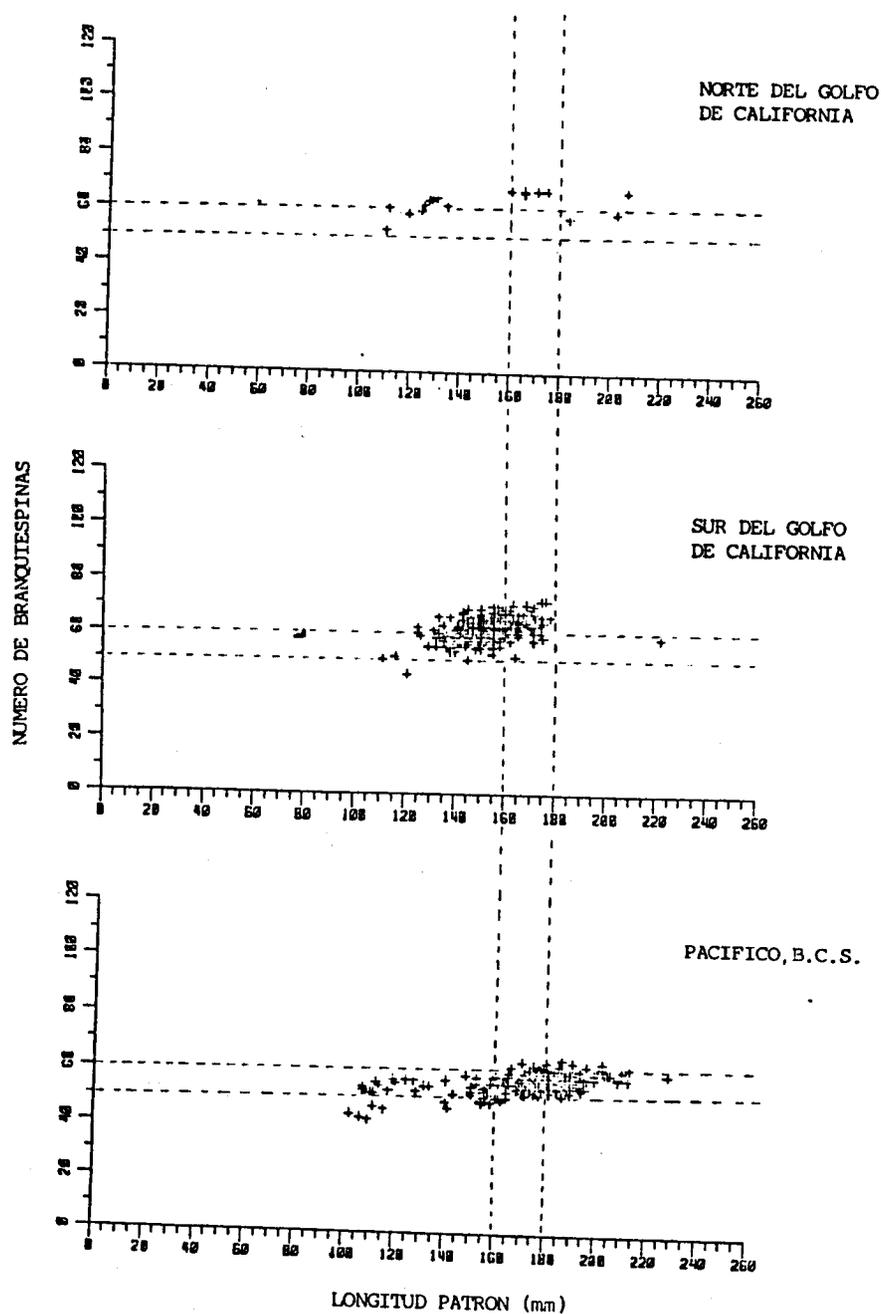


FIGURA 39.

Relación entre número de branquiespinas y longitud patrón de Q. medirastre dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.

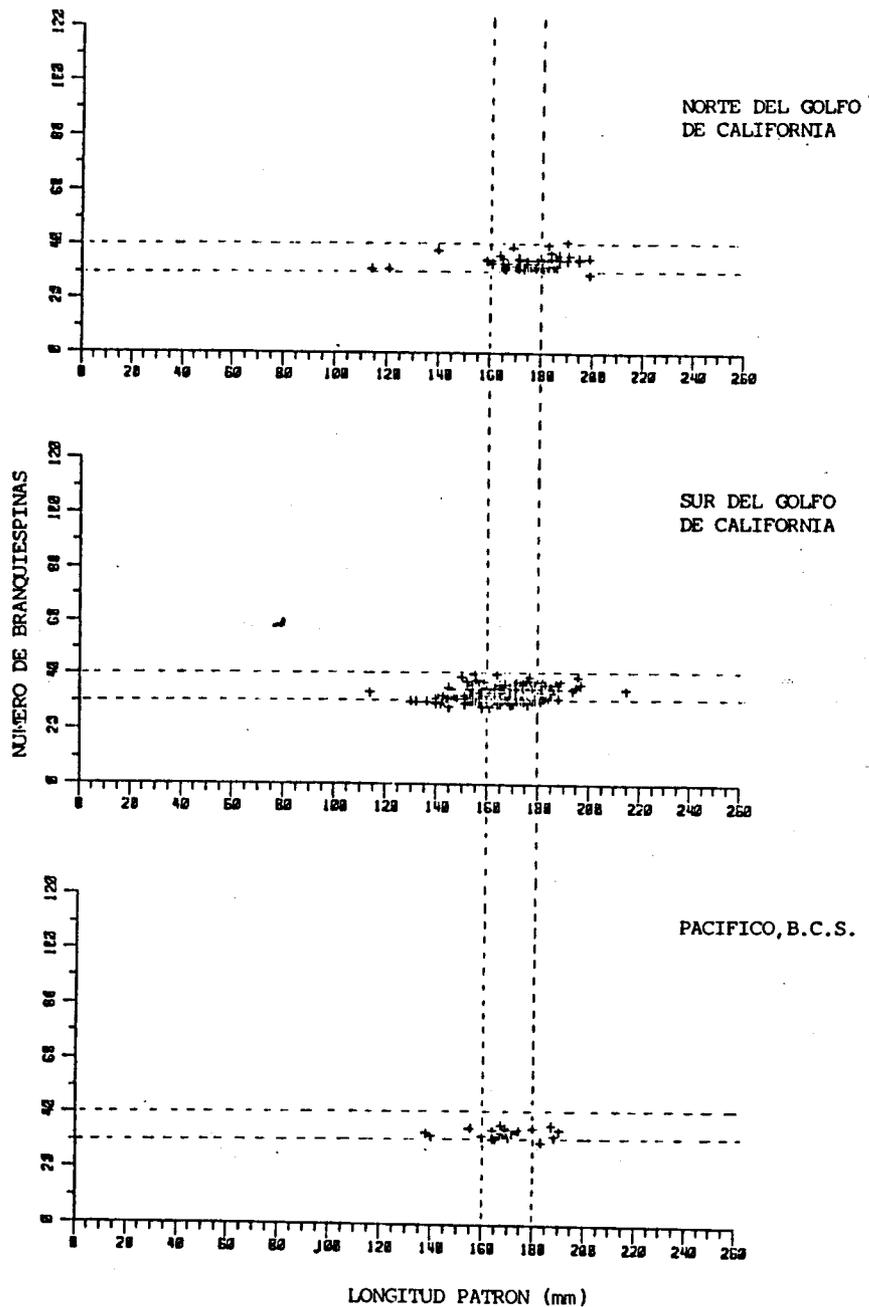


FIGURA 40. Relación entre número de branquiespinas y longitud patrón de *O. bulleri* dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.

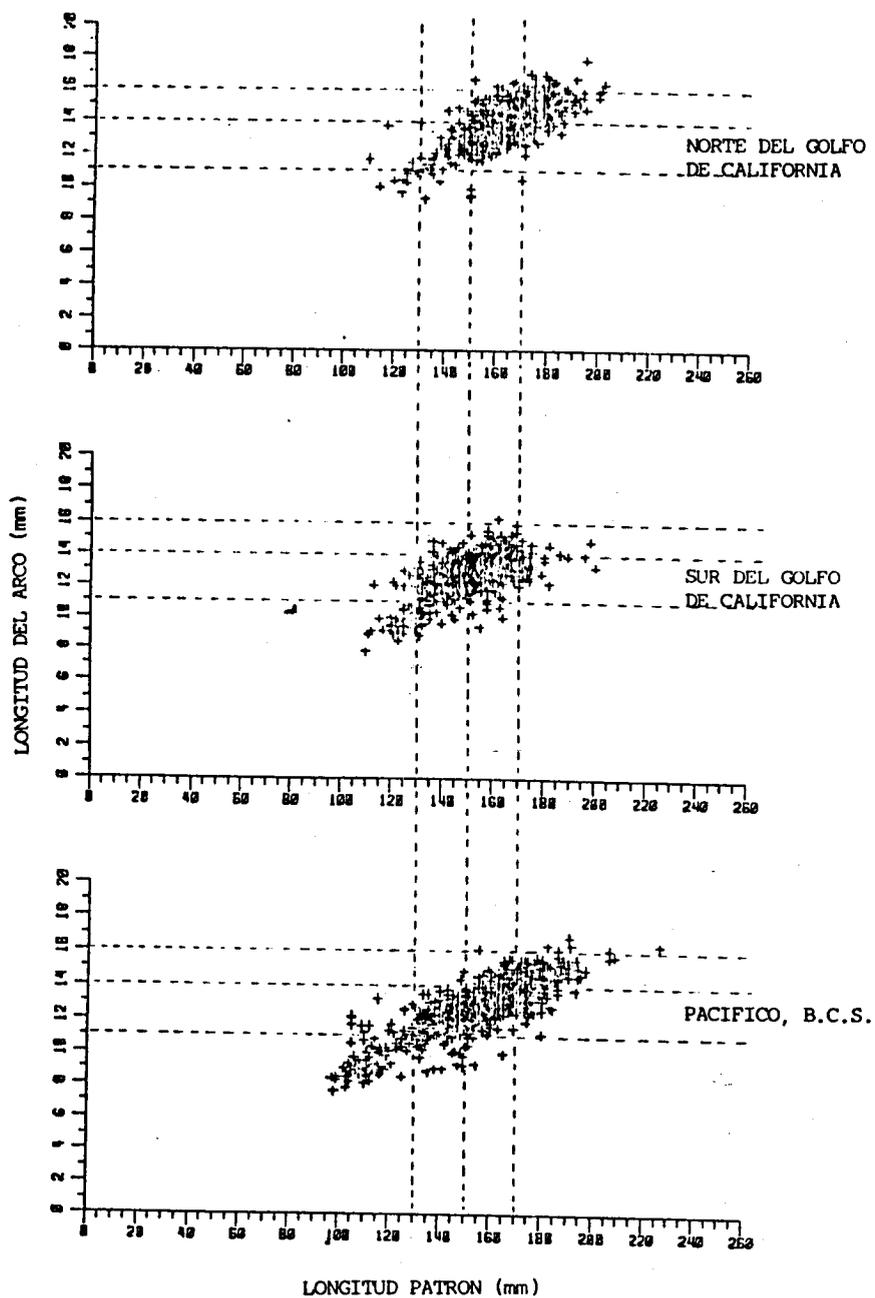


FIGURA 41. Relación entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón de *Q. libertate* dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.

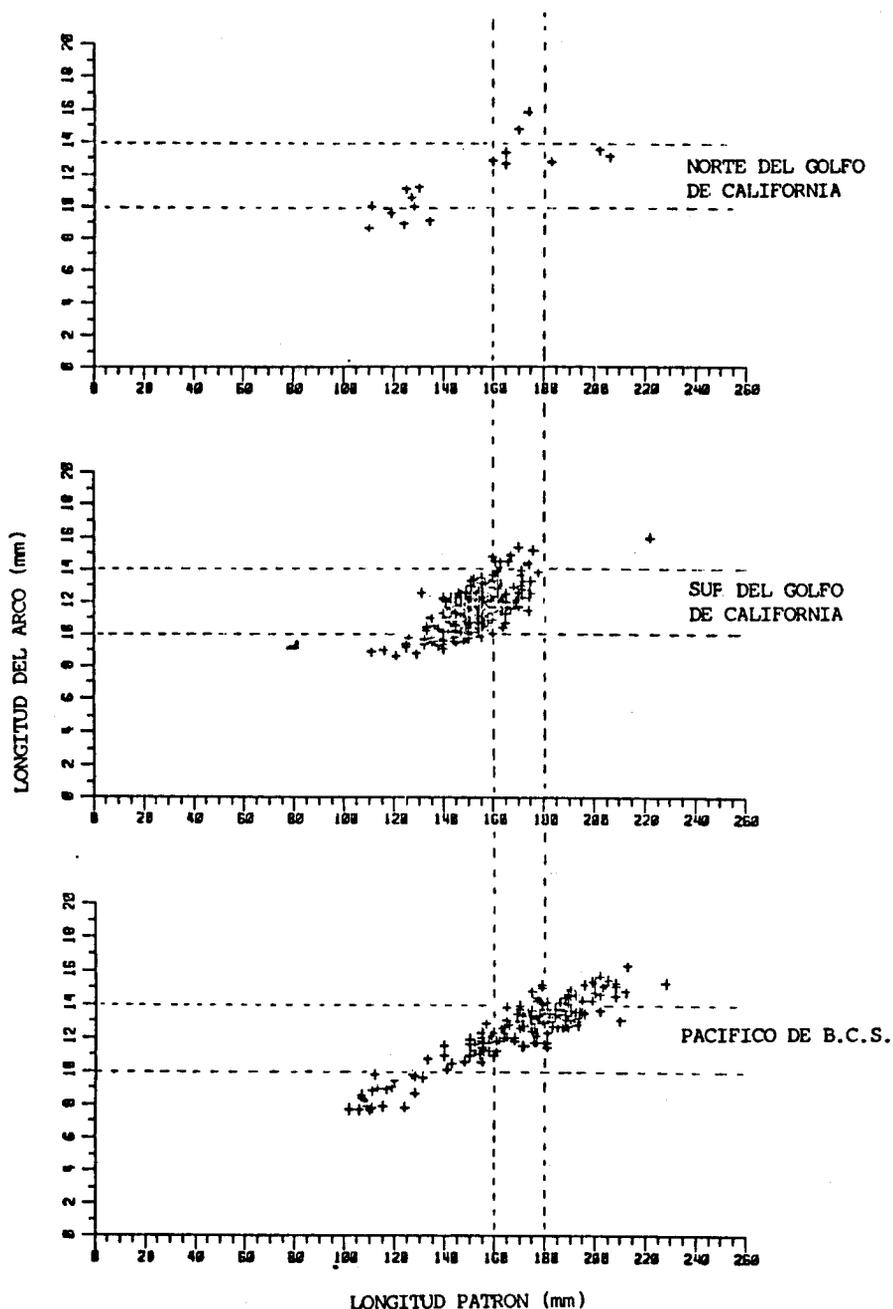


FIGURA 42.

Relación entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón de *O. medirastre* dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.

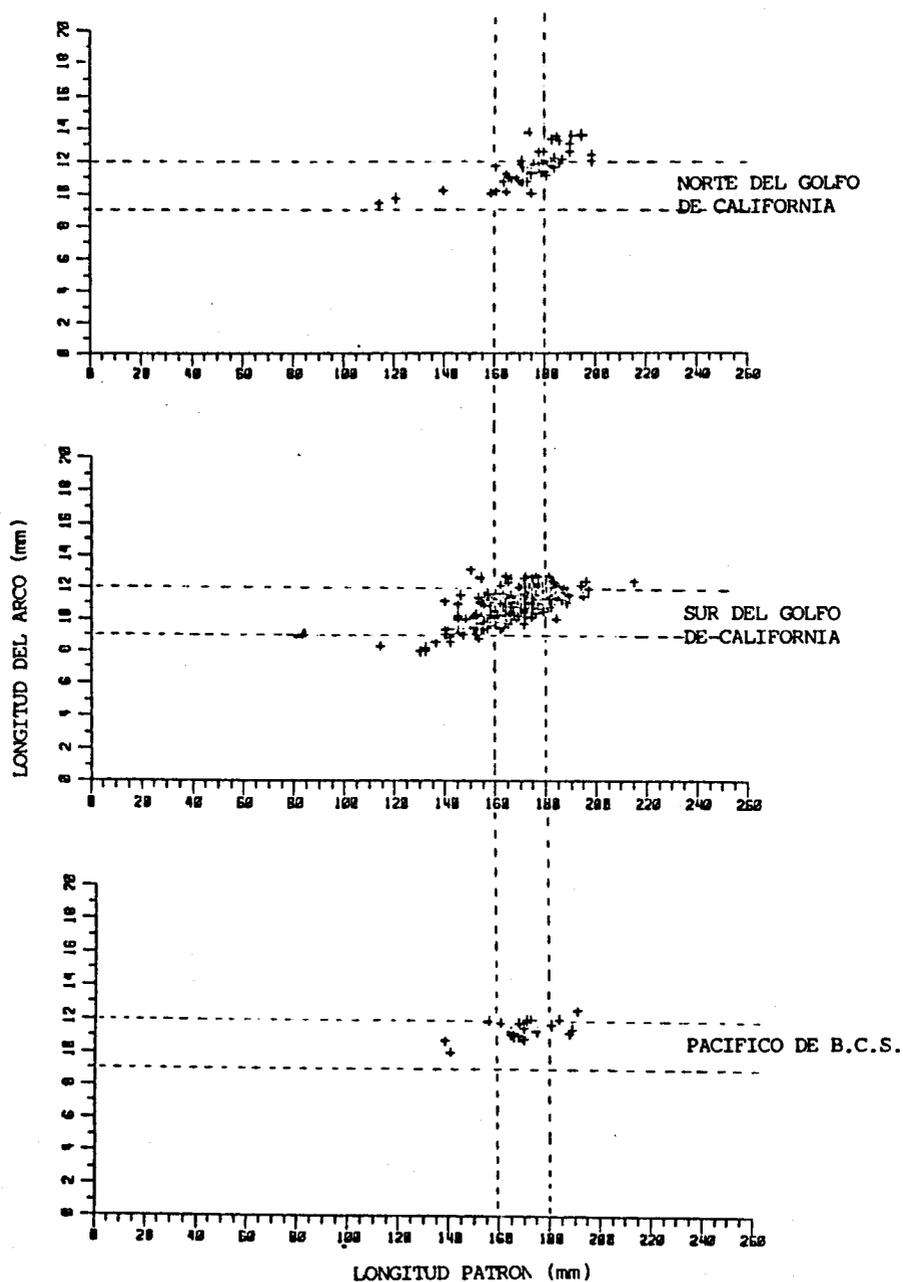


FIGURA 43. Relación entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón de Q. bulleri dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.

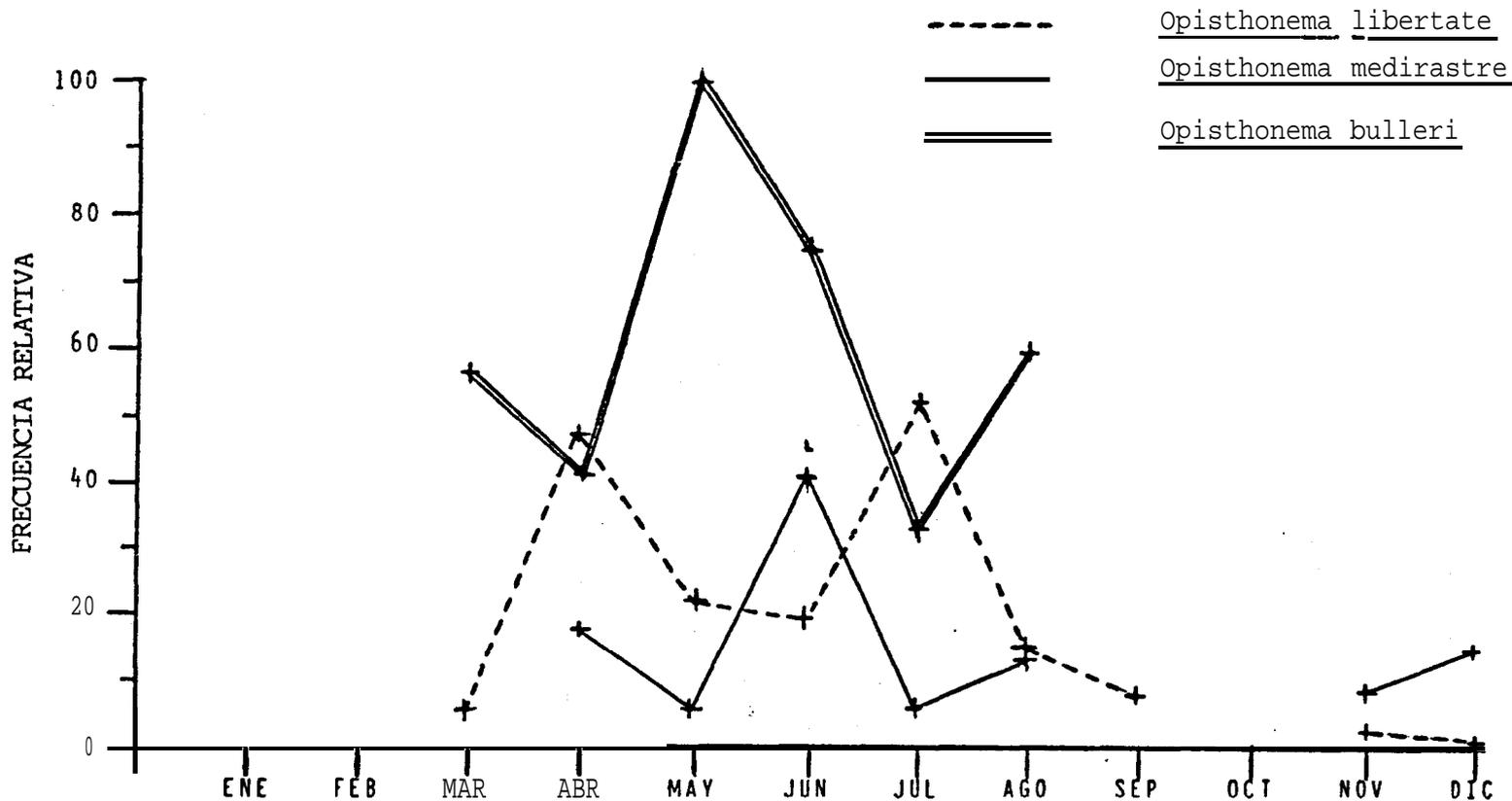


FIGURA 44. Ciclos de reproducción en un año promedio de las **especies** de Opisthonema en el NO de **México**. Cada uno 'obtenido a través de las frecuencias relativas mensuales del estadio morfochromático de madurez **avanzada** reportado en las hembras muestreadas. La **separación** específica se realizó por medio del **método** tridimensional.

## 5. DISCUSION

### 5.1 MARCO DE REFERENCIA

La cada vez más importante pesquería de sardina crinuda en el NO de México y la posibilidad de su explotación en nuevas áreas de pesca como el Golfo de Tehuantepec (Anónimo, 1986), creó la necesidad de llevar a cabo estudios relativos a estas especies que, si bien son reconocidas como de importancia comercial por los volúmenes de captura que aportan a nivel nacional, las investigaciones encaminadas a brindar las bases biológicas para su administración racional no existen y uno de los problemas principales inherentes a su estudio es el de la identificación y separación de las especies que conforman al recurso crinudo.

Para lograr tales bases biológicas de administración se necesita conocer primeramente qué se pesca (identificación específica), para que se puedan realizar estudios que resuelvan el cómo y cuánto pescar durante el mayor tiempo posible y con los mejores rendimientos. Aunque este problema ha sido reconocido desde los primeros estudios de estas especies en México (Castro, 1970; Paéz, 1976) durante mucho tiempo no se habían realizado estudios relativos a revisar este problema o a tratar de solucionarlo. En un trabajo anterior (Rodríguez, 1985), mediante el análisis morfológico de ejemplares colectados en el Golfo de California se cuestionó la validez taxonómica de O. medirrastreg posteriormente López (1986), mediante análisis electroforético de ejemplares colectados en la costa Pacífica de Baja California y en el Golfo de California, no encontró diferencias alélicas significativas entre las especies de Opisthonema. Sin embargo, Hedgecock et al. (1988), sobre la base de análisis electroforéticos y de estadística multivariada de la morfometría de estas especies, confirmaron la existencia de tres especies simpátricas en aguas del Pacífico norte mexicano. No obstante, la preidentificación de los organismos analizados sobre la base de las consideraciones de Berry y Barrett (1963), pudo originar sesgos a sus resultados. Además, los métodos utilizados, por demás complejos y poco accesibles (equipo de electroforésis y computadoras), no permiten una identificación práctica de los organismos colectados.

En el presente estudio la validez taxonómica de las tres especies no es cuestionada, por el contrario, es apoyada sobre la base de la biología de las especies bajo las consideraciones establecidas por Mayr (1948). La metodología propuesta por Berry y Barrett (op. cit.) para identificar y separar a las especies es analizada, se propone una metodología que satisface la separación de las especies y que puede ser utilizada más fácilmente.

## 5.2 METODO DE BERRY Y BARRETT

El número considerable de organismos analizados comparativamente con el número utilizado por Berry y Barrett (1963) (ver Fig. 2 vs. Fig. 4A), permitid distinguir que uno de los problemas de la separación específica sobre la base de los criterios de Berry y Barrett, radica en la amplia variabilidad en el número de branquiespinas que se observa a cualquier longitud (Fig. 4A), y que hace sólo distinguibles dos grupos de organismos basandose en esta relacion. Sin embargo, la **composición** relativa del número de branquiespinas que presentan los organismos aqui analizados de esta **región** revela la presencia de tres grupos cuyas modas se presentan a las 31, 60 y 83 branquiespinas. El primer grupo (*O. bulleri*) se encuentra claramente definido, pero los otros dos son difícilmente separables, es decir, *O. medirastre* de *O. libertate*.

Hay que señalar que,, si bien el método original propuesto por Berry y Barrett (op. cit.), es el uso de la clave **numérica**, de no existir **ésta** la identificación de organismos debería de realizarse en forma comparativa con las observaciones de estos autores (perfiles **gráficos**), por lo cual se consideró apropiado utilizarlos como **método** de identificación. Otro de los problemas que presenta la metodología de Berry y Barrett, y que puede ser el mas grave, es la **faltá** de consistencia en sus **resultados**; es decir, si bien basan y definen la presencia de tres especies sobre la base de sus observaciones de **número** de branquiespinas en relacion a la longitud **patrón** y discuten un **clinal** en el número de branquiespinas entre otras cosas, la clave **numérica** para la **identificación** practica de las especies que ellos proponen no es coherente con sus observaciones (perfiles **gráficos**).

Los problemas antes señalados son evidentes al aplicar estas metodologías en nuestras observaciones, ya que del total de individuos analizados sólo el 85.51% de ellos fueron identificados utilizando la clave **numérica** y el 77.85% cuando se usaron los perfiles **gráficos**. Debido a la amplia variabilidad que se presenta en el número de branquiespinas en cualquier longitud, un porcentaje considerable de organismos no queda incluido dentro de los límites establecidos para cada una de las especies por **cuquiera** de ambos **métodos**. Sin embargo, puede suponerse que los grupos de organismos no identificados superior e inferior de las figuras 6B y 8B podrian asignarse a *O. libertate* y a *O. bulleri* respectivamente. No obstante, el problema en la asignación específica de los individuos localizados en el grupo intermedio entre *O. libertate* y *O. medirastre*, es insalvable, ya que en el caso de usar la clave **numérica** es un 5.36% del total de individuos analizados y un 19.6% cuando se usan los perfiles **gráficos**. Comparando nuestras observaciones con las de Berry y Barrett, se tiene un problema significativo de **asignación** específica. Por otro lado, la **asignación obtenida** para un mismo individuo por- un **método** y el otro, en el 31.48% de los casos no fue la misma por los dos **métodos** (Fig. 10). De estos cambios de **asignación**, el problema mayor se presenta cuando el mismo individuo es identificado como perteneciente a una especie con un

método y a otra especie con el otro. Del total de ejemplares identificados con los dos métodos mencionados, el 0.93% **cambió** de especie, y este cambio se **presentó** en su totalidad en la **identificación** entre Q. libertate y Q. medirastre. En la figura 10, se observa que del total de individuos identificados como Q. medirastre por medio de los perfiles gráficos, el 7.21% se **identificó** como Q. libertate por medio de la clave **numérica** y constituyen el 1.26% del total de individuos identificados como Q. libertate por medio de la clave **numérica**.

Esta falta de consistencia se debe a que los límites que definen y separan a las especies (Fig. 12), no son los mismos que se encuentran tabulados (Fig. 11), lo cual se puede apreciar comparativamente en la figura 13, en la que se observan **áreas** de solapamiento entre los límites de Q. libertate y Q. medirastre a longitudes menores de 150 mm y entre Q. medirastre y Q. bulleri a longitudes menores de 60 mm.

Si bien en los resultados se encontró que el 0.93% de los ejemplares **cambió** de especie entre Q. libertate y Q. medirastre utilizando estos **métodos**, este porcentaje fue bajo debido a que los ejemplares analizados provinieron de la captura **comercial** y del total de individuos analizados el 75% tuvo longitudes mayores a 150 mm de longitud **patrón** (Fig. 5).

### 5.3 PLANTEAMIENTO DE NUEVAS METODOLOGIAS

La necesidad de resolver la **problemática** en la **separación** de las especies de este género, conllevó a una serie de **análisis** preliminares (que no se incluyen en este trabajo) de otros elementos, conteos o mediciones **morfológicas** de **facil obtención**. Los resultados preliminares indicaron que la utilidad de otras **características morfológicas** para definir a las especies no son satisfactorias, en concordancia con lo señalado al respecto por Berry y Barrett (loc. cit.), y que definitivamente el utilizar el aparato branquial como elemento **morfológico** para separar a las especies de este género es la mejor **opción** de entre las analizadas. Sin embargo cabe mencionar, que mediante el **análisis** en conjunto de otras mediciones o conteos en los organismos analizados, empleando **técnicas** de **estadística** multivariada (componentes principales, **regresión múltiple**, etc.), si definen, aunque no separan, a las tres especies, como lo demostró Hedgcock et al. (1988). Estas técnicas no son de **fácil** manejo y a las agrupaciones formadas no se les **dió** una **interpretación biológica**, más allá de la **numérica**. En este trabajo se prefirió que los elementos morfológicos utilizados para separar a las especies **más** que una diferencia **numérica** representaran una diferencia **biológica**; con este objetivo la **combinación** de los tres elementos **morfológicos** utilizados tuvieron dos tratamientos. El primero de ellos, llamada **método** de densidad de branquiespinas, refleja la selectividad de los aparatos filtradores de las especies. El **segundo**, llamado **método** tridimensional, refleja el crecimiento del aparato filtrador de las especies.

### 5.3.1 METODO DE DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS

La **distribución** de frecuencias relativas de densidad de **branquiespinas** del total de individuos analizados (**Fig. 15B**), si bien **es** cierto no denota **fa formación** clara de tres grupos modales que correspondieran a las diferentes especies, si se distingue un grupo muy conspicuo con valor modal de 3, un grupo de intervalos entre 3.8 y 5 no definido claramente como una moda y **solapándose** ampliamente con otro grupo modal con valor representativo de densidad de 6.2. Este solapamiento, **además de ser** reflejo de que **estas** especies presentan **características morfológicas** muy similares, es principalmente debido al cambio que se observa en la densidad de branquiespinas conforme los individuos aumentan de tamaño (**Fig. 15A**); es decir, valores iguales de densidad de branquiespinas se presentan a longitudes diferentes entre especies.

El **método** de densidad de branquiespinas (**Fig. 16**), trata de **evitar** estos errores, **además** de considerar la variabilidad **geográfica**, pero reduce el número de individuos en los intervalos extremos de las distribuciones de longitudes, lo cual dificulta su **asignación** específica. En aquellos en que el número de individuos es mayor se aprecia la formación de tres distribuciones modales. Ejemplos claros de la formación **estas** distribuciones modales **son** los intervalos de talla **141-145**, **156-160** y **161-165** mm del surdel Golfo de California; y en el Pacífico de Baja California Sur, el intervalo **166-170** mm.

En general se observa que la **distribución** modal de **Q. bulleri** se encuentra siempre claramente separada de las otras dos; sin embargo, **las** distribuciones modales de **Q. medirastre** y **Q. libertate** no **están** separadas entre ellas. Los individuos **incluidos** en los intervalos de densidad de branquiespinas que forman esta zona de mezcla **constituyó** el 12.18% de ejemplares no identificados, lo cual no **es** suficientemente satisfactorio, a pesar de que si lo comparamos con el 19.6% de no identificados entre **Q. libertate** y **Q. medirastre** por medio de los **perfiles gráficos**.

Hay que señalar que en este **método** a medida que se aumenta la **amplitud de los intervalos de densidad de branquiespinas**, la **probabilidad de ocultar la formación del grupo modal** menor correspondiente a **Q. medirastre** aumenta, lo que **posiblemente sugirió la definición de dos grupos modales** y por lo tanto el **cuestionamiento de la validez taxonómica de Q. medirastre** (Rodríguez, 1985).

### 5.3.2 METODO TRIDIMENSIONAL

Por el contrario, por medio del **método tridimensional** (**Fig. 17**) el lograr una **asignación específica confiable** en el 99.04% de los ejemplares analizados, **radicó principalmente en incluir la longitud del arco ceratobranquial** (**Fig. 14A**) a la **relación entre número de branquiespinas y longitud patrón** para poder separar

comparación con las otras dos especies, presentó longitudes mayores en promedio.

La forma en que aumenta el número de branquiespinas en función de la longitud patrón para cada una de las especies, según en criterio propuesto por Berry y Barrett (1963), fue confirmado en el presente trabajo, aunque con mayor variación que la indicada por ellos cuando las especies son separadas por el método tridimensional (Fig. 20). En promedio, Q. libertate presentó mayor número de branquiespinas, Q. bulleri el menor y Q. medirastre un número intermedio (Fig. 21). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esta característica no fue suficiente para diferenciar las especies de un alto porcentaje de organismos, principalmente entre Q. libertate y Q. medirastre.

La longitud del arco ceratobranquial aumenta en relación directa con el incremento en la longitud de los individuos, y esta relación muestra también una diferencia entre las especies (Fig. 22). La longitud del arco ceratobranquial de Q. libertate es en promedio mayor que la de Q. medirastre y ésta, a su vez, mayor que la de Q. bulleri (Fig. 23).

Esta diferencia cuantitativa en la longitud del arco entre especies, es además cualitativa en la forma del arco ceratobranquial de Q. bulleri con respecto al de las otras dos especies, ya que siempre es más ancho y el extremo terminal posterior del arco es de forma más cuadrada en comparación con la forma más puntiaguda de las otras dos. Estas diferencias entre Q. medirastre y Q. libertate, son difícilmente apreciables a primera vista, pero abre la posibilidad de que exista alguna otra característica cualitativa de fácil obtención para poder diferenciar las especies.

Con respecto a las otras dos especies, en Q. libertate es muy apreciable el aumento de la variación en el número de branquiespinas y la longitud del arco con el incremento de la longitud (Figs. 20 y 22). Por el contrario, en Q. bulleri es constante la variación dentro de las longitudes analizadas.

#### 5.4.1 COMPOSICION DE LONGITUDES POR AREA DE CAPTURA

La composición de longitudes por especie en cada una de las áreas de pesca, muestra una distribución diferencial de los individuos de acuerdo a estas. La comparación de los resultados de análisis de crecimiento obtenidos por Comas (1976), y en el trabajo de Rodríguez (1977) indicarían un crecimiento diferencial en los individuos de Q. libertate de la región norte con los de la región sur; sin embargo, la falta de identificación de los ejemplares analizados por el último autor resta confiabilidad a tal comparación.

La longitud promedio de Q. libertate, fue mayor en la región norte del Golfo de California, intermedia en la costa Pacífica de B.C.S., y menor en la región sur del Golfo de California (Fig.

26). La distribución geográfica por longitudes se presentó de manera similar en *Q. bulleri* (Fig. 34); sin embargo, las longitudes de *Q. bulleri* siempre fueron en promedio mayores (Tablas 4A y 6A).

*Q. medirastre* presentó en promedio longitudes mayores en la costa pacífica e intermedias en la región sur del Golfo. El número escaso de ejemplares de esta especie colectados en la región norte del Golfo de California presentó en promedio las menores longitudes (Fig. 30).

La composición por longitudes de *Q. libertate*, así como la de *Q. medirastre* en la costa pacífica de B.C.S., presentaron grupos modales de longitudes pequeñas por lo que posiblemente esta sea una zona de reclutamiento de estas especies (Figs. 26 y 30).

Las longitudes promedio del arco ceratobranquial para cada una de las especies correspondieron a las longitudes promedio de las especies en cada área de pesca, es decir, a tamaños mayores correspondieron mayores longitudes del arco (Figs. 28, 32 y 36), de acuerdo a la relación entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón en cada una de las especies.

Sin embargo, la relación esperada de encontrar mayor número de branquiespinas en promedio a tamaños mayores no correspondió con la distribución geográfica de las longitudes de los individuos, presentándose en las tres especies el mayor número de branquiespinas en la parte norte del Golfo de California, seguida de la región sur del Golfo y el menor en la costa pacífica (Figs. 27, 31 y 35).

## 5.5 VARIACION GEOGRAFICA

Berry y Barrett, refiriéndose a la variación geográfica del número de branquiespinas, indican que esta relación es contraria en *Q. libertate* y *Q. medirastre* a la generalización señalada por Barlow (1961: el número de elementos merísticos es progresivamente más grande de aguas templadas a aguas más frías), encontrando que estas especies poseen menor número de branquiespinas en las aguas más frías de las regiones norteañas que en las aguas más templadas de regiones del sur. Del análisis que se hizo en el presente trabajo entre individuos de tamaños similares de la misma especie de aquellas áreas en que se dividió el "Pacífico norte" como fue considerado por Berry y Barrett, se observa para las tres especies (Figs. 38, 39 y 40) que el menor número de branquiespinas se presenta en la costa pacífica de Baja California, se incrementa en el área norte del Golfo de California, y es mayor en la región sur de este, por lo que la consideración establecida por Berry y Barrett con respecto al área geográfica de colecta es importante a un nivel de áreas más pequeñas que las establecidas por ellos.

Estos **autores** también mencionan que en Q. libertate y Q. medir-castre uno de los elementos **morfométricos** que presenta **variación** geográfica relevante es la longitud de la cabeza, presentando los ejemplares de **México** cabeza mas corta que **los de Costa Rica y Panamá**.

Es posible, por lo mismo, que la longitud del arco ceratobranquial tenga una **relación** directa con la longitud de la cabeza.

Sobre la base del **análisis** de la **variación geográfica** en la longitud del arco entre **individuos** de longitudes similares de la misma especie (**Figs. 41, 42 y 43**), se observa que en Q. medirastre y Q. bulleri las longitudes menores del arco se presentan en la parte norte del Golfo de California, son intermedias en la costa pacífica y mayores en el **área** sur del Golfo de California.

Por el contrario, Q. libertate presenta las mayores longitudes del **arco en la región norte del Golfo, intermedias hacia el sur del Golfo y más** pequeñas en la costa pacífica.

## 5.6 VALIDEZ BIOLÓGICA DE LAS ESPECIES

### 5.6.1 DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS

El **número** de branquiespinas por unidad de longitud del arco ceratobranquial disminuye con el incremento en la longitud de los individuos, y esta relación es diferente entre las especies (**Fig. 24**). Estas relaciones, **diferentes** desde el punto de vista **morfológico**, pueden representar diferencias en la selectividad alimenticia desde el punto de vista **biológico**.

Aunque no existen estudios en relación al **modo de alimentación** de estas especies (filtración o ataque y captura de presas, o ambos), los **análisis** de contenidos estomacales en individuos de Oaisthonema sp. (**Sokolov y Wong, 1972; Romero, 1988**) pueden ser usados para deducir que son especies filtradoras. Longhurst (**1971**, citado por **Blaxter y Hunter, 1982**) señala que la gran mayoría de los clupeidos adultos son planctívoros, alimentándose de fitoplancton, zooplancton y otros pequeños **crustáceos**.

Para cualquiera de las especies analizadas en particular, suponemos que la densidad de branquiespinas promedio es una forma indirecta de representar la **separación** promedio entre las branquiespinas.

Wright et al. (**1983**) discuten que la **aproximación** típica usada para estimar las probabilidades de **retención** ha sido determinando la distribución de frecuencias de espacios interbranquiales (el **método** de tamiz) y comparar esta distribución con el tamaño de las presas ingeridas, aunque

reconocen que diversos problemas complican esta aproximación. Algunas medidas han sido restringidas a las branquiespinas del primer arco branquial, el cual comúnmente contiene las más largas y presumiblemente las más importantes funcionalmente o con los espacios interbranquiales más representativos. Además mencionan que la medida de los espacios interbranquiales de peces muertos puede diferir de aquellas que ocurren en peces vivos como la forma de la cavidad bucal y los cambios diferenciales en la presión del agua durante la alimentación. Dientes accesorios o mucilago en las branquiaspinas o apéndices de las presas también complican la interpretación basada solamente en la distribución de espacios interbranquiales. Las medidas tradicionales, concluyen, subestiman fuertemente el tamaño de las presas que serán retenidas.

Desde el punto de vista de morfología funcional y su relación con la selectividad alimenticia de los peces,, interesan los resultados de variación relativa entre especies, por lo que consideramos la relatividad de los resultados aquí presentados como una comparación válida.

La figura 25 muestra comparativamente la distribución de frecuencia de densidad de branquiespinas del total de individuos analizados en cada una de las especies identificadas, utilizando el método tridimensional; es decir, el análisis de la densidad de branquiespinas como método de identificación morfológica de las especies no fue satisfactorio, pero su análisis desde el punto de vista funcional podría indicar que estas especies filtran diferencialmente el plancton. *Q. libertate*, especie predominantemente fitoplanctófaga (Romero, 1988), presenta en promedio la mayor densidad de branquiespinas, por lo que *Q. bulleri* con la menor densidad de branquiespinas, esperaríamos fuera predominantemente zooplanctófaga.

Mummert y Drenner (1986) usaron la distribución de frecuencias acumuladas de las distancias interbranquiales como una función de probabilidad de retención de las partículas menores o iguales a las distancias interbranquiales para demostrar el cambio en la selectividad de las partículas ingeridas con la longitud del pez, entendiéndose que dicho cambio resulta del incremento en la distancia entre branquiespinas.

La disminución en la densidad de branquiespinas en relación al incremento en la longitud de los individuos podría explicarse como resultado del aumento en la separación entre branquiespinas.

Mayr (1948) señala como uno de los mecanismos que permiten la simpatria entre especies muy cercanas es la habilidad para disminuir la competencia directa con otras especies que utilizan el mismo o similares recursos del ambiente. La diferencia en la densidad de branquiespinas podría indicar la capacidad de estas especies de alimentarse de fracciones diferentes del plancton,

Sin embargo, se desconoce mucho acerca de la biología de estas especies. Cabe señalar como ejemplo estudios en otra5

especie **filtradoras**, que han demostrado que el **número** de branquiespinas que aparentemente caracterizan a una población puede en realidad ser un **reflejo** de la presencia o ausencia de otras especies con las cuales esta **población** comparte su ambiente. Cuando uno de los grupos **está** ausente, otro tiende a ampliar su **número** de branquiespinas de forma tal que llena la parte vacante del espectro de **número** de branquiespinas (Lindsey, 1981)

### 5.6.2 MADUREZ SEXUAL Y REPRODUCCION

Los estudios relativos a la actividad reproductora de las especies de **Opisthonema** (Páez, 1976; Torree et al., 1985), han revelado que presentan la **máxima** actividad reproductiva en los meses de verano y esto ha correspondido con la colecta de **huevos** y larvas de especies de este género en esta **región** (Sokolov y Wong, 1972; Moser, et al., 1974; Gutierrez y Padilla, 1974; De la Campa y Gutierrez, 1974; Anónimo, 1985a).

Sin embargo, la falta de **identificación** en los estudios de adultos (Páez, op. cit.) y la imposibilidad de separar las colectas de plancton a nivel específico no permite contar con indicadores concretos sobre la **época** de **reproducción** de las especies. Además, la **variabilidad** interanual tanto en el inicio como en la **duración** de la temporada de **reproducción**, no permite tener elementos de referencia para contrastar nuestros resultados.

El uso de las escalas morfocromíticas ha sido cuestionado (Torres et al., 1986); sin embargo, para fines descriptivos de la actividad reproductora, se considera que el seguimiento del estadio más aparente y **fácilmente** identificable es suficiente para **este** propósito.

Para cualquiera de las especies analizadas en particular, cada valor mensual **graficado** en la figura 44 representa el porcentaje de individuos que presentaron el estadio de madurez avanzada del total de individuos analizados de esa especie en **ese** mes, por lo que los valores mensuales **no** se encuentran relativizados a la abundancia de la especie en ese mes y por lo tanto no representan la importancia del desove de la especie en **función** del **número** absoluto de desovantes. Entre especies los valores mensuales tampoco se encuentran relativizados.

Al referirse a que los individuos con el estadio de madurez avanzada **sean** los desovantes, con ello no se desea aseverar que los individuos descritos con ese estadio **sean** realmente los que llevan a cabo la **reproducción**, pero es **más** probable que en cualquier otro estadio de madurez.

Bajo estas consideraciones, en general se observa que la actividad reproductiva de estas especies en el Pacífico **norte** de México se **presentó** entre los meses de marzo y septiembre, aunque **también**, pero en menor **proporción**, se observaron hembras maduras en los meses de noviembre y diciembre (Fig. 44).

**Q. libertate** presentó dos máximos de actividad reproductiva, el primero en abril seguido de una disminución en el porcentaje de individuos; maduros en los meses de mayo y junio, y el segundo máximo se presentó en el mes de julio.

**Q. medirastre**, la especie evolutivamente más cercana a **Q. libertate** (Hedgecock et al., 1988), presentó el máximo de actividad reproductiva en junio, durante los meses en que **Q. libertate** presentó una disminución. En los meses de noviembre y diciembre, donde se observaron frecuencias bajas de hembras maduras de estas mismas especies, las tendencias en las frecuencias entre estas también fueron opuestas.

**Q. bulleri** presentó una actividad reproductiva contraria a la observada en **Q. libertate**. En los meses durante los cuales **Q. bulleri** presentó su máxima actividad reproductora (mayo y junio), **Q. libertate** presentó las frecuencias más bajas de individuos maduros, y cuando **Q. bulleri** presentó los valores más bajos de individuos maduros (abril y julio), **Q. libertate** presentó sus máximos. Sin embargo el ciclo reproductor de **Q. bulleri** es muy parecido al de **Q. medirastre** aunque desfasados en un mes.

Dobzhansky et al. (1980) señalan que es muy probable que los mecanismos de aislamiento postcopulatorios (postzigóticos) surjan principalmente como subproducto de la divergencia genética y que los mecanismos precopulatorios (prezigóticos) sean inducidos o favorecidos por la selección natural.

En las zonas de superposición geográfica en donde las especies se hallan expuestas al peligro de la hibridación y producción de progenie con una eficacia biológica baja, es donde la acción de la selección natural para la formación de un aislamiento reproductor prezigóticos será más intensa. Una vez que el aislamiento reproductor es completo, cada especie se habrá iniciado en una vía evolutiva distinta e independiente (Dobzhansky et al., op. cit.).

Una vez que han surgido los mecanismos postzigóticos de aislamiento, resulta ventajoso para las especies; implicadas el minimizar la pérdida de eficacia biológica que resulta de los apareamientos interespecíficos (Dobzhansky et al., op. cit.).

Hedgecock et al. (op. cit.) infirieron sobre la base de datos bioquímicos de la genética de las especies de **Opisthonema** que **Q. bulleri** se separó de la línea evolutiva de **Q. medirastre** y **Q. libertate** mucho antes que estas últimas se separaran.

Con 105 antecedentes antes mencionados podemos suponer que entre **Q. libertate** y **Q. medirastre**, especies genéticamente más cercanas, el apareamiento interespecífico es eliminado principalmente por mecanismos de aislamiento estacional.

En tanto que entre **Q. medirastre** y **Q. bulleri**, las cuales presentan ciclos reproductivos muy similares, suponemos que los mecanismos para evitar el intercambio genético entre estas especies evolutivamente más distanciadas son postzigóticos.

El aislamiento reproductivo entre Q. libertate y Q. bulleri, suponemos se ve favorecido por la combinación tanto de mecanismos **prezigóticos** como **postzigóticos**.

Aunque los mecanismos de aislamiento reproductor resultan a menudo muy seguros, a veces pueden producirse **híbridos** (Dobzhansky et al., 1980). Así, especies como las de Opisthonema con afinidad templado-tropical se caracterizan por presentar ciclos de **reproducción** muy amplios que se solapan. En Oaisthonema se ha reportado un organismo híbrido sobre la base de **análisis bioquímico-genéticos** (Hedgecock et al., 1988). Sin embargo, el hecho de que no haya podido ser identificado utilizando la clave de **Berry y Barrett (1963)**, previo al **análisis bioquímico**, no correspondería haberlo categorizarlo como tal. De hecho, como ha sido demostrado, considerando la amplia variabilidad en el número de branquiespinas para cualquier talla en particular y la **variación geográfica** de este mismo **caracter** dentro del NO de México, se podría identificar dicho organismo (número de branquiespinas = 46, longitud patrón = 162) reportado sexualmente maduro como Q. medirastre.

6. **BIBLIOGRAFIA**

## ANONIMO

1983. Pesquería de sardina en Baja California Sur. Informe Final a la Secretaria de Pesca. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N., La Paz, B.C.S., México, 279 p.
- 1985a Investigaciones ictioplanctónicas en la costa occidental de Baja California Sur y Bahía Magdalena para evaluar la biomasa reproductora de sardina y anchoveta. Informe Final a la Secretaria de Pesca. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N. La Paz, B.C.S., México, 266 p.
- 1985b **Diagnostico** sobre el estado actual del recurso sardina en el Golfo de California. Secretaria de Pesca, Instituto Nacional de Pesca, México. Informe interno, 95 p.
1986. Programa de **Investigación y Tecnología** Pesquera. Secretaria de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. Consejo Nacional Consultivo, México, 1986.

## BLAXTER, J. H. Sm y J. R. HUNTER

1982. **The Ecology of the Clupeoid Fishes. Adv. Mar. Biol., 20: 1-223.**

## BERDEGUE A., J.

1956. Peces de importancia comercial en la costa noroccidental de México. Dir. Gral. Pesca e Ind. Con., Sria. Marina, México, 345 p.

## BERRY, F. H. y I. HARRETT

1963. Gillraker **analysis** and speciation in the thread herring genus Ooisthonema. Inter-Amer. Troa. Tuna Comm., Bull., 1(5) pp. 113-153 (ingles), pp. 154-190 (español).

## CASAS VALDEZ, M.

1983. Distribución en tiempo y espacio de las especies de sardina y macarela en Bahía Magdalena, B.C.S., México. **Tesis** de Maestria, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N., La Paz, B.C.S., México, 176 p.

## CASTRO AGUIRRE, J. L., J. ARVIZU MARTINEZ y J. PAEZ BARRERA

1970. **Contribucion** al conocimiento de los peces del Golfo de California. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat., 31: 107-181.

## COMAS VIÑAS, L.

1976. Al **gunos** aspectos biológico-pesqueros de la sardina cri nuda (Opisthonema libertate Gunther, 18681 en la **región** de Guaymas, Sonora, México, 1974/75. **Tesis** Profesional, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, 133 p.

DE LA CAMPA GUZMAN, S. y C. GUTIERREZ

1974. **Distribución** horizontal de los huevos y larvas de sardina monterrey y larvas de sardina crinuda y bocona en el Golfo de California en abril de 1972. Sec. de Ind. y Comercio, Subsecretaria de Pesca, INP/SC: 2, 17 pp.

DOBZHANSKY, T., F. J. AYALA, G. L. STERBINS y J. W. VALENTINE  
1980. Evolución. Ed. Omega, 558 p.

EHRHARDT, N. M.

1982. Curso sobre **metodos de evaluacion** de recursos y **dinamica** de **poblaciones**. Tercera parte, Parametros poblncionalcs, **Curso** FAO-CICIMAR. La Paz, B.C.S., México, julio de 1981, 134 p.

FELIX URAGA, R.

1986. Edad, crecimiento y estructura poblacional de Sardinops sagax caerulea en Bahía Magdalena, B.C.S., durante 1981 a 1984. Tesis de **Maestria**, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N., La Paz, B.C.S., México, 103 p.

FUNES RODRIGUEZ, R. y A. ESQUIVEL HERRERA

1985. **Determinación** de las principales **características** que permiten la identificación de las larvas de Opisthonema spp. en la costa del Pacífico de Baja California Sur. Inv. Mar. CICIMAR 2(2): 77-85.

GARCIA, C.I.

1978. Determinación de edad y ritmo de crecimiento de la sardina crinuda Opisthonema libertate (Gunther) en la **región** de Guaymas, Sonora. 1974-1975. Tesis Profesional, Facultad de **Ciencias**, U.N.A.M., México, 50 p.

GIL HERNANDEZ, R.A.

1982. Censo **larvario** y biomasa reproductora de la sardina crinuda Opisthonema libertate, Golfo de California, Verano de 1977. Tesis-Profesional, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

GUTIERREZ, H.C. y M.A. PADILLA

1974. **Distribución** de huevos y larvas de sardina monterrey y larvas de sardina crinuda en el Golfo de California, 1973. Sec. Ind. y Comercio, Subsecretaria de Pesca, **Inst. Nal. Pesca**, México, INP/SC: 5.

HEDGECOCK, D., K. NELSON y L. G. LOPEZ LEMUS

1988. Biochemical **genetic** and morphological divergence among three **species** of thread herring (Opisthonema) in northwest México. CalCOFI Rep., 29: 110-121.

HERNANDEZ VAZQUEZ, S.

1983. **Analisis y normalización del esfuerzo pesquero de la flota sardinera en Bahía Magdalena, B.C.S., México, (1972-1981).** Tesis de Maestria, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N., La Paz, B.C.S., México, 142 p.

KIMURA, M. y G. T. SAKACAWA

1972. Observations on scale patterns and growth of the Pacific sardine reared in the laboratory. Fish. Bull. 70 (3): 1043-1052.

LINDSEY, C. C.

1981. Stocks are chameleons plasticity in gill rakers of coregonid fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1497-1506.

LLUCH BELDA, D., F. J. MAGALLON y R. A. SCHWARTZLOSE

1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of Californiar possible causes. CalCOFI Rep., 27: 136-140.

LOPEZ LEMUS, L. G.

1986. Genetic relationships of the different morphotypes of the clupeid fish Opisthonema spp. in the west coast of Baja California and the Gulf of California. CalCOFI abstracts, annual conference, 21-23 october, 1986.

MAYR, E.

1948. The bearing of the new systematics on genetical problems. The nature of species. Adv. Genet., 2:205-237.

MOSER, H. G., E. H. AHLSTROM, D. KRAMER y E. G. STEVENS

1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. CalCOFI Rep., 17: 112-128.

MUMMERT, J. R. y R. W. DRENNER

1986. Effect of fish size on the filtering efficiency and selective particle ingestion of a filter-feeding clupeid. Trans. Am. Fish. Soc., 115: 522-528.

NIKOLSKY, G. V.

1978. The Ecology of Fishes. T. F. H. Publications. pp. 145-187.

PAEZ BARRERA, F.

1976. Desarrollo gonadal, madurez y fecundidad de sardina crinuda Opisthonema libertate (Gunther) de la zona de Mazatlán, basados en el análisis histológico de la gónada. In: Memorias del Simposium sobre Recursos Masivos de México

PEDRIN, O. y A. ANCHEITA A.

1976. Estadísticas básicas de la explotación de sardina en el Noroeste de México. Inst. Nal. de Pesca, INP/Sl: i 79.

RAMIREZ GRANADOS, R.

1957. Aspectos **biológicos y económicos** de la pesquería de sardina, Sardinops caerulea (Girard, 1854) en aguas del **Pacífico Mexicano**. Tesis Profesional, Escuela Nacional de Ciencias **Biológicas**, I.P.N., México, 89 p.

RIND, D., A. ROSENZWEIG y C. ROSENZWEIG

1988. Modelling the future: a joint venture. Nature (334): 483-486.

RIVAS, L. R.

1972. Opisthonema captivai, a new western Atlantic Clupeid fish from Colombia. COPEIA, (1): 1-3.

RODRIGUEZ ALVARADO, S.

1977. Estudio preliminar de la **biología** de la sardina crinuda (Opisthonema libertate, Gunther 1868) en el litoral del Estado de Nayarit, **México**, 1976-1977. Tesis Profesional, Escuela de Ciencias **Biológicas**, Universidad **Autónoma** del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, **México**, 86 p.

RODRIGUEZ SANCHEZ, R.

1985. Aspectos de **dinámica** poblacional en apoyo a la **separación** de las especies del **género** Opisthonema por el **método** de **índice** de densidad de branquiespinas. CalCOFI abstracts, annual conference, 22-24 october, 1985.

ROMERO IBARRA, N.

1988. **Alimentación** de la sardina crinuda Opisthonema libertate (Gunther) en el área de bahía Magdalena, **B.C.S., México**. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), I.P.N., La Paz, **B.C.S., México**, 108 p.

SOKOLOV, V.A. y M. WONG

1972. Informe científico de las investigaciones sobre los peces **pelágicos** del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1970. Proar. Inv. y Fom. Pesq. México/PNUD/FAO, Inst. **Nal.** de Pesca, Informe Científico No. 1, INP/SI: 11.

1973. Informe Científico de las investigaciones sobre los peces **pelágicos** del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1971. Proar. Inv. y Fom. Pesq. México/PNUD/FAO, Inst. **Nal.** de Pesca, Informe Científico No. 2, INP/SI: 12.

TORRES VILLEGAS, J.R., C.G. GARCIA MELGAR, R.I. OCHOA BAEZ y V.A. LEVY PEREZ

1985. Parametros reproductivos de las poblaciones de libertate, \_\_\_\_\_ (Gunther) (Pisces: Clupeidae) y **discusión** sobre su evaluación por producción de huevos, en Bahía Magdalena, B. C. Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR 2(2): 45-58.

- TORRES VILLEGAS, J.R., M.A. REINECKE R. y R. RODRIGUEZ SANCHEZ  
1986. Ciclo reproductivo de Sardinops sagax (sardina monterrey), en el Golfo de California. Inv. Mar. CICIMAR 3(1): 52-68.
- WHITEHEAD, P. J. P.  
1985. FAO species catalogue, Vol. 7. Clupeoid fishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies, and wolfherrings. Part 1: Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FAO Fish. Synog., (125) Vol. 7, Pt. 1: 303 p.
- WRIGHT, D.I., W.J. O'BRIEN y C. LUECKE  
1983. A new estimate of zooplankton retention by gill rakers and its ecological significance. Trans. Am. Fish. Soc., 112: 638-646.

## 7. RELACION DE FIGURAS Y TABLAS

- FIGURA 1.** A) Primer arco branquial de un espécimen de 155 mm de Opisthonema libertate. B) Primer arco branquial (se han removido los filamentos branquiales) de un espécimen de 28.5 mm de longitud patrón de Opisthonema berlangai, aclarado y teñido para mostrar la osificación (punteado); los tres huesos branquiales se osifican más anteriormente y posteriormente en ejemplares grandes; las flechas indican las uniones cartilaginosas de los tres huesos (tomado de Berry y Barrett, 1963: Fig. 3).
- FIGURA 2.** Relación entre el número de branquieapinas ceratobranquiales y la longitud patrón para las tres especies costaneras del Pacífico Opisthonema libertate, O. medirastre, y O. bulleri, del norte de México (tomado de Berry y Barrett, 1963: Fig. 9).
- FIGURA 3.** Pacífico norte de México (según Berry y Barrett, 1963), zona geográfica de estudio la cual fue subdividida en áreas geográficas más pequeñas. Los límites geográficos norte y sur se detallan en el texto.
- FIGURA 4.** A) Diagrama de dispersión de la relación entre número de branquiespinas y longitud patrón de todos los ejemplares analizados de Opisthonema spp. colectados en el Pacífico norte de México. B) Distribución de frecuencias relativas del número de branquiespinas observadas del total de ejemplares analizados de Opisthonema spp. colectados en el Pacífico Norte de México.
- FIGURA 5.** Distribución de frecuencias relativas de las longitudes patrón del total de ejemplares analizados de Opisthonema spp. colectados de la captura comercial en el Pacífico norte de México.
- FIGURA 6.** A) Diagrama de dispersión con los valores correspondientes a los ejemplares de Opisthonema que pudieron ser identificados utilizando la clave numérica para el Pacífico norte de México, de Berry y Barrett (1963). B) Diagrama de dispersión con los valores de los ejemplares no identificados con la clave numérica de Berry y Barrett (1963).

- FIGURA 7.** Representación gráfica del porcentaje total de individuos identificados, porcentajes asignados por especie y no identificados por medio de la clave numérica para el Pacífico norte de México de Berry y Barrett (1963).
- FIGURA 8.** A) Diagrama de dispersión con los valores correspondientes a los ejemplares que quedaron incluidos dentro de los perfiles gráficos de Berry y Barrett (1963), que definen a las especies del género Ooisthonema en el Pacífico norte de México. B) Diagrama de dispersión con los valores de los ejemplares que no correspondieron dentro de los perfiles gráficos que definen a las especies, según Berry y Barrett (1963).
- FIGURA 9.** Representación gráfica del porcentaje total de individuos identificados, porcentajes asignados por especie y no identificados por medio de los perfiles gráficos para el Pacífico norte de México de Berry y Barrett (1963).
- FIGURA 10.** Representación gráfica de los cambios de asignación específica entre los métodos PERFILES GRAFICOS y CLAVE NUMERICA de Berry y Barrett (1963).
- FIGURA 11.** Contornos gráficos que definen a las especies de Ooisthonema en el Pacífico norte de México de acuerdo a los valores tabulados en la clave numérica de Berry y Barrett (1963: Tabla 3).
- FIGURA 12.** Perfiles gráficos que definen a las especies de Ooisthonema en el Pacífico norte de México de acuerdo a los valores observados por Berry y Barrett (1963: Fig. 9). La figura original (Fig. 2) fue digitalizada y los valores obtenidos se graficaron a esta escala.
- FIGURA 15.** Comparación gráfica de los valores de número de branquiespinas y longitud patrón que delimitan y separan a cada especie de Ooisthonema en el Pacífico norte de México de acuerdo al método de Berry y Barrett (1963). Líneas punteadas (de perfiles gráficos); líneas continuas (de clave numérica).
- FIGURA 14.** A) Diagrama de dispersión de la relación entre longitud del arco ceratobranquial del primer arco branquial y longitud patrón de todos los ejemplares analizados de Ooisthonema spp. colectados en el NO de México. B) Distribución de frecuencias relativas de las longitudes del arco ceratobranquial del total de ejemplares analizados de Ooisthonema spp. colectados en el NO de México.

**FIGURA 15.** A) Diagrama de dispersión de la relación entre número de branquiespinas por unidad de longitud del segmento ceratobranquial y longitud patrón de todos 106 ejemplares analizados de Opisthonema spp. colectados en el NO de México. B) Distribución de frecuencia relativa de 106 valores de densidad de branquiespinas del total de ejemplares analizados de Opisthonema spp., colectados en el NO de México.

**FIGURA 16.** (A, B, C, D, y E). Distribución de frecuencias relativa de 106 valores de densidad de branquiespinas en individuos de Opisthonema con longitudes similares (intervalos de 5 mm de longitud patrón), para las tres áreas en que se dividió el Pacífico norte de México: Norte del Golfo de California (columna izquierda), Sur del Golfo de California (columna central), y Pacífico de Baja California Sur (columna derecha).

**FIGURA 17.** Representación esquemática de la asignación de especies de Opisthonema por medio del método tridimensional. El cuerpo voluminoso representa la relación entre 106 tres parámetros utilizados, donde el eje X corresponde a la longitud del arco ceratobranquial; el eje Y al número de branquiespinas y el eje Z a la longitud patrón. Las figuras A, B, C y D muestran la relación observada entre número de branquiespinas y longitud del arco en cuatro intervalos de longitud del total en que fue dividida la gráfica tridimensional correspondiente al área sur del Golfo de California. A) Intervalo de talla 119-120 mm de longitud patrón. B) 139-140 mm, C) 159-160 mm, D) 179-180 mm. Las líneas punteadas son de referencia para denotar el desplazamiento de las agrupaciones naturales de datos de abajo y a la izquierda en longitudes menores (A), hacia arriba y a la derecha en longitudes mayores (D).

**FIGURA 18.** Diagrama de dispersión de la relación entre número de branquiespinas y longitud del arco ceratobranquial del total de ejemplares analizados.

**FIGURA 19.** Distribución de frecuencias relativas de longitudes para cada una de las especies de Opisthonema en el NO de México. Los ejemplares colectados provienen de la captura comercial. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

**FIGURA 20.** Relación entre número de branquiespinas y longitud patrón para cada una de las especies de Opisthonema en el NO de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. Las líneas punteadas son de referencia para fines comparativos.

- FIGURA 21. **Distribución** de frecuencias relativas del **número** de branquiespinas en cada una de las especies de Opisthonema en el NO de México. La separación específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada **es** de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 22. **Relación** entre longitud del arco ceratobranquial y longitud **patrón** para cada una de las especies. La separación específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. **Las** líneas punteadas son de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 23. **Distribución** de frecuencias relativas de la longitud del arco ceratobranquial en cada una de las especies. La separación específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional, La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 24. **Relación** entre densidad de branquiespinas y longitud patrón para cada una de las especies. La separación específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. **Las** líneas punteadas **son** de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 25. **Distribución** de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas en cada una de las especies. La separación específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos,
- FIGURA 26. Distribución de frecuencias relativas de longitudes de Q. libertate para cada una de las **áreas** en que se **subdividió** el Pacífico norte de México. Los ejemplares colectados provienen de la captura comercial. La separación específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 27. Distribución de frecuencias relativas del **número** de branquiespinas en Q. libertate para cada una de las arcas en que se **subdividió** el Pacífico norte de México. La separación específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 28. Distribución de frecuencias relativas de la longitud del arco ceratobranquial en Q. libertate, para cada una de las **áreas** en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

- FIGURCI 29. Distribucibn de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas en Q. libertate para cada una de las **áreas** en que se **subdividió** el Pacífico norte de México. La **separación** específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURCI 30. Distribucibn de frecuencias relativas de longitudes de Q. medirastre para cada una de las **áreas** en que se **subdividib** el Pacífico norte de México. Los ejemplares **colectados** provienen de la **captura** comercial. La **separacibn** específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 31. Distribucibn de frecuencias relativas del **número** de branquiespinas en Q. medirastre para cada una de las **áreas** en que se **subdividi6** el Pacífico norte de México. La **separacibn** específica se **realizd** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada **es** de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 32. Distribucibn de frecuencias relativas de la **longitud** del arco ceratobranquial en Q. medirastre para cada una de las **áreas** en que se **subdividib** el Pacífico norte de México. La **separación** específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La **línea** punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 33. **Distribución** de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas en Q. medirastre para cada una de las **breas** en que se **subdividib** el Pacífico norte de México. La **separación** específica se **realizd** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURCI 34. **Distribución** de frecuencias relativas de longitudes de Q. bulleri para cada una de las **áreas** en que se **subdividib** el Pacífico norte de México. Los ejemplares **colectados** provienen de la **captura** comercial. La **separacibn** específica se **realizó** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 35. **Distribución** de frecuencias relativas del **número** de branquiespinas en Q. bulleri para cada una de las **áreas** en que se **subdividió** el Pacífico norte de México. La **separacibn** específica se **realizd** por medio del **método** tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.

- FIGURA 36.** Distribución de frecuencias relativas de la longitud del arco ceratobranquial en Q. bulleri para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 37.** Distribución de frecuencias relativas de la densidad de branquiespinas en Q. bulleri para cada una de las áreas en que se subdividió el Pacífico norte de México. La separación específica se realizó por medio del método tridimensional. La línea punteada es de referencia para fines comparativos.
- FIGURA 38.** Relación entre número de branquiespinas y longitud patrón de Q. libertate dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.
- FIGURA 39.** Relación entre número de branquiespinas y longitud patrón de Q. medirastre dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.
- FIGURA 40.** Relación entre número de branquiespinas y longitud patrón de Q. bulleri dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.
- FIGURA 41.** Relación entre longitud del arco ceratobranquial y longitud patrón de Q. libertate dentro de cada una de las áreas de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible variación geográfica.

- FIGURA 42. **Relación** entre longitud del arco ceratobranquial y longitud **patrón** de *O. medirastre* dentro de cada una de las **áreas** de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible **variación geográfica**.
- FIGURA 43. **Relación** entre longitud del arco ceratobranquial y longitud **patrón** de *O. bulleri* dentro de cada una de las **áreas** de pesca, mostrando comparativamente las observaciones entre individuos de longitudes similares. Las líneas punteadas verticales indican el intervalo de longitudes escogido y las líneas horizontales son de referencia para observar la posible **variación geográfica**.
- FIGURA 44. Ciclos de reproducción en un año promedio de las especies de *Opisthonema* en el NO de **México**. Cada uno obtenido a través de las frecuencias relativas mensuales del estadio morfocromático de madurez avanzada reportado en las hembras muestreadas. La **separación** específica se **realizó** por medio del método tridimensional.&
- TABLA A **Número** de branquiespinas ceratobranquiales y límites de tamaños en milímetros de la longitud **patrón** a los que aparecen en las cinco especies de *Opisthonema*. Esta tabla sirve de clave para la **identificación** de las especies (tomado de Eerry y **Barrett, 1963: Tab.3**).
- TABLA 1. Proporciones de muestreos **biológicos** y ejemplares colectados por área de pesca.
- TABLA 2. Porcentajes de individuos por especie asignados por el **METODO** DE DENSIDAD DE BRANQUIESPINAS dentro de cada una de las **áreas** de pesca en el NO de **México**.
- TABLA 3. Porcentajes de individuos **por especie** asignados por el **METODO** TRIDIMENSIONAL dentro de cada una de las **áreas** de pesca en el NO de **México**.
- TABLA 4. Estadísticos descriptivos de *Opisthonema libertate* en el NC de **México** y por **área** de pesca. A) Longitud **patrón** (mm). B) **Número** de branquiespinas ceratobranquiales. C) Longitud del arco ceratobranquial (mm). D) Densidad de branquiespinas.
- TABLA 5. Estadísticos descriptivos de *Opisthonema medirastre* en el NO de **México** y por **área** de pesca. A) Longitud **patrón** (mm). B) **Número** de branqui espi nas ceratobranquiales. C) Longitud del arco ceratobranquial (mm). D) Densidad de branquiespinas.

**TABLA 6.** Estadísticos descriptivos de Opisthonema bulleri en el NO de México y por Área de pesca. A) Longitud patrón (mm). B) Número de branquiespinas ceratobranquiales. C) Longitud del arco ceratobranquial (mm). D) Densidad de branquiespinas.