



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Departament de Biología Animal

Programa de Doctorado, Biología Animal I, Zoología
Bienni 1996 -98

**CALIDAD DE HUEVOS Y LARVAS SEGÚN EL MANEJO DE LOS
REPRODUCTORES DE LA CABRILLA (*Paralabrax
maculatofasciatus*, PISCES:SERRANIDAE)**

Memoria presentada per

María Araceli Avilés Quevedo

Per o optar al grau de
Doctor en Ciències Biològiques
Per la Universitat de Barcelona
2005

Director de Tesis

Dr. Francesc Castelló i Orvay
Professor Titular
Departament de Biología Animal
Facultat de Biología
Universitat de Barcelona, España

ÍNDICE

	AGRADECIMIENTOS	
	LISTA DE CUADROS	
	LISTA DE FIGURAS	
	INTRODUCCIÓN	1
1.	IDENTIDAD	2
2.	HABITAT	3
3.	HÁBITOS ALIMENTICIOS	5
4.	DISTRIBUCIÓN	6
5.	REPRODUCCIÓN	8
6.	ESTADO ACTUAL DEL RECURSO	10
7.	IMPORTANCIA ECONÓMICA	14
	OBJETIVOS	17
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
Capítulo 1	CICLO SEXUAL DE LA CABRILLA ARENERA (<i>Paralabrax Maculatofaciatus</i> , Steindachner 1868) EN LA BAHÍA DE LA PAZ BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO	19
1.	INTRODUCCIÓN	19
2.	ANTECEDENTES	21
3.	JUSTIFICACIÓN	23
4.	OBJETIVOS	28
5.	MATERIAL Y MÉTODOS	28
5.1.	Colecta de Especímenes	28
5.2.	Preparación de Muestras y Análisis	30
5.3.	Ecuaciones Utilizadas	30
5.4.	Descripción del Área de Estudio y Factores Ambientales	32
5.5.	Análisis Biológicos	36
6.	RESULTADOS	37
6.1.	Morfología e Histología de la Gónada	37
6.2.	Ciclo Reproductivo Relacionado a los Principales Factores Ambientales	45
6.3.	Análisis de la Distribución de Sexos por Tamaño	48
6.4.	Composición de Sexos	51
6.5.	Tamaño y Edad de Primera Madurez	51
6.6.	Relación Peso-Longitud	53
6.7.	Factor de Condición	54
6.8.	Índice Gonadosomático	56
7.	DISCUSIÓN	60
7.1.	Morfología e Histología de la Gónada	60
7.2.	Análisis de la Distribución de Tallas, Proporción de Sexos y Edad de Primera Madurez	63
7.3.	Relación Peso-Longitud, Factor de Condición e Índice Gonadosomático	66
8.	CONCLUSIONES	68

Capítulo 2	CICLO SEXUAL DE LA CABRILLA ARENERA (<i>Paralabrax Maculatofaciatus</i> , Steindachner 1868) EN CONDICIONES DE CULTIVO EN JAULAS FLOTANTES EN BAHÍA DE LA PAZ BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO	71
1.	INTRODUCCIÓN	71
2.	ANTECEDENTES	71
3.	JUSTIFICACIÓN	74
4.	OBJETIVOS	74
5.	MATERIAL Y MÉTODOS	75
6.	RESULTADOS	79
6.1.	Ciclo Reproductivo en Cautividad	79
6.2.	Análisis de la Distribución de Sexos por Tamaño	83
6.3.	Composición de Sexos	84
6.4.	Tamaño y Edad de Primera Madurez en Cautividad	86
6.5.	Relación Peso-Longitud	88
6.6.	Factor de Condición	90
6.7.	Índice Gonadosomático	94
7.	DISCUSIÓN	97
7.1.	Ciclo Reproductivo en Cautividad	98
7.2.	Distribución de Sexos por Tamaño y Composición de Sexos	100
7.3.	Relación Peso-Longitud, Factor de Condición e Índice Gonadosomático	101
8	CONCLUSIONES	104
Capítulo 3	EFFECTO DEL ALIMENTO SOBRE LA REPRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL DESOVE DE LOS REPRODUCTORES DE <i>Paralabrax Maculatofaciatus</i> (Steindachner 1868) EN CONDICIONES DE CULTIVO	107
1.	INTRODUCCIÓN	107
2.	OBJETIVOS	109
3.	METODOLOGÍA	110
3.1.	Manejo de Reproductores	110
3.2.	Producción de Huevos	113
3.3.	Eclosión	114
3.4.	Índice de Mortalidad por Inanición	115
3.5.	Cultivo Larval	117
3.6.	Cultivo de Alimento Vivo	120
3.6.1	Microalgas	120
3.6.2	Rotíferos	121
3.6.3	Artemia	123
4.	RESULTADOS	124
4.1	Producción de Huevos	124
4.2.	Diámetro de Huevos y Glóbulo de Aceite	127
4.3.	Tasa de Eclosión	129
4.4.	Índice de Mortalidad por Inanición	133
4.5.	Crecimiento y Supervivencia Larval	134

5.	DISCUSIÓN	139
5.1.	Producción de Huevos	142
5.2.	Diámetro de Huevos y Glóbulo de Aceite	144
5.3.	Tasa de Eclosión	146
5.4.	Índice de Mortalidad por Inanición	148
5.5.	Crecimiento y Supervivencia Larval	149
6.	CONCLUSIONES	153
Capítulo 4	CULTIVO EN JAULAS FLOTANTES DE JUVENILES DE <i>Paralabrax maculatofaciatus</i> (Pisces: Serranidae) PRODUCIDOS EN EL LABORATORIO	157
1.	INTRODUCCIÓN	157
2.	ANTECEDENTES	158
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	160
4.	RESULTADOS	165
4.1	Preengorda	165
4.2	Engorda	168
5.	DISCUSIÓN	170
6.	CONCLUSIONES	171
Capítulo 5	CONCLUSIONES GENERALES BIBLIOGRAFÍA	173 176

LISTADO DE CUADROS

INTRODUCCION

Cuadro 1.- Especies representativas del género *Paralabrax* 7

CAPITULO 1.

Cuadro 1. Descripción de los estadio del desarrollo gonádico de las hembras de *Paralabrax maculatofasciatus* en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. 39

Cuadro 2. Descripción de los estadio del desarrollo gonádico de los machos de *Paralabrax maculatofasciatus* en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. 41

Cuadro 3. Distribución del número de hembras, machos y hermafroditas de *Paralabrax maculatofasciatus* en los distintos grupos de edad en la Bahía de La Paz, B.C.S., Mex. durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995). 52

Cuadro 4. Número de ejemplares hembras y machos de *Paralabrax maculatofasciatus* en los diferentes estadios de maduración según el grupo de edad, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. (El número entre paréntesis denota el porcentaje). 53

Cuadro 5.- Promedio del Factor de Condición por sexo y condición de madurez de *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995, en Bahía de La Paz. 55

Cuadro 6.- Resultados de la comparación del Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* machos inmaduros y maduros y hembras inmaduras y maduras. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 77)0.05} = 3.96$ según el ANDEVA para un solo factor. 55

Cuadro 7.- Promedio del Indice gonadosomático por sexo y condición de madurez de *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995, en Bahía de La Paz, Baja California Sur. 56

Cuadro 8.- Resultados de la comparación del Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* machos inmaduros y maduros y hembras inmaduras y maduras. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 77)0.05} = 3.96$ según el ANDEVA para un solo factor. 57

Cuadro 9. Longitud estándar (Ls), Peso total (Pt), Peso gónada (Pg) e Indice gonadosomático (IGS) de *Paralabrax maculatofasciatus* maduros (estadios III y IV) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995). 58

CAPITULO 2

Cuadro 1.- Promedio mensual de los factores ambientales registrados durante el periodo de estudio del proceso reproductivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. 82

Cuadro 2.- Resultados biométricos, longitud estándar (mm) y Peso total (g) de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. 85

Cuadro 3.- Resultados de la comparación de la longitud estándar de machos inmaduros y maduros y hembras inmaduras y maduras de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 52)0.05} = 4.02$ según el ANDEVA para un solo factor. 85

Cuadro 4. Número de hembras, machos y hermafroditas de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> de acuerdo al grupo de edad y tamaño. (Especímenes en cautividad en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mex. Enero 1994 a Julio de 1995).	88
Cuadro 5.- Resultados de la comparación del peso total por sexo y estadio de madurez de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 52)0.05} = 4.02$ según el ANDEVA para un solo factor.	90
Cuadro 6.- Promedio del Factor de Condición por sexo y condición de madurez de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995.	91
Cuadro 7.- Resultados de la comparación del Factor de Condición de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> machos inmaduros y maduros y hembras inmaduras y maduras. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 106)0.05} = 3.93$ según el ANDEVA para un solo factor.	91
Cuadro 8.- Índice gonadosomático por sexo (machos, hembras y transición) y estadio de madurez (inmaduro y maduro) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur.	94
Cuadro 9.- Comparación múltiple del IGS por sexo (machos, hembras y transición) y estadio de madurez (inmaduro y maduro) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur. (Los números en negritas son significativamente diferentes a un $F_{(1,30)0.05} = 4.17$ según el ANDEVA para un solo factor).	95
Cuadro 10.- Relación peso-longitud por sexo (machos, hembras y hermafrodita) y condición (cautividad y silvestre) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en Bahía de La Paz, Baja California Sur.	102
Cuadro 11.- Índice gonadosomático de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en estadio III y IV de una población silvestre y una población cautiva en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.	104
CAPITULO 3	
Cuadro 1.- Análisis proximal de la dieta utilizada en los reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> antes y durante el periodo de desove.	110
Cuadro 2.- Biometría inicial de los seis grupos de reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> utilizados para probar el efecto de tres dietas en la calidad del desove.	113
Cuadro 3.- Diseño experimental para el cultivo de larvas y juveniles de la cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en tanques de polietileno negro y capacidad 1000 L.	118
Cuadro 4.- Protocolo para el cultivo de larvas y juveniles de cabrilla arenera <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (modificado de Avilés-Quevedo <i>et al.</i> 1995).	119
Cuadro 5.- Producción (en miles) de huevos por desove por kilogramo de hembra de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentadas con tres dietas diferentes (cada número corresponde al promedio mensual \pm la desviación estándar).	125
Cuadro 6.- Porcentaje de huevos viables de los reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentados con tres dietas diferentes (los números en negritas fueron significativamente diferentes).	126
Cuadro 7.- Tamaño promedio de los huevos de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentados con tres dietas diferentes (los números en negritas fueron significativamente diferentes).	127

Cuadro 8.- Tamaño promedio de la gota de aceite de los huevos desovados por reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentados con tres dietas diferentes (los números en negritas fueron significativamente diferentes).	129
Cuadro 9.- Porcentaje de eclosión de los huevo de tres grupos de reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentados con dietas diferentes.	130
Cuadro 10.- Valores del índice de mortalidad por inanición de las larvas de tres grupos de reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentados con tres dietas diferentes (los números son valores promedio \pm desviación estándar de diez réplicas).	133
Cuadro 11.- Crecimiento larval de <i>P. maculatofasciatus</i> provenientes de tres grupos de reproductores alimentados con tres dietas diferentes (los números son valores de longitud notocordal y longitud total (mm) \pm la desviación estándar).	135
Cuadro 12.- Resultados del Análisis de Comparación Múltiple de los Coeficientes de Regresión (Parker, 1979) del crecimiento larval de <i>P. maculatofasciatus</i> provenientes de reproductores alimentados con tres dietas diferentes (los números son valores de F obtenidos de la comparación de dos grupos).	135
Cuadro 13.- Porcentaje de supervivencia de larvas provenientes de tres grupos de reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentados con tres dietas diferentes (los números son valores promedio \pm desviación estándar de cultivos triplicados en tanques de 1000 litros).	137
Cuadro 14.- Tamaño de huevos, fecundidad (en número de huevos por gramo de hembra por desove) y período de desove de algunas especies de la familia <i>Serranidae</i> .	145
Cuadro 15.- Tiempo de incubación (horas después de la fecundación) y longitud de la larva al eclosionar de algunas especies de la familia <i>Serranidae</i> .	147
Cuadro 16.- Valores aceptables del Índice de mortalidad por inanición (SAI Starvation Activity Index) que muestran el estado de salud de larvas de peces marinos cultivados comercialmente en Japón, comparados con los valores obtenidos en <i>P. maculatofasciatus</i> .	148
Cuadro 17.- Edad en días después de la eclosión, observado para el cambio de alimento vivo a alimento inerte en peces marinos cultivados comercialmente, comparados con la edad observada en <i>P. maculatofasciatus</i> cultivada experimentalmente.	152
CAPITULO 4	
Cuadro 1.- Estadísticas de la producción acuícola de peces de la familia Serranidea (Fuente FAO, 2000).	159
Cuadro 2.- Tasa de crecimiento y producción de peces serranidos cultivados.	160
Cuadro 3.- Diseño experimental para la preengorda en jaulas flotantes de los juveniles de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> producidos en el laboratorio.	162
Cuadro 4.- Diseño experimental para la engorda en jaulas flotantes de los juveniles de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> producidos en el laboratorio.	164
Cuadro 5.- Resultados del crecimiento de los cuatro grupos de densidad de juveniles de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> producidos en el laboratorio y evaluados en jaulas flotantes durante la preengorda.	166

Cuadro 7.- Resultados del análisis del Factor de Condición (FC) Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) y Eficiencia Alimenticia (EA) entre los cuatro grupos de densidad de juveniles de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> producidos en el laboratorio y mantenidos en jaulas flotantes durante la preengorda.	167
Cuadro 8.- Resultados del crecimiento de los dos grupos de densidad de juveniles de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> producidos en el laboratorio y evaluados en jaulas flotantes de 3x3x2m durante su engorda en Bahía de La Paz, B.C.S., Mex..	168
Cuadro 9.- Resultados del análisis de la tasa de crecimiento en longitud y peso, incremento en biomasa, supervivencia y cálculos de la Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) de la Eficiencia Alimenticia (EA) y del Factor de Condición (FC) de dos grupos de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> producidos en el laboratorio y engordados en jaulas flotantes hasta su tamaño mínimo comercial.	169

LISTADO DE FIGURAS

INTRODUCCION

- Figura 1.- *Paralabrax maculatofasciatus*, Steindachner (1868), conocido localmente como cabrilla arenera, cabrilla sargacera, curricata, verdillo o “spotted sand bass” en Baja California Sur, México (Dibujo tomado de Thomson *et al.*, 1987) 3
- Figura 2.- Proporción de sexos, en base a un análisis histológico de la población de *Paralabrax maculatofasciatus*, Steindachner (1868) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a julio de 1995 8
- Figura 3.- Frecuencia de sexos en relación al tamaño (longitud estándar, cm) de *Paralabrax maculatofasciatus*, Steindachner (1868) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 9
- Figura 4.- Comportamiento de la producción pesquera de cabrillas, baquetas y meros (*Pisces:Serranidae*) en el estado de Baja California Sur, México (Fuente: Anuarios estadístico de pesca 1997, 98, 99, 2000, 01 y 02). 12
- Figura 6. Valor de la producción nacional pesquera de cabrillas (*Pisces:Serranidae*) en México en el periodo 1997 – 2002 (Fuente: Anuario estadístico de Pesca 1997,98,99, 2000, 01 y 02). 15

CAPITULO 1.

- Figura 1.- Explotación pesquera de cabrillas en México. Participación de la captura por estados mexicanos con litoral en el Océano Pacífico (Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca 2000, 01, 02). 20
- Figura 2.- Sitio de estudio en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México (Carta Topográfica INEGI, 1:50 000, El Coyote G12D73, Baja California Sur). La flecha roja señala el sitio de colecta de *Paralabrax maculatofasciatus* en una de las zonas de manglar (en rojo). 29
- Figura 3.- Ubicación de Bahía Falsa, sitio de estudio de la población de *Paralabrax maculatofasciatus* (*Pisces:Serranidae*) asociada a una comunidad de manglar en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México (Yachtsman, Chart book Mexico to Panama 1:30,000, Chart 21125 pag. 39). 34
- Figura 4.- Posición del Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*. 38
- Figura 5.- Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio I**. Se observan las lamelas (**LA**) conteniendo oocitos en diferentes estadios de desarrollo y el Lumen (**LU**) que conduce los oocitos al oviducto. Técnica H E aumento 4X y 20X. 39
- Figura 6.- Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio II**. Se observan las lamelas con oocitos de $166.4 \pm 19.31 \mu$ de diámetro promedio. El núcleo se ubica centralmente y contiene numerosos nucleolos dispuestos en la periferia. Técnica H E aumento 20X. 40
- Figura 7.- Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio III**. El citoplasma se observa granulosos y el núcleo se encuentra desplazado de su posición central. El diámetro promedio de los oocitos es de $246.13 \pm 23.65 \mu$. Técnica H E aumento 20X. 40
- Figura 8.- Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio IV**. El oocito de forma ameboidea duplica su tamaño alcanzando un diámetro de $540 \pm 40 \mu$. El citoplasma se mezcla con agua 41

formando grandes vacuolas. OH , oocito hidratado. Técnica H E aumento 4x y 20X.	
Figura 9.- Testículo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , en estadio I . Se muestra EG , espermatogonias; LA , lamelas y el LU , lumen. H E aumento 10X.	42
Figura 10.- Testículo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , en estadio II . Se observan EP , espermátocitos en s TE , túbulos espermáticos, y EG , espermatogonias. LA , lamelas y LU , lumen. Técnica H – E, aumento 20X.	42
Figura 11.- Testículo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , en estadio III . Se observan ES , espermátidas, y EZ , espermatozoides en CE , criptas espermáticas. Técnica H – E, aumento 20X	43
Figura 12.- Testículo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , en estadio IV . Se observan EZ , espermatozoides; EP , espermátocitos y las CE , criptas espermáticas. Técnica H – E, aumento 20X	43
Figura 13.- Ovario en regresión de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. PT , Proliferación de tejido testicular; TOD , Tejido ovárico en degeneración. Técnica H-E aumento 20X.	44
Figura 14.- Ovario en regresión de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Proliferación de TE , tejido testicular; TOD , Tejido ovárico en degeneración. Obsérvese los OA , oocitos atrésicos y OI , oocitos en estadio I y OII , oocitos en estadio II. Técnica H-E aumento 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).	45
Figura 15.- Factores ambientales registrados en el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el estudio de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (A. Avilés-Quevedo).	46
Figura 16.- Ciclo reproductivo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en relación con la temperatura (°C) fotoperiodo (hora-luz/día) y oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹) durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. [I, inmaduro; II, desarrollo; III, madurez; IV, ovulación]	47
Figura 17.- Ciclo reproductivo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en relación con la precipitación (mm) y salinidad (ups) durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. [I, inmaduro; II, desarrollo; III, madurez; IV, ovulación]	48
Figura 18.- Distribución del sexo por tamaño (longitud estándar en mm) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.	49
Figura 19.- Frecuencia de ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV) en diferentes clases de tamaño (Longitud estándar, mm) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en Bahía de La Paz, B.C.S., Mex. durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995.	50
Figura 20.- Proporción mensual de sexos de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	51
Figura 21.- Relación peso-longitud según el sexo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	54

Figura 22.- Factor de condición de hembras, machos y hermafroditas de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	56
Figura 23.- Índice gonadosomático (IGS) de hembras y machos maduros (estadio III y IV) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> según el grupo de edad en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 (A. Avilés-Quevedo).	59
Figura 24.- Promedio mensual del Índice gonadosomático (IGS) de hembras, machos y especímenes en transición (hermafroditas) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995	59
Figura 25.- Tendencia del Índice gonadosomático (IGS) de hembras, machos y especímenes en transición (hermafroditas) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en relación a la temperatura del mar en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995	60
Figura 26.- Relación del índice gonadosomático (IGS) con el factor de condición (FC) de hembras, machos y especímenes en transición (hermafroditas) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995	67

CAPITULO 2

Figura 1.- Ubicación del módulo experimental de jaulas flotantes para el cultivo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (Fuente: www.maps.google.com)	77
Figura 2.- Modulo experimental de jaulas flotantes de 3 x 3 x 3m para el cultivo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	78
Figura 3.- Estadios de maduración sexual de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes y de la población asociada a la zona de manglar en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [I, inmaduro; II, desarrollo; III, madurez; IV, ovulación]	80
Figura 4.- Relación de la temperatura con el proceso reproductivo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [Ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV)].	81
Figura 5.- Relación del fotoperiodo (h-luz/día) con el proceso reproductivo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [Ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV)].	81
Figura 6.- Relación de la precipitación (mm) y la salinidad (ups) con el proceso reproductivo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [Ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV)].	83
Figura 7.- Distribución de sexos por tamaños (Longitud estándar mm) de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.	84

Figura 8.- Proporción mensual de sexos de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	86
Figura 9.- Tamaño mínimo de madurez de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV) en diferentes clases de tamaño (Longitud estándar, mm)]	87
Figura 10.- Comparación de la relación peso-longitud según el sexo de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> y la condición de cautividad y en estado silvestre, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	89
Figura 11.- Ciclo de madurez sexual y Factor de Condición de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	92
Figura 12.- Efecto de la temperatura en el Factor de Condición de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	92
Figura 13.- Efecto del fotoperiodo en el Factor de Condición de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	93
Figura 14.- Efecto de la precipitación en el Factor de Condición de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	93
Figura 15.- Efecto de la temperatura en el Índice Gonadosomático de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	95
Figura 16.- Índice gonadosomático de hembras y macho en relación al grupo de edad de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	96
Figura 17.- Efecto del fotoperiodo (horas-luz/día) en el promedio mensual del Índice gonadosomático de hembras, macho e individuos en transición de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	96
Figura 18.- Efecto de la precipitación (mm) en el promedio mensual del Índice gonadosomático de hembras, macho e individuos en transición de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones de cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	97
Figura 19.- Índice gonadosomático de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en condiciones silvestres y condiciones de cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico.	103

CAPITULO 3

Figura 1.- Tanque de desove y sistema de colecta de huevos para <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en el CRIP-La Paz	112
Figura 2.- Separación de huevos viables de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> por decantación en agua de mar, con salinidad normal de 35.5 ups	116
Figura 3.- Tanques circulares de polietileno de color negro y capacidad de 1000 L para el cultivo larval de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> en el CRIP-La Paz.	117
Figura 4.- Cálculo de la abertura de la boca de la larva (Shirota, 1970).	122
Figura 5.- Producción promedio mensual de huevos por desove por kilogramo de hembra de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentadas con tres dietas diferentes.	125
Figura 6.- Porcentaje promedio mensual de huevos viables por desove por kilogramo de hembra de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentadas con tres dietas diferentes.	126
Figura 7.- Promedio mensual del diámetro del huevo (en micras) de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentadas con tres dietas diferentes.	128
Figura 8.- Promedio mensual del diámetro de la gota de aceite (en micras) del huevo de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentadas con tres dietas diferentes.	129
Figura 9.- Porcentaje promedio mensual de la tasa de eclosión del huevo de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentadas con tres dietas diferentes.	130
Figura 10.- Relación de la temperatura del agua con la tasa de eclosión del huevo de <i>P. maculatofasciatus</i> . Los puntos son valores promedio de 10 observaciones \pm su desviación estándar.	131
Figura 11.- Relación entre la temperatura del agua y el tiempo de incubación requerido para el 50% de eclosión larval de <i>P. maculatofasciatus</i> . (Los puntos son los valores promedio de 10 observaciones).	132
Figura 12.- Efecto de la salinidad en el porcentaje de la tasa de eclosión larval de <i>P. maculatofasciatus</i> . (Los puntos son los valores promedio de tres observaciones).	132
Figura 13.- Supervivencia de larvas de tres grupos de reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentados con dietas diferentes y sometidas a inanición en una densidad de 10 larva.500ml ⁻¹ (los líneas son valores promedio de diez réplicas).	134
Figura 14.- Ajuste exponencial del crecimiento de larvas de <i>P. maculatofasciatus</i> provenientes de reproductores tratados con tres dietas diferentes y cultivados en tanques de 1000 litros.	137
Figura 15.- Supervivencia de larvas provenientes de tres grupos de reproductores de <i>P. maculatofasciatus</i> alimentados con tres dietas diferentes (las líneas son valores promedio de cultivos triplicados en tanques de 1000 L).	138

CAPITULO 4

Figura 1.- Ubicación de cuatro jaulas de 1 m ³ con luz de malla de 2 mm dentro de una jaula de 3x 3x2 m. Todas las jaulas fueron cubiertas con una malla sombra de 75% para evitar la depredación por aves y controlar la entrada de luz.	163
Figura 2.- Supervivencia en porcentaje de los grupos de <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> cultivados en jaulas flotantes experimentales de 1 m ³ con luz de malla de 2mm durante la preengorda.	167

AGRADECIMIENTOS

Agradezco con profundo afecto al Dr. **Francesc Castelló i Orvay**, director de este trabajo y buen amigo, gracias por apoyarme en esta etapa de superación y desarrollo personal, pero sobre todo por su enorme paciencia y acertadas críticas, correcciones y sugerencias.

A los maestros de la **Universitat de Barcelona** por su soporte académico y darme la oportunidad de desarrollarme académicamente

A mis padres: Ing. Santiago Avilés Esquerra y Evangelina Quevedo, y a mis hermanos: Santiago, Rafael, Jorge, Delia, Evangelina, Alba Rocio, Isaac y Aquiles por darme su cariño y tantos momentos para recordar en la vida.

A **José Manuel Mazón Suástegui**, compañero y amigo por compartir su vida conmigo por más de 30 años.

A mis hijos: **Diana** y **José Manuel**, por todo el cariño y amor que hemos compartido juntos desde el inicio, y con la ilusión de ver sus vidas plenas.

A mi nieto **Duilio Julián** todo el cariño y tiempo que me ha regalado, y a su **hermanita** que aún no ha nacido, todas las esperanzas y todo el amor de mi vida.

INTRODUCCION

El estudio de *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) como uno de los peces más característicos de la ictiofauna de Baja California Sur, tiene como objeto abordar los aspectos biológicos desde el punto de vista reproductivo, en el cual destaca, por su prolongado periodo de desove, su manifiesto gonocorismo secundario y hermafroditismo protogínico, así como desde el punto de vista de su comportamiento en cautiverio en cuanto a densidad de cultivo y alimentación. Ambos aspectos se estudian con el fin de apoyar el desarrollo de su cultivo, dada la importancia que tiene su pesca y valor económico en la región y al hecho de que es capturada indiscriminadamente en la pesca del camarón.

Paralabrax maculatofasciatus presenta muchas buenas cualidades como especie potencial para la piscicultura marina ya que es *euritérmica* tolerando un rango de temperatura de 32°C a 7.5°C, aunque en estas condiciones extremas deja de alimentarse (Thomson *et al.*, 1987). También es *eurihalina* tolerando un rango desde 0 a 75 ups, lo que permite proporcionarle baños de agua dulce y de salmuera para eliminar ectoparásitos, además de ampliar la disponibilidad de sitios para la instalación de su cultivo. En condiciones de cautividad se muestra gregaria, permaneciendo hacinada en el fondo y esquinas de la jaula o tanque. Por otro lado, esta especie es muy resistente al manejo (lo cual facilita su captura y condiciones de traslado). Además, regionalmente es abundante, encontrándose en grandes cantidades en todas la bahías y zonas costeras de fondo arenofangoso, cercanos a rocas o praderas de pastos marinos o algas (Lluch-Cota, 1995) con lo cual facilita la obtención de ejemplares para la formación de stocks de reproductores y/o iniciar las primeras pruebas de engorde.

1. IDENTIDAD.

Los peces de la familia Serranidae no poseen rasgos distintivos, por lo que son considerados peces generalizados de definición complicada con aletas

espinosas y pocas características diagnósticas que les permitan diferenciarse de otros peces Perciformes (Thomson *et al.* 1987). Sin embargo, los estudios filogenéticos de Baldwin y Johnson (1993) y Pondella *et al.*(2003) permiten clasificar a la familia como un grupo monofilético basados en cuatro simples características morfométricas: tres espinas en el opérculo, y la ausencia de la uroneural posterior, espina procurrente y tercer cartílago radial preural.

La familia Serranidae se integra de por lo menos 400 especies, incluidas en tres subfamilias: Serraninae, Anthiinae y Epinephelinae, considerando a la primera como el taxón basal. La familia Incluye a 28 géneros, en donde *Paralabrax* es considerado el género basal (Baldwin y Jonson, 1993; Pondella *et al.*, 2003). La mayoría de estos teleosteos son de talla mediana a grande que se distribuyen principalmente en aguas costeras, aunque unas pocas se encuentran a profundidades de más de 300 m (Thomson *et al.*, 1987).

De acuerdo con Baldwin y Johnson (1993) la taxonomía de *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) la incluye dentro de la Clase: *Actinopterygii*, División: *Teleostei*, Orden *Perciforme*; Suborden *Percoidei*; Familia *Serranidae*, Subfamilia *Serraninae* y Género *Paralabrax* (Girard, 1856).

Las especies del género *Paralabrax* se distinguen fácilmente de los otros serránidos por su tercera espina dorsal, fuerte y alargada con respecto al resto de las dorsales (menos aparente en *P. clathratus*) y por su aleta caudal recta y no redondeada (Smith y Young, 1966). En contraste no muestran diferencias marcadas entre si, distinguiéndose por caracteres poco evidentes como el tamaño relativo de sus escamas, el número de escamas en la línea lateral, sus patrones de coloración y algunas relaciones morfométricas (Thomson *et al.*, 1987).

Paralabrax maculatofasciatus se caracteriza por su coloración pardoverdosa, con el vientre amarillento y el dorso y aletas moteados por pequeñas manchas redondas de color café oscuro y naranja difuso. Estas manchas forman seis o siete bandas oscuras verticales (a veces poco definidas) distribuidas en el

cuerpo y aletas y una banda oscura se extiende diagonalmente hacia atrás, atravesando sus ojos rojizos (Figura 1). Como características distintivas destacan 24 vértebras, aleta dorsal con 10 espinas y de 13 a 14 radios, aleta anal con 3 espinas y de 6 a 8 radios, línea lateral con 66 a 80 poros y 92 a 120 escamas, y parte inferior del primer arco branquial con 13 branquiespinas (Miller y Lea, 1972; Thomson, *et al.*, 1987).

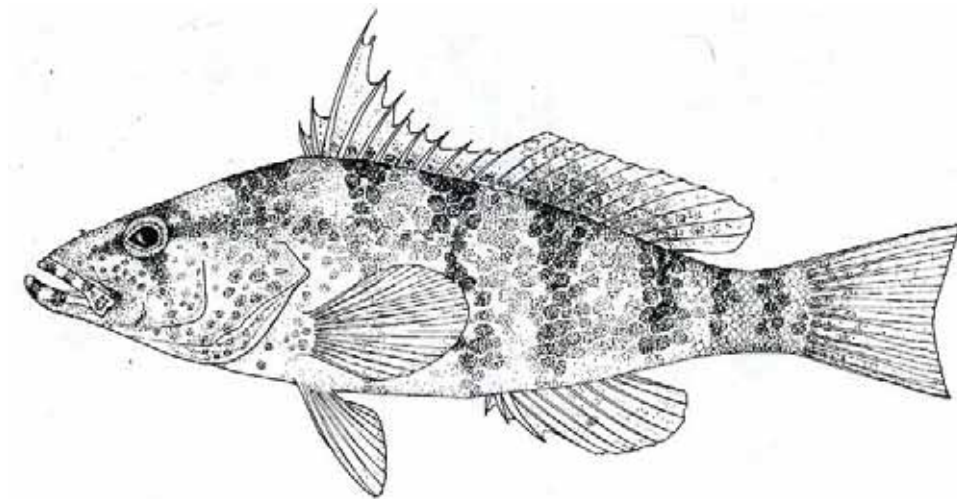


Figura 1.- *Paralabrax maculatofasciatus*, Steindachner (1868), conocido localmente como cabrilla arenera, cabrilla sargacera, curricata, verdillo o "spotted sand bass" en Baja California Sur, México (Dibujo tomado de Thomson *et al.*, 1987)

2. HABITAT

Todos los peces de esta familia son carnívoros voraces que se alimentan de peces, crustáceos, y ocasionalmente de cefalópodos, por lo que se encuentran cerca de la cúspide de la cadena alimenticia del hábitat marino tropical y subtropical, donde juegan un papel importante en la estructura poblacional de la ictiofauna de estos ambientes (Polovina & Ralston, 1987; Thomson *et al.*, 1987 y Shokita *et al.*, 1991).

Los Serranidae, son una de las familias representativas de los fondos rocosos y arrecifales de las zonas costeras (Thomson *et al.* 1987). En especial la subfamilia Serraninae, presenta a la mayor parte de sus especies asociadas a este tipo de ambientes, como carnívoros pequeños, activos, crípticos y territorialistas, que por lo general depredan durante el día sobre crustáceos y peces pequeños de las zonas rocosas o arrecifales. De hecho las especies del género *Paralabrax* (Serranidae:Serraninae) son identificadas como un nuevo género mundial de peces mesocarnívoros que dominan los ambientes costeros rocoso-arrecifal, en donde su presencia depredadora es una importante determinante en la estructura y evolución de esas comunidades. Además, al menos una especie del género se encuentra presente en cada provincia templado-tropical del Pacífico oriental y Atlántico occidental, haciendo de éste género un apropiado ejemplo para la inferencia filogeográfica dentro del proceso de especiación entre estas provincias (Pondella II *et al.*, 2003).

En el Golfo de California, *Paralabrax maculatofasciatus* se encuentra ocupando fondos arenosos y rocosos, y en especial en el ecotono entre ambos (Thomson *et al.*, 1987). En Bahía de La Paz se encuentra en zonas someras de fondos areno-fangoso y manglar (Avilés-Quevedo *et al.*, 1995). En Bahía Magdalena, en el litoral del Pacífico, Lluch-Cota (1995) encontró que esta especie se desarrolla con éxito en hábitats diferentes: fondos arenosos y lodosos, así como en áreas de praderas de fanerógamas marinas (Lluch-Cota, 1995).

En las bahías del sur de California, en Estados Unidos, Roberts *et al.* (1984) mencionan que *P. maculatofasciatus* prefiere las aguas cálidas de los puertos y que generalmente se encuentra cerca de las praderas de pastizales marinos y playas rocosas. Mientras que Hovey y Allen (2001) citan para esta misma región que la especie se restringe típicamente al hábitat de fondos arenosos o lodosos de bahías, puertos y lagunas costeras que contengan rocas y pastos marinos en fondo y superficie. De hecho, estas áreas son generalmente el refugio de estas especies subtropicales.

3. HABITOS ALIMENTICIOS

Congruente con esta diversidad de habitats, en Bahía de La Paz, se muestra como un pez carnívoro de amplio espectro que se alimenta de peces pequeños y crustáceos durante el día (Maeda-Martínez, 1981). En el Golfo de California, *P. maculatofasciatus* se alimenta de jóvenes peces arrecifales que acecha desde su refugio de donde se desplaza rápidamente para capturar a su presa y regresar de nuevo a su refugio (Thomson *et al.*, 1987; Ferry *et al.*, 1997) En condiciones de cautiverio, esta especie consume cabeza de calamar, liza, sardina, macarela y camarón así como una dieta semi-húmeda compuesta de una mezcla de liza (40%) harina de sardina (39%) cabeza de calamar (10%) mezcla de vitaminas (1.5%) mezcla de minerales (0.5%) aceite de hígado de calamar (5%) alginato de sodio (1.5%) almidón de maíz (1.5%) y antioxidantes y antisépticos (1%) (Avilés-Quevedo *et al.*, 1995).

En Bahía Magdalena, B.C.S., *P. maculatofasciatus* se alimenta de moluscos bivalvos, gasterópodos, cefalópodos, ofiuroideos, asteroideos y poliquetos; además de peces y crustáceos durante el día, crepúsculo y noche (Lluch-Cota, 1995) con lo cual se observa una gran versatilidad de la especies. Las poblaciones mas norteñas, como la de Laguna Ojo de Liebre, al norte de Baja California Sur, muestran hábitos alimenticios distintos, en donde, de acuerdo con su abundancia relativa, las especies principales son: el anfípodo *Corophium* spp., el isópodo *Paracerceis* spp., el poliqueto *Pherusa* spp., el decápodo *Callinectes bellicosus* y peces, y aunque no se observó un traslape trófico entre los diferentes grupos de edad, se encontró que las cabrillas jóvenes se alimentan principalmente de anfípodos, isópodos y moluscos y las cabrillas más grandes se alimentan de cangrejos y *Octopus* spp (Bocanegra-Castillo *et al.*, 2002). En la población del estero de Punta Banda en Ensenada, Baja California, esta especie se alimenta de un 37% de decápodos (*Hemigrapsus oregonensis*, *Callinectes arcuatus* y *Pyromaia tuberculata*) 32% de peces (*Atherinops affinis* y gobidos) y de un 13.4% de moluscos (*Tagelus californicus*, *Solen rosaceus*, *Bulla gouldiana* y

Laevicardium substriatum) el resto se compone de *Zoostera marina*, esponjas, hidrozoarios, nemertinos, poliquetos, moluscos, decápodos, caprelidos, isópodos, equinodermos, ascidias, gamáridos (*Corophium acherusicum*) peces y huevos de *Atherynops affinis* (Mendoza-Carranza y Rosales-Casián, 2000). En el litoral californiano en su distribución más boreal, la dieta de *P. maculatofasciatus* consiste principalmente de cangrejos y almejas, y los peces solo forman un componente relativamente pequeño del espectro trófico de la especie (Hovey y Allen, 2001).

En general se puede afirmar que *P. maculatofasciatus* es un depredador carnívoro que se alimenta principalmente de invertebrados epibentónicos (Bocanegra-Castillo *et al.*, 2002) y bentónicos, activos e inactivos, diurnos y nocturnos, mostrando características de adaptabilidad a una gran diversidad de hábitats y dietas.

4. DISTRIBUCIÓN

En el Golfo de California la familia Serranidae se encuentra representada por 11 géneros y 33 especies de las cuales 22 se encuentran comúnmente en áreas de arrecife, las otras se encuentran en aguas más profundas sobre fondos arenosos. La cabrilla que se estudia en esta zona pertenece al género *Paralabrax* el cual está representado por cinco especies, limitadas en su distribución al Pacífico oriental de las costas centrales de California (Monterey) a Cabo San Lucas, Baja California Sur y Mazatlán, Sinaloa, incluyendo el Golfo de California (Thomson *et al.* 1987, Hovey y Allen, 2001) y cuatro especies en el Pacífico sudoriental (zona de transición templado-cálido) de Panamá a Chile (Chirichigno, 1982).

La especie, objeto de este estudio, *Paralabrax maculatofasciatus* es simpátrica con *P. clatrathus* y *P. nebulifer* en el límite boreal de su distribución y con *P. auroguttatus* y *P. loro* en su límite meridional (Lluch-Cota, 1995; Stepien, 2001), todas ellas habitantes de la zona tropical o templado-cálido en aguas del

Pacífico nororiental (Thomson. *et al.*, 1987). El género *Paralabrax* esta representado por nueve especies que se distribuyen en aguas del Océano Pacífico y una en el Atlántico (Cuadro 1):

Cuadro 1.- Especies representativas del género *Paralabrax*

Distribución	Nombre científico	Nombre común
Pacífico nororiental (zona tropical o templado cálida)	<i>P. maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868)	Curricata, cabrilla arenera, Spotted sand bass, extranjera
Monterey, California a Mazatlán, Sinaloa incluyendo el Golfo de California.	<i>P. clathratus</i> (Girard, 1854)	Cabrilla de sargazo, Kelp bass California kelp bass, Cálco bass
Santa Bárbara, California y Sur de Baja California, pero no en el Golfo de California	<i>P. nebulifer</i> (Girard, 1854)	Cabrilla de arena, Sand bass, Kelp bass, jonny verde, Barred sand bass, california rock bass
Sur de California y Sur del Golfo de California	<i>P. auroguttatus</i> (Walford, 1936)	Cabrilla extranjera, Goldspotted sand bass
Mazatlán a Panamá	<i>P. loro</i> (Walford, 1936)	Cabrilla loro, Parrot sand bass, cabrilla cueruda.
Pacífico sudoriental (zona de transición templado-cálido)	<i>P. humeralis</i> (Valenciennes, 1828)	Cabrilla lucero, Peruvian rock seabass
Sur de Chile hasta Colombia	<i>P. semifasciatus</i> (Guichenot, 1849)	Cabrilla chilena, banded sand seabass
Perú y Ecuador	<i>P. callaensis</i> (Starks, 1906)	Cabrilla perela, cabrilla raya, cabrilla fina, muñe, Southern rock seabass
Isla Galápagos	<i>P. albomaculatus</i> (Jenyns, 1840)	Camotillo, White spotted sand bass
Norte del Atlántico Sudamericano (región del Caribe)	<i>P. dewegeri</i> (Metzelaar, 1919)	Vieja, Mero viejo, Serran vieux

Fuente: (Thomson *et al.*, 1978; Chirichigno, 1982; Rojas y Pequeño, 2001, Stepien, et al., 2001).

5. REPRODUCCION

La familia se caracteriza por exhibir un hermafroditismo funcional como estrategia reproductiva; aunque algunos producen huevos y esperma al mismo tiempo en el tejido gonádico (hermafrodita sincrónico) y otros sufren una

reversión sexual con la edad (hermafrodita secuencial: protogínico o protándrico) (Polovina & Ralston, 1987; Lluch-Cota, 1995). En Bahía de La Paz, la población de *Paralabrax maculatofasciatus* exhibe un patrón reproductivo gonocorista y hermafrodita en donde, de acuerdo al análisis histológico y al análisis de distribución de tallas por sexo, se encontró que el 39% de la población muestreada fueron machos, el 56% fueron hembras y el 5% fueron organismos en transición (Figura 2) en donde se observó tejido ovárico en regresión, criptas espermáticas conteniendo esperma en desarrollo y un “lumen” central. Histológicamente, la gónada hermafrodita o en transición de *P. maculatofasciatus* corresponde al tipo no delimitado, debido a que el tejido ovárico y testicular no se observan separados por tejido conjuntivo.

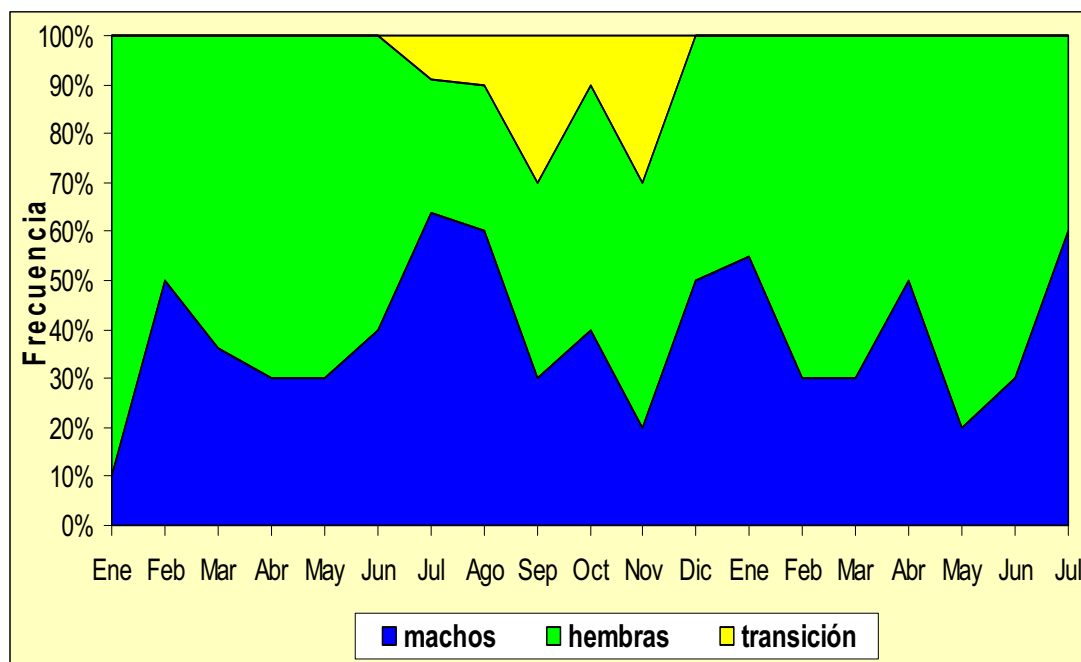


Figura 2.- Proporción de sexos, en base a un análisis histológico de la población de *Paralabrax maculatofasciatus*, Steindachner (1868) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a julio de 1995 (Avilés-Quevedo *et al* 1996c).

El estudio realizado por Chávez y Arvizu (1972) en el Golfo de California, analizando 4500 ejemplares de *P. maculatofasciatus* determinaron tamaños

mínimos de madurez de 10.6cm de longitud estándar (Ls) para hembras de 2 año de edad y 14.4 cm de Ls para machos de 3 años de edad. Hastings (1989) estudiando las poblaciones del norte del Golfo de California encontró que el tamaño mínimo de madurez se presenta a los 9.2 cm de Ls para hembras y a los 10.2 cm de Ls para los machos . Ambos resultados coinciden con lo observado en Bahía de La Paz, en el análisis de la frecuencia de sexos por clases de longitud estándar, en donde se muestra que las hembras maduras más pequeñas tienen 9 cm de Ls en promedio y que los machos más pequeños se encuentran en los 13 cm de Ls promedio. Mientras que los organismos en transición se encuentran entre la clase de 15 a 18 cm de Ls (Figura 3) los cuales se observaron entre los meses de Julio a Noviembre coincidiendo con el periodo más cálido del agua y con la mínima actividad reproductiva (Avilés-Quevedo et al.,1995).).

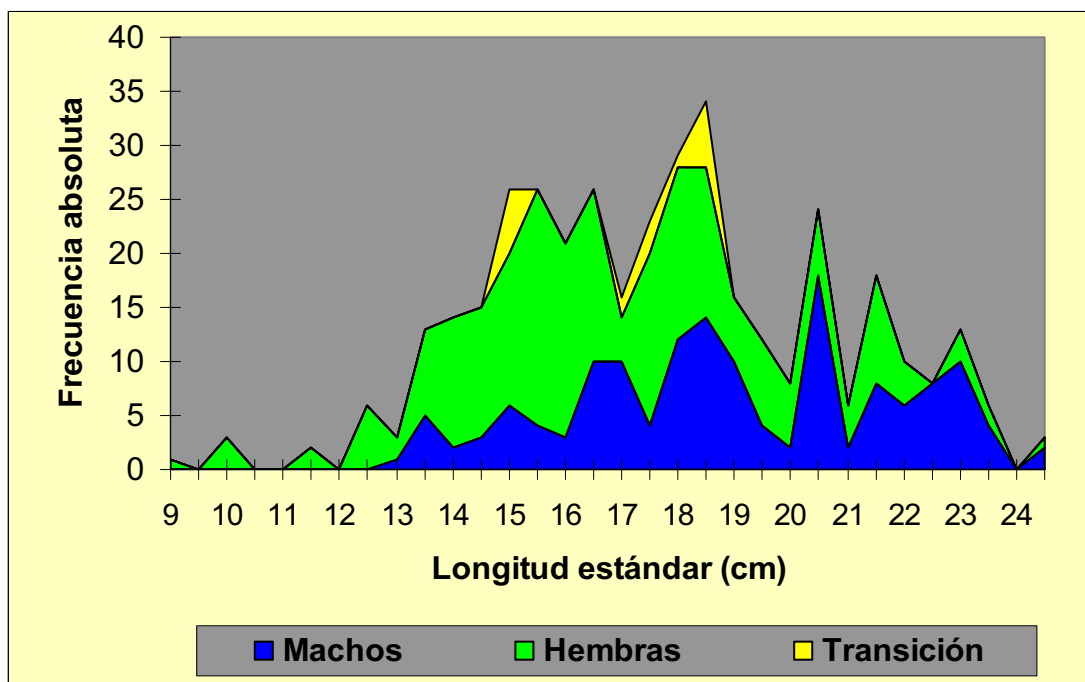


Figura 3.- Frecuencia de sexos en relación al tamaño (longitud estándar, cm) de *Paralabrax maculatofasciatus*, Steindachner (1868) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 (Avilés-Quevedo *et al.*, 1996c)

En el mismo análisis de distribución de tamaños por sexos (Figura 3) se observa que las hembras dominan en los grupos o clases iniciales en una proporción de 2:1, con lo cual se confirma el carácter protogínico; pero el hecho de que en las clases más grandes se encuentren hembras en una proporción de 1:2 muestra que una parte de la población no experimentó cambio de sexo, lo cual puede indicar un hermafroditismo protoginismo incompleto, o que hacen su transformación sexual a tallas más avanzadas (Garratt, 1986 citado por Lluch-Cota, 1995). Aunque, debido a problemas inherentes al tamaño de muestra y a la metodología empleada (382 durante 19 meses) estas reflexiones deben considerarse preliminares.

6. ESTADO ACTUAL DEL RECURSO.

Las cabrillas como miembros de la familia *Serranidae*, son popularmente conocidos como cabrillas, “groupers”, meros, chernas, baquetas o “sea basses”, son considerados dentro de los peces bentónicos más importantes de los mares subtropicales y tropicales del mundo en donde son muy apreciados por la textura de su carne y sabor, especialmente cuando son preparados como exóticos platillos de la comida china o japonesa. Estos peces constituyen un componente importante de las pesquerías artesanales asociadas a los ambientes costeros (Polovina y Ralton, 1987).

Paralabrax maculatofasciatus, conocida comúnmente como cabrilla, es sin duda la especie más frecuente dentro de la ictiofauna demersal que se explota en el noroeste mexicano, como lo demuestra la estadística nacional pesquera. Su comportamiento y presencia en los fondos arenosos, la hace accesible a diferentes artes de pesca masiva como las redes de arrastre, redes agalleras de fondo y palangres de media agua, y línea de mano. Su captura se realiza durante todo el año sin ninguna reglamentación (Rodríguez de la Cruz, *et al.*, 1994). Por otro lado, en la pesquería de arrastre del camarón, esta especie constituye el componente más importante de la fauna acompañante en todas las tallas. Incluso

se ha señalado como un recurso potencial, que actualmente se desperdicia (Lluch Cota, 1995).

En el litoral californiano de Estados Unidos, la pesca con caña de *P. maculatofasciatus* ha ganado popularidad rápidamente por presentar una conducta agresiva y una gran habilidad luchadora, distinta a la conducta que presenta la misma especie en Baja California Sur. Debido a estas características, se organizan torneos exclusivos para esta especie, con lo que su pesca recreativa ha aumentado dramáticamente su captura en los últimos diez años. De acuerdo con el Departamento de caza y pesca de California, se han pescado 37,000 a 347,000 especímenes de 1994 a 1999, con lo que el futuro de esta pesquería se ve incierto ya que se desconoce como afectará a la limitada y genéticamente distinta población del Sur de California que además, tiende a amplificar los efectos adversos de cambios medioambientales (Havey y Allen, 2001).

Por lo anterior, el estatus de la cabrilla es el de una pesquería aprovechada a nivel máximo sustentable (Carta Nacional Pesquera de México, 2004) recomendándose las siguientes estrategias de manejo: a). Evaluar a corto plazo, el riesgo de mantener capturas tan altas en las costas de Baja California Sur, b). Delimitar áreas de pesca para embarcaciones menores, c). Establecer áreas, vedas, cuotas y períodos de captura para todas las especies asociadas con estas especies, y d). Determinar una talla mínima de captura para proteger la reproducción.

Lo anterior es debido a que en la última década, la producción pesquera del Estado ha aportado el 82 a 90% del volumen nacional de cabrillas. Sin embargo, a partir del año 1997 empezó a mostrarse un decremento significativo, haciendo una diferencia de más de 2000 toneladas equivalentes a una disminución del 87% del volumen de la captura promedio anual para el año 2002 (Figura 4). Aunque a partir de 1989, la introducción de la pesquería de calamar sumada a la captura de sardina estatal ha permitido incrementar significativamente el volumen de la producción pesquera del estado. Asimismo, se observa también que especies,

como la baquetas y meros (*Pisces: Serranidae*) de interés comercial en el país, tienden a disminuir a pesar del aumento en el esfuerzo y del elevado costo de operación (Figura 4).

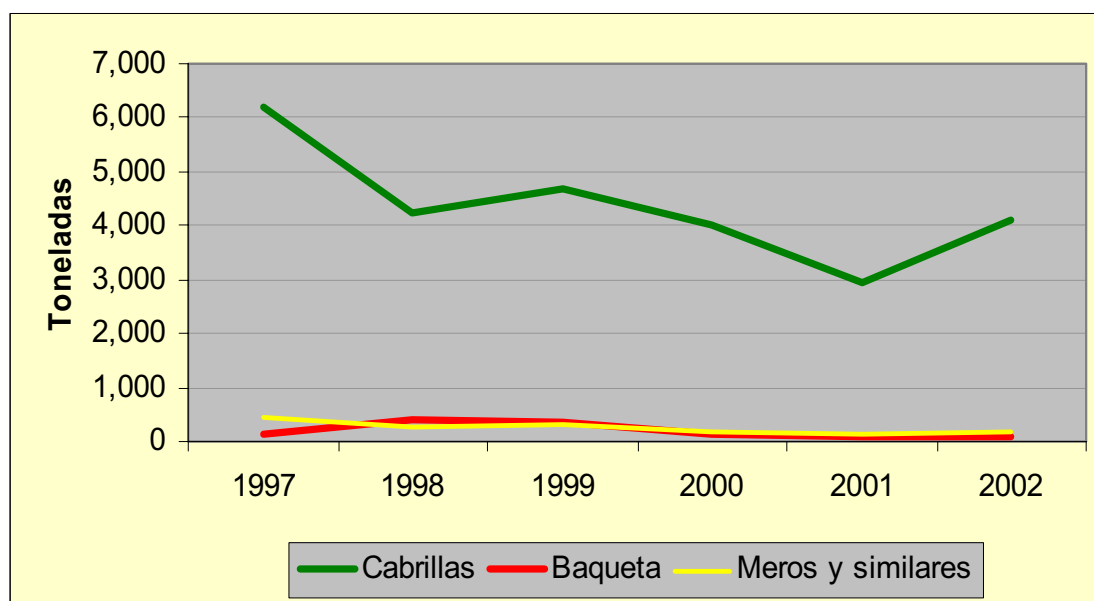


Figura 4.- Comportamiento de la producción pesquera de cabrillas, baquetas y meros (*Pisces:Serranidae*) en el estado de Baja California Sur, México (Fuente: Anuarios estadístico de pesca 1997, 98, 99, 2000, 01 y 02).

La disminución crítica de las pesquerías, ha motivado la búsqueda de fuentes alternativas de producción diferentes de la captura, que al incidir sobre poblaciones silvestres es altamente variable y con una marcada tendencia a disminuir. Esta alternativa, es sin duda alguna la acuicultura, que permite una producción dimensionable *a priori* y con un calendario de cosechas programable que ofrece ventajas competitivas en el mercado.

El estado en que se encuentran todas las pesquerías en el mundo es debido a daños irreversibles en los ecosistemas acuáticos, ocasionados por el uso de artes de pesca poco selectivos, que afectan el desarrollo de otras especies sobre las cuales se sustentan las de mayor interés y que además alteran los

fondos marinos destruyendo el hábitat de especies bentónicas y de las poblaciones asociadas a ellas. Según FAO, el 3% de los recursos pesqueros ya se encuentran agotados; el 21% moderadamente explotado y el 52% esta en una situación de explotación total, lo cual significa que están siendo explotados a su máxima productividad biológica y el 24% oscila entre sobreexplotación, agotamiento y recuperación del agotamiento. Con lo que un incremento en la pesca de estos stock no incrementaría la producción, pero si ocasionaría un serio daño a la reproducción, reduciéndola a niveles peligrosos de recuperación (fishupdate.com, 2005 y jornada.unam.mx 2005).

Por otro lado, el desmedido esfuerzo pesquero es tal, que actualmente actúa con una enorme presión sobre un número muy reducido de especies (solo una de cada mil especies acuáticas es explotada y consumida directamente o indirectamente por el hombre y de éstas, el 90% son especies consideradas como carnívoras). Además, al no respetar épocas de veda, ni restricciones en las tallas mínimas de captura, y la extracción de especies, solo por el valor de sus gónadas, buches o aletas como sucede con la liza, Totoaba, tiburones y tortugas marinas, ha ocasionado una tendencia a la reducción de la tasa de crecimiento de la pesca a 1.2% anual.

Ante este panorama se presenta un incremento en la población que demandará un consumo de 121 millones de toneladas de pescado para el 2010 (Brugère y Ridler, 2004) y 180 millones de toneladas anuales para el 2015 (Reunión del Comité de Pesca de FAO, en Roma, marzo 2005). Frente a esta situación, solo cabe una solución: iniciar la explotación de las especies acuáticas de manera racional con una base científica y técnica a través del desarrollo controlado de su cultivo (Castelló-Orvay, 2001).

7. IMPORTANCIA ECONOMICA

A nivel nacional, las cabrillas no son relevantes en términos pesqueros, debido a su regionalidad y al poco volumen de su captura, por lo que no es objeto de estadísticas específicas ya que no aparece como tal en los Anuarios Estadísticos de Pesca de SEMARNAP 1997, 1998, 1999, SAGARPA 2000 y 2001, 2002, aún así, los ingresos por concepto de la venta de su captura en puerto ha fluctuado de los 60 a los 20 millones de pesos moneda nacional (Figura 5). Mientras que en el mercado nacional el precio al menudeo fluctúa entre \$120.00 pesos m.n. y \$140.00 pesos m.n./kg entero y el filete se paga en \$180.00 peso m.n. y \$200.00 pesos m.n. por kilogramo.

Las cabrillas son peces que dan un rendimiento del 83-90% en su presentación eviscerado y de 43-48% en filete. Se comercializa entero o en filete, enhielado o congelado.

Estos peces son una buena fuente de proteínas, tienen un alto contenido de ácidos grasos como el palmítico, oleico, EPA, DHA, palmitoleico y esteárico y minerales como potasio, sodio, magnesio y calcio (Pacheco Aguilar y García Sánchez, 2003).

En México, la pesca de escama es considerada como una actividad estratégica para el desarrollo económico y social del país, aunque en el estado de Baja California Sur, es la segunda fuente productiva, debido a sus considerables recursos marítimos, a sus condiciones ecológicas semidesérticas que no permiten el desarrollo de ninguna industria (a excepción del turismo) y a sus características oceanográficas costeras que permiten considerar al Golfo de California, como uno de los mares con mayor diversidad de especies.

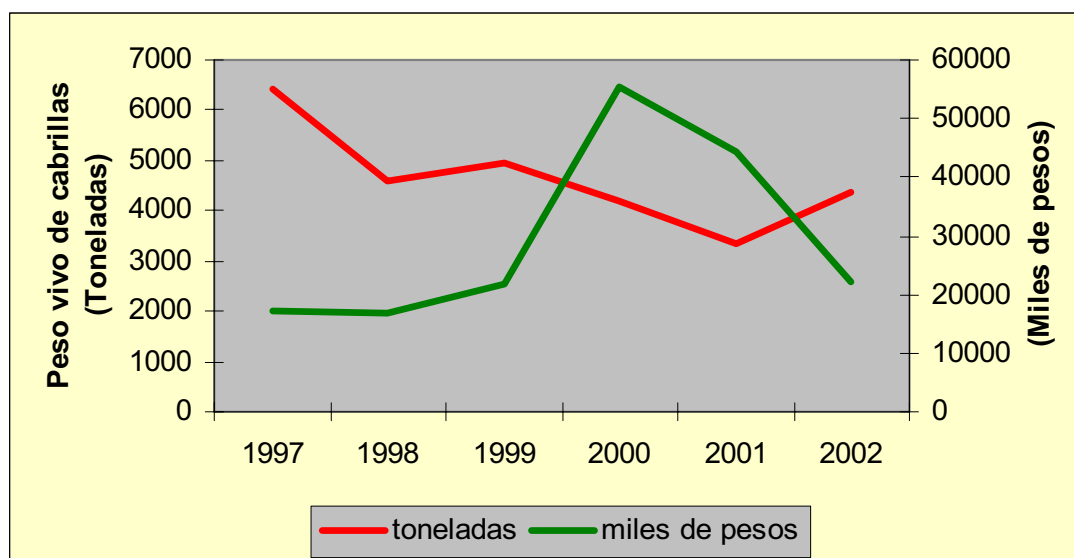


Figura 5. Valor de la producción nacional pesquera de cabrillas (*Pisces:Serranidae*) en México en el periodo 1997 – 2002 (Fuente: Anuario estadístico de Pesca 1997,98,99, 2000, 01 y 02).

Las fortalezas y oportunidades que tiene Baja California Sur para desarrollar la maricultura, son su extensión costera de 1,400 km en el litoral occidental (Océano Pacífico) y 800 km en la parte oriental (Golfo de California) representando el 22% de los litorales nacionales; con una plataforma continental de 23,552 km² y 224,000 hectáreas de lagunas litorales, y la calidad de sus aguas aunado a su situación geográfica cercana a la frontera con Estados Unidos de Norteamérica en donde se encuentra el mayor mercado de América que permite la comercialización directa a un mejor precio para el productor pesquero y acuícola.

Por otro lado, las debilidades para el desarrollo de la maricultura son el poco conocimiento biológico que tenemos de la gran diversidad de especies, el poco desarrollo de las técnicas de producción acuícola sustentable, insuficiente integración del sector productor y la discontinuidad en los canales de investigación, producción y desarrollo tecnológico, aunado a la escasa costumbre de consumo de pescados y mariscos, en el que la población no distingue entre un producto fresco de un enhielado. Actualmente el consumo nacional promedio no alcanza los 8.5 kg *per cápita* (Anuario Estadístico de Pesca, 2002).

Por lo que el desarrollo de la maricultura en México presenta como desafíos:

Adecuar tecnologías ya probadas en otras especies para el control de la reproducción y del desove, con el fin de lograr la independencia de los ciclos de producción natural y su continuidad a lo largo del año para una especie o para la secuencia de otras. Y

Determinar y ubicar los sitios más adecuados que proporcionen las mejores condiciones ambientales para el crecimiento y desarrollo de los peces cultivados, en donde el impacto ambiental sea minimizado, se optimicen los servicios y se tenga acceso a los canales de distribución y comercialización del producto.

2. OBJETIVOS

Como consecuencia de lo expuesto en el capítulo anterior, el objetivo general de este trabajo, es caracterizar la población de *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, desde el punto de vista de su modalidad reproductiva y aspectos relevantes para su desarrollo acuícola.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Contribuir en el conocimiento de la biología reproductiva de la población de *P. maculatofasciatus* en Bahía de La Paz y su comportamiento reproductivo en cautividad en la misma bahía.

Probar la posibilidad de su cultivo y utilización de la especie como “modelo biológico” para el desarrollo de la piscicultura marina en México, mediante la evaluación de la calidad y cantidad de huevos en base a la edad y dieta de los reproductores de *P. maculatofasciatus*.

Describir el desarrollo embrionario, crecimiento larval y supervivencia de *P. maculatofasciatus* en las condiciones normales de su época de crianza, con el objetivo de establecer un protocolo de producción de semilla.

Evaluar diferentes densidades de siembra de *P. maculatofasciatus* en la prengorda y engorda en jaulas flotantes, con el propósito de obtener el mayor incremento en biomasa para la especie.

CAPITULO 1.

CICLO SEXUAL DE LA CABRILLA ARENERA (*Paralabrax maculatofasciatus*, Steindachner, 1868) EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.

1.INTRODUCCIÓN

La cabrilla arenera *P. maculatofasciatus* (Pisces:Serranidae) es un pez marino demersal, muy común en ambas costas de la Península de Baja California, y uno de los peces más apreciados en la cocina regional. De acuerdo al anuario estadístico de Pesca (2002) en los últimos años la producción de cabrillas de Baja California y Baja California Sur ha aportado más del 7 y 91% respectivamente a la producción nacional (Figura 1). Por lo que la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA) a través de la Carta Nacional Pesquera (2004) ha catalogado la captura de cabrilla con el “estatus de pesquería aprovechada al nivel máximo sustentable” recomendando no aumentar el esfuerzo pesquero y realizar estudios del ciclo de reproducción de esta especie como medida para establecer épocas de veda y tamaños mínimos de captura para la conservación de este importante recurso. Actualmente, aún se sigue pescando durante todo el año, sin restricción alguna, con red agallera de fondo, palangre de media agua, líneas de mano, atarrayas y con redes de arrastre como pesca incidental en la captura de camarón.

Debido a la importancia de la especie a nivel regional, y al interés de realizar investigaciones enfocadas a su cultivo, se planteó este estudio para conocer su biología y verificar su patrón reproductivo, ya que en general se presume que todas las especies del género *Paralabrax* son derivadas de un ancestro protogínico en el que los machos fueron hembras que sufrieron una reversión sexual (Smith and Young, 1966).

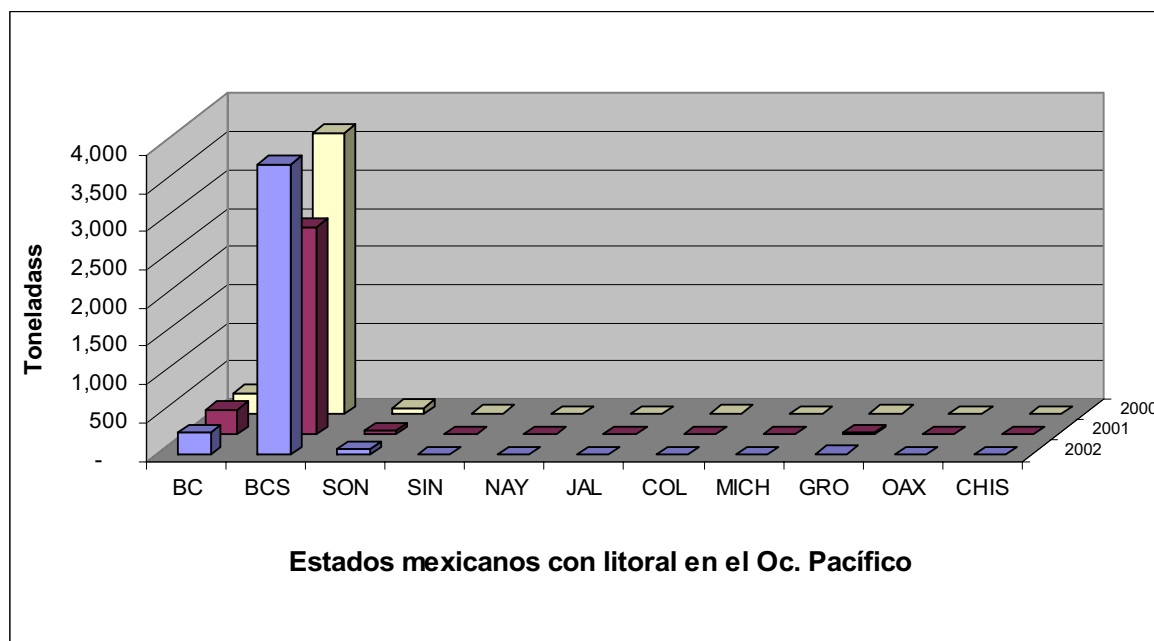


Figura 1.- Explotación pesquera de cabrillas en México. Participación de la captura por estados mexicanos con litoral en el Océano Pacífico (Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca 2000, 01, 02).

Definimos a la reproducción como el fenómeno biológico cíclico, que mediante un proceso fisiológico complejo, permite la perpetuación y la adaptación de las especies a su medio natural; proceso en el que se da, la transferencia de la información genética a las nuevas generaciones, permitiendo que estas se adapten a su entorno natural y sobrevivan en un medio con variaciones temporales de luz, temperatura, lluvias, depredadores y alimento entre otros. Lo que implica que este proceso está estrechamente ligado a las fluctuaciones ambientales y sociales, de tal manera que la reproducción se dará invariablemente en la época del año que ofrezca mayores garantías para la supervivencia de la prole (Carrillo y Zanuy, 1993 y Zanuy y Carrillo, 1993). Lo anterior nos lleva a la conclusión de que el estudio de los mecanismos reproductores de los peces y su control, son básicos y previos al funcionamiento de cualquier explotación piscícola, cuyo objetivo principal es maximizar la producción de los organismos útiles del medio acuático, a través de la producción de una prole numerosa, saludable y uniforme, mediante la

manipulación del ciclo de vida de estos organismos, del control de los factores ambientales que los afectan y de la eliminación de los agentes causantes de mortalidad.

La sincronización del proceso reproductivo de los peces, con su entorno natural, se da gracias a la compleja interacción entre los componentes del eje cerebro-hipófisis-gónada. Siendo en primera instancia el cerebro quien integra la mayoría de la información proveniente del exterior como del interior del organismo, en donde participa activamente en todas y cada una de las etapas del ciclo sexual (Carrillo y Zanuy, 1993). Por lo anterior, en la realización de este trabajo se incluyó el registro de los principales factores ambientales del área de estudio, para posteriormente relacionarlos con las distintas etapas del proceso reproductivo de *P. maculatofasciatus*.

2. ANTECEDENTES

Smith y Young (1966) mencionaron por primera vez la modalidad reproductiva de *P. maculatofasciatus*, en base al estudio histológico de las gónadas de 125 especímenes de *P. clathratus*, en las costas de California, en donde al no encontrar evidencia de hermafroditismo, ni observar diferencias en la distribución de tamaños de hembras y machos, la clasificaron como gonocorista secundario, aceptando esta modalidad reproductiva como característica de toda las especies del género *Paralabrax*, como derivadas de un hermafrodita ancestral. Con este concepto, asumieron que la condición de gonocorista secundario aseguraba la separación filogenética de *Paralabrax* como género diferente de *Centropristis*, cuyas especies exhiben características ecológicas y morfológicas muy similares pero que manifiestan un hermafroditismo protogínico (Lavenda, 1949 citado por Lluch-Cota, 1995).

Hastings (1989) realizó el primer estudio histológico de las gónadas de *P. maculatofasciatus* del norte del Golfo de California, clasificándola como

hermafrodita protogínico territorial, en base a la identificación de machos con tamaño solo un poco mayor a las hembras maduras más pequeñas, proponiendo también la posibilidad de diandría en una especie de la familia, Lluch-Cota (1995) valido esta misma condición sexual para la población de *P. maculatofasciatus* en Bahía Magdalena, en la costa occidental de la península de Baja California. Para la población del Golfo de California, Hasting (1989) proporcionó la siguiente descripción morfológica de la gónada de esta especie.

“El ovario de *P. maculatofasciatus* es muy similar al de la mayoría de los serránidos. Se compone de dos lóbulos fusionados en su extremo posterior, cubierto de varias capas de tejido muscular liso y de tejido conectivo. Los ovocitos se encuentran contenidos en cordones o *lamelas* que se extienden desde las paredes laterales y dorsales hacia el interior del ovario, formando el *lumen* ovárico. El *lumen* de cada lóbulo se fusiona posteriormente en un seno ovárico común (oviducto). Las paredes del *lumen* y seno ovárico son delgadas y están recubiertas de un epitelio escamoso complejo. La región posterior del oviducto es gruesa y cubierta de un epitelio columnar vascularizado. En el área de unión de las *lamelas* y el piso del oviducto se observa una banda angosta (50-75 μ de ancho) de tejido con elevada densidad celular, de casi 10 μ de diámetro, que cruza lateral y centralmente la parte posterior de esta área, ubicación similar al observado en los testículos de *Serranus tigrinus* hermafrodita simultaneo de la subfamilia Serraninae y en *P. clathrattus*. La pared del *lumen* ovárico, a lo largo de esta banda, es de epitelio escamoso simple en algunos individuos, pero en otros, especialmente los que se encontraron en fase de postdesove, ésta fue compuesto de epitelio cuboidal a columnar. Posterior al tejido germinal, la pared del oviducto se observa muy enroscada y rodeada de tejido colaginoso. El oviducto, finalmente abre perdiendo tejido colaginoso blando en su paso hacia la papila urogenital situada posterior al ano.”

“El testículo es parecido al de los serránidos protogínicos y retiene la estructura básica del ovario: el tejido germinal esta contenido en cordones o

lamelas dispuestas de manera equivalente a la descrita en los ovarios. La espermatogénesis se lleva a cabo en el interior de criptas, donde los espermatozoides se disponen con las cabezas orientadas hacia la periferia, por lo general dirigidas en una sola dirección. Los espermatozoides drenan hacia la periferia y son recolectados en largos senos espermáticos dentro del tejido colaginoso que rodea al testículo. Estos senos espermáticos drenan posteriormente a un seno espermático común de donde los vasos deferentes los llevan a la papila urogenital. Los cordones o *lamelas* están recubiertos por un epitelio que varía su forma de cúbica a columnar, generalmente con grandes vacuolas.”

“Los organismos en transición se distinguieron por la presencia de tejido ovárico en regresión (con ovocitos en estadios de núcleos con cromatina fragmentada hasta nucleolos periféricos) y proliferación de tejido testicular, cuyo desarrollo implica la transformación sexual. En todos los casos el desarrollo de tejido testicular se localizó en el área de unión de las *lamelas* ováricas y el seno ovárico (oviducto) en el sitio correspondiente a la banda de tejido denso observado en las hembras. señalando que el borde correspondiente al *lumen* esta recubierto de un epitelio columnar denso, similar al observado en la *lamella* testicular de los machos.”

3. JUSTIFICACIÓN

Aún cuando a nivel mundial, la piscicultura marina es una actividad relativamente nueva, cuyo auge data de los años 60, cuando se desarrollaron las técnicas para la producción de huevos, larvas y juveniles de *Pagrus major* en Japón (Ikenoue y Kafuku, 1992), los avances en este campo aún no son muy relevantes, debido principalmente a la dificultad que presentan los peces marinos para su reproducción en cautiverio. Actualmente, de las más de 20,000 especies de peces teleosteos que se conocen, solamente se cultivan 300 especies de las cuales sólo 60 se cultivan desde semilla producidas mediante

el control y manejo de la reproducción (Watanabe, 1988; Zanuy y Carrillo, 1993; Bromage, 1995; Nakada 2000).

En México la acuicultura nace como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales, con lo cual se pretendía incrementar el consumo de proteína animal y mejorar así los niveles nutricionales de la población. Sin embargo, este objetivo no se ha cumplido, toda vez que el consumo *per capita* de pescado no se ha incrementado en las últimas décadas, permaneciendo en 8.5 (Anuario Estadístico de Pesca, 2002). Actualmente, el esquema de la acuicultura que se presenta en México, responde a una solución alternativa para evitar el agotamiento de los recursos pesqueros en el país. Aunque esta actividad se ha diversificado más hacia el cultivo de peces dulceacuícolas, siendo las especies más importantes, tilapia con una producción anual de 62 toneladas y carpa con casi 23 t (Anuario Estadístico de Pesca 2002).

Actualmente, la piscicultura marina en México se encuentra en una etapa de experimentación, en donde las investigaciones sobre la biología reproductiva y alimentación de las especies ocupan una atención especial, sin descuidar el estudio de los parásitos más comunes. Para ello se están desarrollando cultivos experimentales a partir de la colecta de peces silvestres, fortaleciendo al mismo tiempo la investigación biológica y el desarrollo tecnológico para diversificar la actividad pesquera, incrementar la producción y generar divisas para el país.

A nivel mundial, el cultivo de especies de la familia *Serranidae*, se restringe a solo cinco especies principales: *Epinephelus akaara*, *E. tauvina*, *E. areolatus*, *Plectropomus maculatus* y *Lateolabrax japonicus*, aunque en el grupo *Epinephelus* y *Serranidae* se incluye la producción acuícola de las especies: *E. aeneus*, *E. coioides*, *E. malabaricus*, *E. lanceolatus*, *E. fuscoguttatus* y *Cromileptes altivelis* con una producción de 4,459 Tm. (FAO, 2000). Su desarrollo se circunscribe a seis países asiáticos, en donde se han

registrado volúmenes de producción anual de 1 479 a 5 236 Tm., de 1989 a 1998 (FAO, 2000). Cabe destacar que esta producción depende de la captura de alevines silvestres como suplemento principal de “semilla” para los cultivos.

Dado el gran interés que tienen las especies del género *Epinephelus* también son foco de atención para desarrollar su cultivo en el Mediterráneo en donde *Epinephelus marginatus*, *E. aeneus*, *E. costae* y *E. caninus* son objeto de un intensiva investigación en reproducción y cultivo larval (Glamuzina *et al.* 2000a y b).

Los peces de esta familia, conocidos localmente como *cabrillas*, integran un interesante grupo de peces marinos de importancia comercial que se encuentran distribuidos en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo. Recientemente, este grupo de peces marinos es objeto de un interesante desarrollo acuícola en varios países del mundo, principalmente en la región del Pacífico Asiático en donde tienen una alta demanda, tanto en el mercado local como en el mercado de la exportación. Además, estas especies alcanzan un alto valor de mercado, con precios de hasta \$34.83 dólares americanos/kg. y \$87 dólares australianos/kg., estimándose que para el 2003 el precio se incrementará en 60-100% (Rimmer, 1998; FAO,2000).

El desarrollo del cultivo comercial de las *cabrillas* se ha visto limitado por la disponibilidad de semilla (alevines o juveniles). En la mayoría de los países asiáticos, el cultivo de *cabrillas* es altamente dependiente de la captura de peces silvestres (Rimmer, *et al.*, 1998) lo cual dificulta el mantenimiento y la uniformidad de tamaños, dispersión que provoca la aparición de canibalismo (muy marcado en los peces de la familia *Serranidae*). Independientemente de estos efectos negativos sobre la producción final del cultivo, entendemos que el desarrollo de la piscicultura a nivel “industrial” no puede, en ningún caso, basarse únicamente en la captura de animales silvestres, dado el gran peligro que se corre de influir de manera negativa sobre las poblaciones naturales.

En México, la especie más estudiada de esta familia, con el fin de establecer la biotecnología de su cultivo es *Paralabrax maculatofasciatus* y actualmente se han hecho algunos estudios sobre la reproducción de *Mycteroperca rosacea* (Gracia-López, 2003).

Desde hace una década se ha considerado necesario el desarrollo de la piscicultura marina basado en especies de esta familia (Serranidae), dado el precio que alcanzan en el mercado nacional e internacional debido a sus cualidades organolépticas. Actualmente, los peces de esta familia son objeto de investigación biotecnológica en más de 13 países, con el fin de sentar las bases para el desarrollo de la producción de “semilla,” nombre común que se da a los juveniles de peces de 2 - 3cm. Aunque los países con más avances en estos trabajos son de Asia (Filipinas, Taiwán, Japón, Indonesia, Malasia, Singapur, Tailandia, Hong Kong) y Europa (Grecia, España, Francia). También, Israel, Australia, Bahamas e Islas Caimán han logrado un buen avance en la reproducción de especies de la familia *Serranidae*. En todos los casos, el conocimiento de los procesos fisiológico reproductivos permitirán comprender los mecanismos de control y manipulación de la reproducción, con lo cual se podrá optimizar la producción acuícola.

Por último, cabe destacar que los estudios descriptivos de las características reproductivas de *P. maculatofasciatus* estudiadas en distintas poblaciones, muestran discrepancias significativas en cuanto a su modalidad de reproducción y condición sexual (Smith y Young, 1966; Hasting, 1989; Oda *et al.*, 1993; Lluch-Cota, 1995; Avilés-Quevedo *et al.*, 1996c;). Estas diferencias están representadas por un amplio espectro entre gonocorismo y hermafroditismo protogínico, debido a la facultad de las hembras de esta especie para cambiar de sexo, retardar el cambio sexual, o no cambiar de sexo. Esta plasticidad reproductiva, también permite a las hembras optimizar su aptitud reproductiva sin tomar en cuenta el tamaño de la población, densidad del sitio de reproducción y proporción de machos (Hovey y Allen, 2000). Sin embargo, estas diferencias en el patrón reproductivo, también puedan deberse

a la divergencia genética identificada por Stepien *et al.* (2001) que separa a la especie a nivel de poblaciones alopátricas, y que probablemente se debe a la distinta habilidad de dispersión de la especie y su tolerancia a la temperatura en sus distintas etapas de desarrollo (Stepien *et al.*, 2001).

Todos estos estudios presentan aspectos relevantes a considerar en el momento de seleccionar a una especie para acuicultura, toda vez que algunos de estos aspectos pueden constituirse en obstáculos para su desarrollo, algunos de estos pueden ser:

- Maduración precoz, aspecto en el que se considera la maduración a tallas pequeñas, por lo que se cuida un tamaño mínimo para la cosecha de los individuos antes de que alcancen la madurez sexual, con lo cual se evita que parte de la energía y de los costos de alimentación se desvíen hacia el desarrollo gonadal, lo que repercute directamente en la rentabilidad del cultivo.

- Tipo de desoves (parciales o totales). Las especies con desoves parciales, como la que presenta *P. maculatofasciatus*, tienen una ventaja al momento de considerar la producción de semilla en condiciones controladas; aunque también implica una fecundidad relativa baja en el sentido de que solo una pequeña proporción de oocitos estarán maduros para ser desovados. Con lo cual, el número de reproductores, hembras en este caso, deberá ser mayor.

- Caracteres sexuales secundarios, considerados en términos de talla y velocidad de crecimiento que pueden llevar a que el cultivo de un sexo sea más rentable con respecto al otro. En el serránido *Epinephelus tauvina*, Chao y Chow (1990) utilizaron la 17α -metiltestosterona, en dosis de 0.1 a 100 mg.kg⁻¹ de la dieta que proporcionaron a los peces juveniles (inmaduros) para convertir hembras en machos o criar toda una cohorte de machos de esta especie a partir de especímenes inmaduros.

En este trabajo, se pretende contribuir a describir y complementar la información de los aspectos mencionados.

4. OBJETIVOS

Determinar el ciclo reproductivo de *P. maculatofasciatus* ubicando el período de máxima frecuencia de desove en base a un análisis histológico y caracterizar la maduración en relación a la edad y tamaño para definir la estructura reproductiva de la población de cabrilla arenera en la Bahía de La Paz, Baja California Sur.

Los objetivos específicos de este estudio son proporcionar la información básica de la población de *P. maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, B.C.S., desde el punto de vista del:

- 1).- Ciclo reproductivo, relacionado a los principales factores ambientales.
- 2).- Análisis de la distribución de sexo por tamaño,
- 3).- Composición de sexos,
- 4).- Tamaño y edad de primera madurez,
- 5).- Relación peso-longitud,
- 6).- Factor de condición,
- 7).- Índice gonadosomático,

5. MATERIAL Y METODOS

5.1 Colecta de especímenes

En Bahía de La Paz, Baja California Sur, México (Figura 2) es relativamente fácil de encontrar a esta especie en las zonas de manglar, así como en áreas de fondo arenoso cercanos a rocas y pastizales marinos. Esta

especie, contrario a la población del sur de Bahía California en Estados Unidos de Norteamérica, se puede colectar con trampas, anzuelos y línea de mano, red de arrastre, red agallera, palangre de fondo y de media agua. La carnada más utilizada fue calamar, sardina y cabeza de camarón. Las colectas se realizaron mensualmente en el momento de la marea más alta. El número colectado mensualmente fue de 20 ejemplares durante 19 meses (de enero de 1994 a julio de 1995) con un total de 382 especímenes.

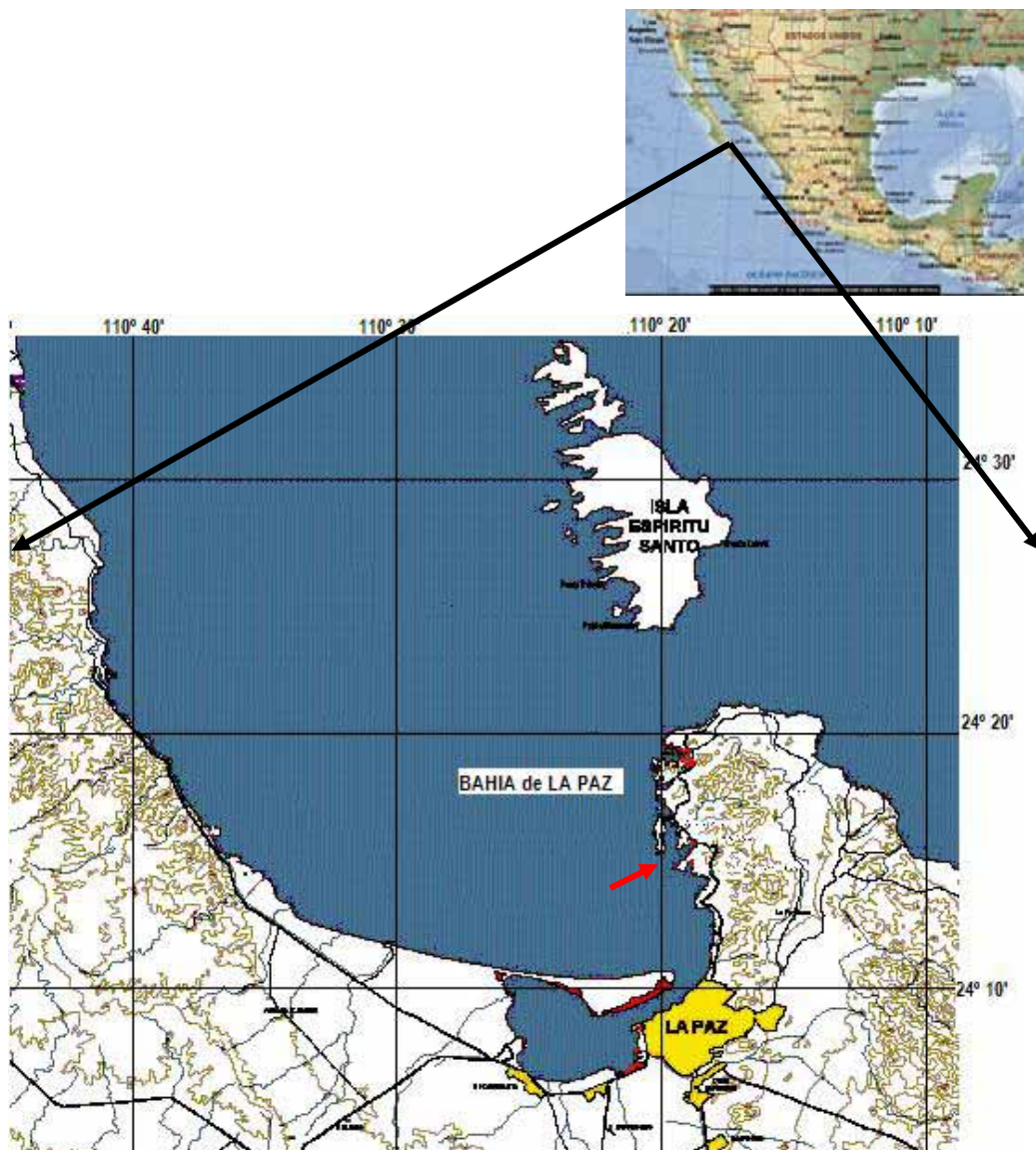


Figura 2.- Sitio de estudio en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México (Carta Topográfica INEGI, 1:50 000, El Coyote G12D73, Baja California Sur). La flecha roja señala el sitio de colecta de *Paralabrax maculatofasciatus* en una de las zonas de manglar (en rojo).

5.2 Preparación de muestras y análisis

Todos los peces colectados fueron llevados directamente al laboratorio en donde fueron medidos con un ictiómetro con una precisión de ± 1.0 mm de longitud estándar (L_s) y longitud total (L_t) y pesados en una báscula electrónica digital con una precisión de ± 1.0 g peso total (P_t) y peso sin vísceras (P_e). La gónada diseccionada fue pesada en una balanza electrónica digital con una precisión de ± 0.1 g peso gónada (P_g) y preservada en una solución de formol al 4% en agua de mar. Un segmento de la parte central de cada uno de los lóbulos fue tomado para el análisis histológico, éste fue incluido en parafina y seccionado en láminas de 5-7 μ de grosor. Posteriormente las láminas fueron teñidas con la técnica de hematoxilina-eosina.

5.3 Ecuaciones utilizadas

Para la determinación de la edad, nos basamos en un estudio previo de esta especie, realizado en el Golfo de California por Chávez and Arvizu (1972). Ellos utilizaron el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy ajustando la longitud estándar promedio a la lectura de marcas en escamas de *P. maculatofasciatus*. El modelo de crecimiento es descrito por la siguiente fórmula:

$$L_t = 283 [1 - e^{-0.26545(t-0.321)}]$$

Donde: L_t = longitud estándar (mm) a la edad t

$$L_\infty = 283 \text{ mm}$$

$$k = 0.26545$$

$$t_0 = 0.321 \text{ (años)}$$

Se estableció la relación peso-longitud para determinar las distintas fases del crecimiento en peso y longitud de las cabrillas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Pt = a Ls^b$$

En donde Pt = es el peso total (g) a una longitud estándar determinada

Ls = Longitud estándar (mm)

a y b = valores constantes de la regresión

Se determinó el Factor de Condición (FC) como indicador del grado de salud de los peces expresado como la relación isométrica existente en función del peso y longitud estándar como lo muestra la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{Pt}{Ls^3} \cdot 100$$

Donde: FC = es el factor de condición

Pt = peso total del pez (g)

Ls = longitud estándar (mm).

El índice gonadosomático (IGS) indicador del estado de madurez fue determinado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$IGS = \frac{Pg}{Pt} \times 100$$

Donde: IGS = índice gonadosomático

Pt= Peso total del pez (g) y

Pg= Peso de la gónada (g).

5.4 Descripción del área de estudio y factores ambientales

De acuerdo con Contreras (1985) el área de estudio seleccionado se clasifica como una laguna costera tipo Karstica sin barrera física, con o sin escurrimiento, salinidad normal, boca abierta con una longitud aproximada de 1.8 km y profundidad media de 12 m con un clima semi cálido muy seco, con temperatura máximas de 39°C y mínima de 6°C, con lluvias ocasionales en verano e invierno con precipitación media anual de 180 mm por año y evaporación media anual de 300 mm (Jiménez-Illescaz, 1983)

El área seleccionada esta protegida de los vientos y de la acción del oleaje y corrientes fuertes. Las olas más altas no exceden 1m de altura y las corrientes tienen un rango de 20 a 50 cm.s^{-1} , suficientes para mantener un buen intercambio de agua. La principal corriente en el área es debido al flujo y refluo de las mareas con velocidad de hasta 1m.s^{-1} de acuerdo al tipo de marea mixto semidiurno que impera en esta región (Jiménez-Illescas *et al.*, 1997).

Por otro lado, este sitio se encuentra libre de fuentes actuales o potenciales de contaminación como son las descargas y efluentes de la actividad agrícola, industrial y urbana. El desarrollo urbano más cerca se encuentra a 13 km de la cd. de La Paz, y a 4 km del Puerto de Pichilingue (Figura 3) por lo que los niveles de contaminación por bacterias coliformes en esta bahía se encuentran dentro de los límites de seguridad aceptables para el hombre, siendo el rango anual de 3 a 7 NMP/100ml (según las Normas publicadas en el Diario Oficial del 13 de Diciembre de 1989).

Se registró diariamente el oxígeno disuelto, la temperatura y la salinidad del área de estudio, con el fin de promediarlos mensualmente y relacionarlos con el estadio de madurez gonádico, reversión sexual y proporción de sexos de la población del área. El fotoperiodo se tomó del Almanaque Náutico que editó la Secretaría de Marina en 1989.

Hacia el fondo del cuerpo lagunar de Bahía Falsa (Figura 3) lugar donde se ubica el sitio de estudio, se registra la presencia de arenas finas y arcillas, producto del depósito progresivo procedente de los arroyos y cañadas tributarias existentes, lo que ha propiciado el establecimiento de una comunidad de manglar y vegetación de plantas halófitas del tipo *Salicornia*, típica de los salitrales, generalmente pobre en diversidad vegetal.

El manglar de Bahía Falsa se caracteriza por la presencia de individuos arbóreos o semi-arbóreos enraizados a un fondo arcilloso con alto contenido de materia orgánica. El mangle rojo, íntimamente ligado al agua salobre es la especie que da la fisonomía al manglar y se localiza en la franja que colinda con el mar, mientras que el mangle negro y el blanco prefieren el sustrato intermareal. La flora de playa no es muy abundante pero se puede encontrar en algunos sitios la alfombrilla (*Salicornia*) y el pasto salado (*Zostera marina*).

Las macroalgas bentónicas presentes en la zona de ubicación del estudio son especies estacionales que suelen hacerse presentes en una seriación que depende del régimen de temperatura del agua y del fotoperíodo, que es una función de la estación del año. Las variaciones y sucesiones pueden registrarse hasta una profundidad aproximada de 15 m. Las poblaciones que se encuentran arriba de la isobata de los 5 m presentan una más alta diversidad que las que se encuentran a mayor profundidad.

En la Bahía de La Paz se han reportado alrededor de 100 especies de macroalgas, principalmente feofíceas y clorofíceas y en menor grado rodofíceas. Por las características de su sistema de anclaje prefieren los sitios rocosos y en menor grado los fondos arenosos con rocas salientes y conchas que les proporcionan un sustrato de fijación. La porción rocosa de la zona de enclave del proyecto parece ser la zona de alta diversidad de este grupo. Entre las especies más comunes se encuentran: *Spyridia filamentosa*, *Laurencia johnstonii*, *Caulerpa sertularioides*, *Ulva lactuca* y *Sargassum sinicola*, las dos últimas son definitivamente las especies más características y abundantes,

particularmente durante la temporada de invierno-primavera y esto se relaciona con su ciclo reproductivo que a su vez es regulado por la temperatura del agua, incidencia de luz, disponibilidad de nutrientes, etc. Las macroalgas bentónicas de la Bahía de La Paz y en particular del área de influencia del estudio, muestran cierta afinidad biogeográfica con los elementos templado-californiano, tropical-antillano, tropical mexicano y tropical pacífico-antillano, afinidad que es acentuada ante todo dependiendo de la estación del año. No existen especies de macroalgas endémicas de la región (Huerta et al., 1985).



Figura 3.- Ubicación de Bahía Falsa, sitio de estudio de la población de *Paralabrax maculatofasciatus* (Pisces:Serranidae) asociada a una comunidad de manglar en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México (Yachtsman, Chart book Mexico to Panama 1:30,000, Chart 21125 pag. 39).

Bahía falsa presenta la fauna marina típica del Golfo de California, asociada a su fondo arenoso con algunas rocas y, rocoso en una buena parte de sus márgenes. Como existe diversidad de sustratos (fondos limo-arenosos, arenosos, rocosos), se presenta también una diversidad relativamente alta de organismos que en su mayor parte está constituida por especies tropicales (Abitia-Cárdenas *et. al* 1994, Thomson *et. al* 1987, Brusca 1980; Holguín, 1976).

La presencia de peces e invertebrados marinos varía en función del sustrato disponible y de la profundidad. En la zona supralitoral se encuentran invertebrados como balanos y anélidos. Por debajo de la línea de marea se encuentran algunas anémonas y estrellas de mar. En la zona rocosa que tiene numerosas hoquedades y grietas se pueden refugiar algunos cangrejos que conviven con esponjas, acidias, pepinos de mar, platelmintos y opistobranquios, además de numerosas especies de poliquetos y moluscos.

Alrededor de estas comunidades bentónicas suelen asociarse poblaciones de peces. Entre las especies dominantes de la ictiofauna que caracterizan las comunidades de la zona se encuentran varias especies de lábridos y como depredadores destacan por su abundancia las cabrillas *Mycteroperca rosacea*, *M. jordani* y *Epinephelus labriformis*, sin descartar a las morenas *Gymnothorax castaneus* y *Muraena lentiginosa* y los depredadores bentófagos como *Balistes polilepis* que se alimenta de invertebrados. Entre los peces herbívoros destacan *Scarus perico* y *Prionurus punctatus*.

Con excepción de algunos moluscos de gran valor comercial como concha nácar (*Pteria sterna*) y madreperla (*Pinctada mazatlanica*) que a menudo son depredadas por el turista, las demás especies no han sido afectadas de manera significativa en comparación con otras localidades o cuerpos marginales de la Bahía de La Paz por lo que el hábitat de Bahía Falsa se puede considerar como relativamente poco alterado y el grado de

perturbación presente, se debe principalmente a la captura comercial que se realiza de manera irregular.

Hacia el fondo del cuerpo de agua se presenta un fondo arenoso-limoso, asociado a una comunidad de manglar (Figura 3) con una gran diversidad de especies asociadas, entre las que se citan los elasmobranquios y teleósteos, además de numerosos invertebrados como los gasterópodos que son muy abundantes, algunos crustáceos, diversos poliquetos, anémonas, jaibas, equinodermos, bivalvos y cangrejos. Otros habitantes del sitio de estudio son aquellos que se encuentran adheridos a los tallos y raíces del mangle, constituyendo comunidades conspicuas integradas por una fauna característica constituida por esponjas, ostiones, gasterópodos, balanos, cangrejos y algunos peces.

Otra comunidad que se puede encontrar es aquella formada por especies de peces mesopelágicos que habitan a media agua y generalmente no invaden las zonas más someras. En la boca de Bahía Falsa se tienen profundidades de más de 12m, lo que permite la presencia ocasional de peces y elasmobranquios mayores. Asociada a la anterior se puede caracterizar otra comunidad de pelágicos menores y sus depredadores asociados, incluidos el lobo marino, algunos delfines y ocasionalmente especies pequeñas de ballenas.

5.5 Análisis biológicos

En este estudio se describe brevemente la serie de cambios morfológicos que ocurren durante el desarrollo de los oocitos en el ovario. La terminología utilizada en la descripción histológica de los estadios gonádicos a partir de los oocitos y espermatoцитos ha sido adaptada de Smith y Young (1966), Matsuyama *et al.* (1987), Carrillo y Zanuy (1993) y Lluch-Cota (1995).

Para la determinación del estadio histológico de organismos con madurez asincrónica, se utilizó el método descrito por Sauer y Lipiński (1990). En las hembras se seleccionó aleatoriamente un área de 0.25 cm² de tejido, en donde se contaron todos los estadios y el número de oocitos de cada estadio de acuerdo al siguiente ejemplo:

Estadio del oocito	1	2	3	4
Número de oocitos por estadio	10	5	3	0

Estadio histológico de madurez o

$$\text{Índice de madurez} = \frac{(10 \times 1) + (5 \times 2) + (3 \times 3)}{10 + 5 + 3} = 1.61$$

En el caso de los machos, los estadios fueron identificados por conteo de los espermatozoides a lo largo de una línea de 10 mm de la periferia hacia el centro del testículo y cuando los espermatozoides estuvieron maduros, estos se contaron del centro del testículo hacia la periferia.

Los datos de los 382 ejemplares muestreados fueron vaciados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel para almacenar la base de datos y realizar su posterior análisis estadístico.

6. RESULTADOS

6.1 Morfología e histología de la gónada

El ovario de *P. maculatofasciatus* se compone de dos lóbulos cilíndrico-cónicos rodeados de músculo liso y tejido conectivo, se ubica entre las paredes dorso laterales de la cavidad abdominal en donde se encuentra sostenido por un mesenterio dorsal denominado mesovario. En su porción anterior los lóbulos son libres y fusionados en su porción posterior formando un seno común que desemboca en un ducto corto y grueso, el oviducto, que abre al exterior por la papila genital (Figura 4).

Cada lóbulo es hueco, presentando un lumen. El *lumen* de cada lóbulo se fusiona posteriormente formando un seno común que desemboca en el oviducto. De las paredes internas dorsal y lateral del ovario se extienden las *lamelas* ovíferas que se proyectan en dirección del *lumen*. En estas *lamelas* se realiza la ovogénesis.

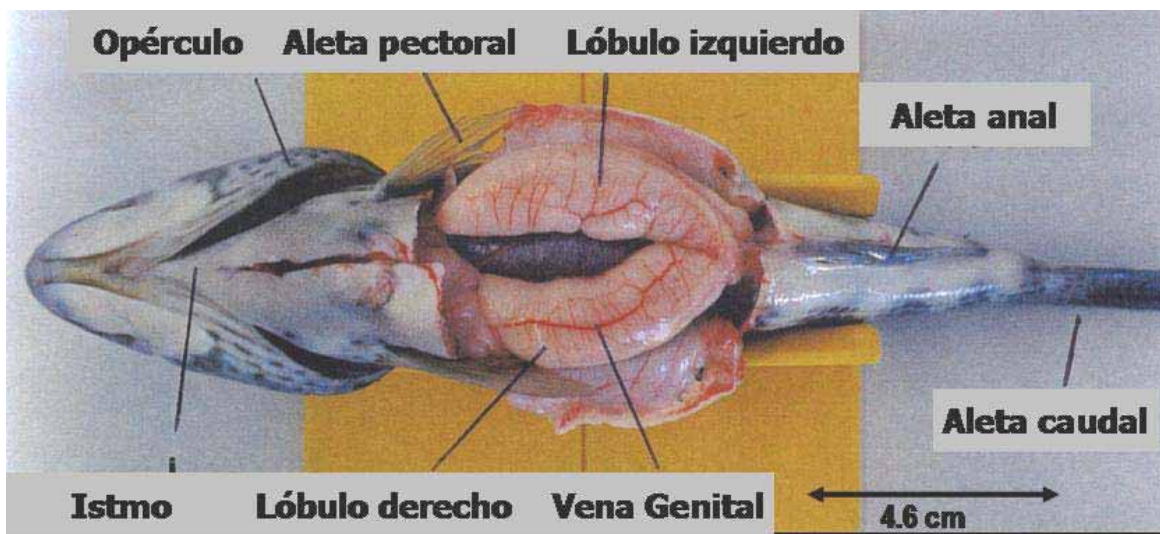


Figura 4.- Posición del Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*. (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

Microscópicamente, el interior de las lamelas está formado por una estructura de tejido conectivo, tejido folicular y tejido germinal que es donde se encuentran las oogonias y oocitos en varios estadios de madurez. Los oocitos en desarrollo se encuentran dentro de los folículos formados por una capa interna (granulosa) y otra externa (teca). Entre la superficie del oocito y la granulosa se encuentra la zona radiata (corion o zona pelúcida) formada por dos capas una interna y otra externa que presentan microvellosidades originarias del oocito como de la granulosa que mantienen comunicado al oocito con el espacio folicular en donde se encuentran.

El ciclo de maduración sexual de las hembras fue dividido en cuatro estadios (Cuadro 1) de acuerdo a la descripción de Matsuyama *et al.* (1987) y

utilizando el método del estadio de oocito más abundante (Sauer y Lipinski, 1990) y para el testículo se identificaron cuatro estadios (Cuadro 2) de acuerdo a la descripción de Matsura *et al.* (1987).

Cuadro 1. Descripción de los estadios del desarrollo gonádico de las hembras de *Paralabrax maculatofasciatus* en la Bahía de La Paz, B.C.S., México.

Estadio de Madurez	Descripción Histológica
I Inmaduro o Previtelogénico (Figura 5)	Los oocitos son muy numerosos en el ovario. Su forma va de redondeada a poligonal o triangular. El estadio principal incluye todos los oocitos sin glóbulos de vitelo presenta un pequeño núcleo no centrado y muestra un solo nucleolo. El diámetro promedio de los oocitos fue de $66.13 \pm 9.66 \mu$
II Desarrollo o Polinucleolares (Figura 6)	El núcleo aumenta de tamaño y muestra numerosos nucleolos en su periferia y un citoplasma basófilo y uniforme. El diámetro promedio de los oocitos es de $166.4 \pm 19.31 \mu$
III Madurez o Vitelogénesis (Figura 7)	Aumento notable del tamaño del oocito, el citoplasma se observa granuloso y el núcleo se encuentra desplazado de su posición central. El diámetro promedio de los oocitos es de $246.13 \pm 23.65 \mu$
IV Ovulación o Hidratación (Figura 8)	El oocito de forma ameboidea duplica su tamaño alcanzando un diámetro máximo de $540 \pm 40 \mu$, el citoplasma adquiere una apariencia uniforme y una coloración eosinófila. El núcleo ya no se observa y no es posible identificar los gránulos de vitelo. El citoplasma se mezcla con agua formando grandes vacuolas.

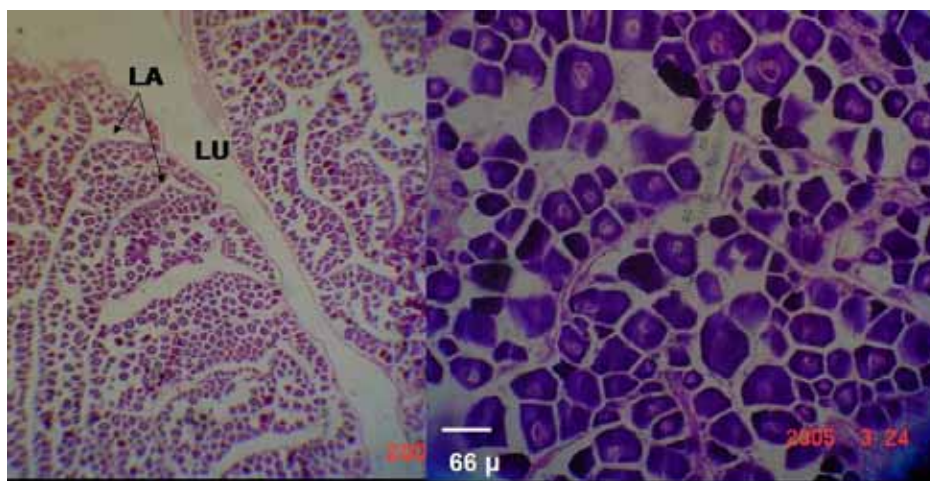


Figura 5.- Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio I**. Se observan las lamelas (LA) conteniendo oocitos en diferentes estadios de desarrollo y el Lumen (LU) que conduce los oocitos al oviducto. Técnica H E aumento 4X y 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

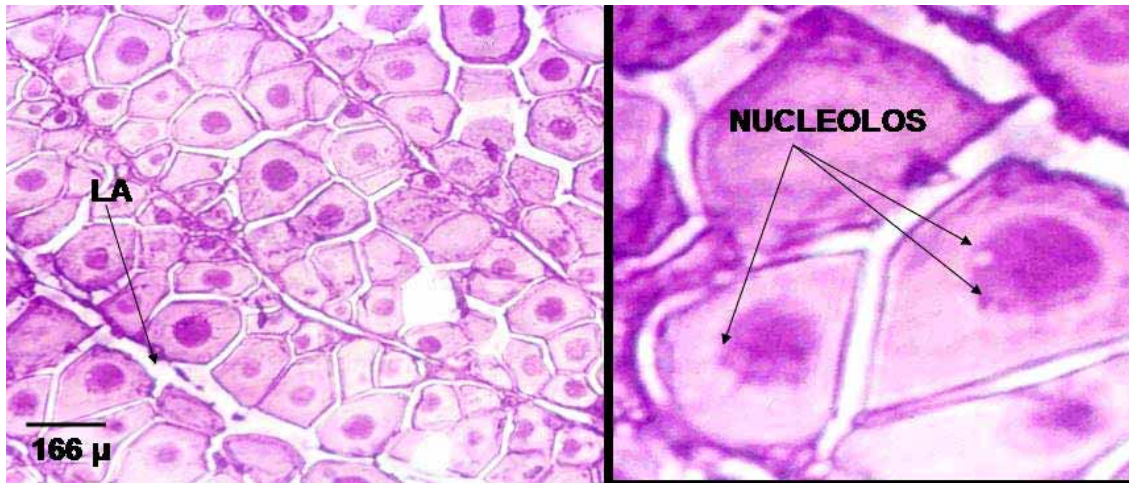


Figura 6.- Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio II**. Se observan las lamelas con oocitos de $166.4 \pm 19.31 \mu$ de diámetro promedio. El núcleo se ubica centralmente y contiene numerosos nucleolos dispuestos en la periferia. Técnica H E aumento 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).



Figura 7.- Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio III**. El citoplasma se observa granulosos y el núcleo se encuentra desplazado de su posición central. El diámetro promedio de los oocitos es de $246.13 \pm 23.65 \mu$. Técnica H E aumento 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

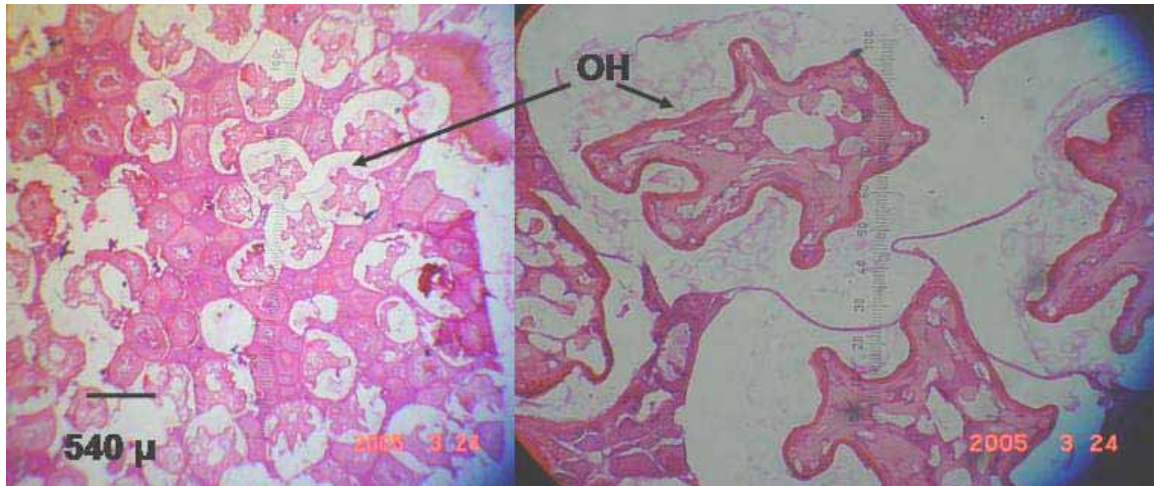


Figura 8.- Ovario de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio IV**. El oocito de forma ameboidea duplica su tamaño alcanzando un diámetro de $540 \pm 40 \mu$. El citoplasma se mezcla con agua formando grandes vacuolas. **OH**, oocito hidratado. Técnica H E aumento 4x y 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

Cuadro 2. Descripción de los estadios del desarrollo gonádico de los machos de *Paralabrax maculatofasciatus* en la Bahía de La Paz, B.C.S., México.

Estadios de madurez	Descripción Histológica
I Inmaduro o (Figura 9)	Las espermatogonias con un tamaño de 4 a 4.5 μ , se distinguen por disponerse en grupo de cuatro en las criptas espermáticas. Los espermatocitos, mucho más pequeños, se encuentran en un gran número dentro de la cripta.
II Desarrollo o Espermatogenesis (Figura 10)	Testículos con un sistema tubular bien definido, se observan espermatocitos, espermátidas y espermatozoos,
III Maduro (Figura 11)	Los espermatozoides completan su desarrollo dentro de la cripta, en donde se observan dispuestos con las cabezas orientadas hacia la periferia y dirigidas en una misma dirección.
IV Espermiación (Figura 12)	En este estadio aún se observan espermatozoides, pero solo en los túbulos seminíferos. La falta de criptas con espermatocitos indica que la producción de gametos se ha detenido.

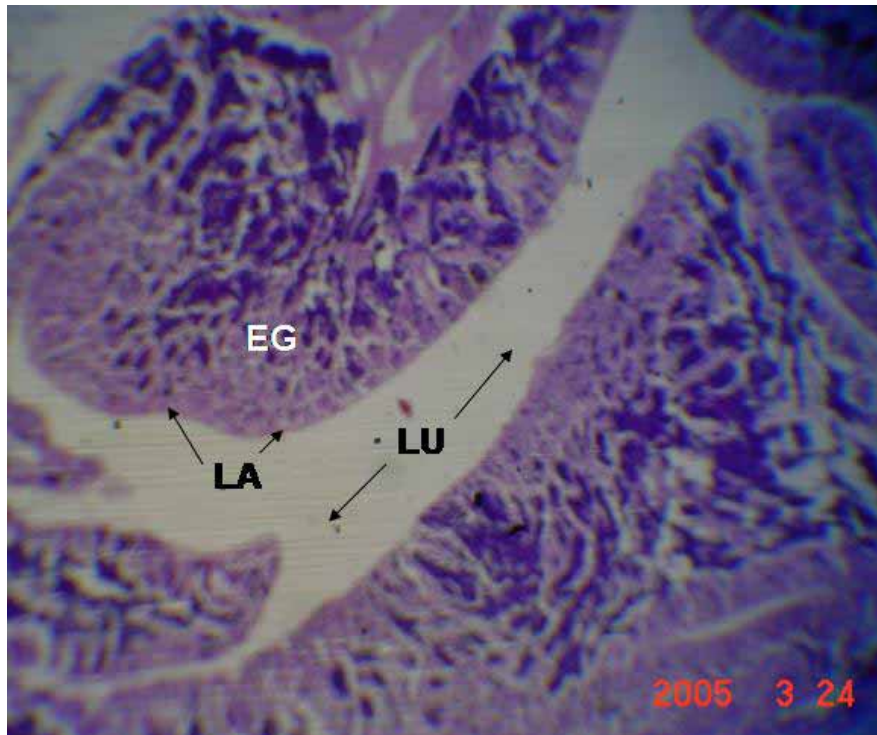


Figura 9.- Testículo de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio I**. Se muestra **EG**, espermatogonias; **LA**, lamelas y el **LU**, lumen. H E aumento 10X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

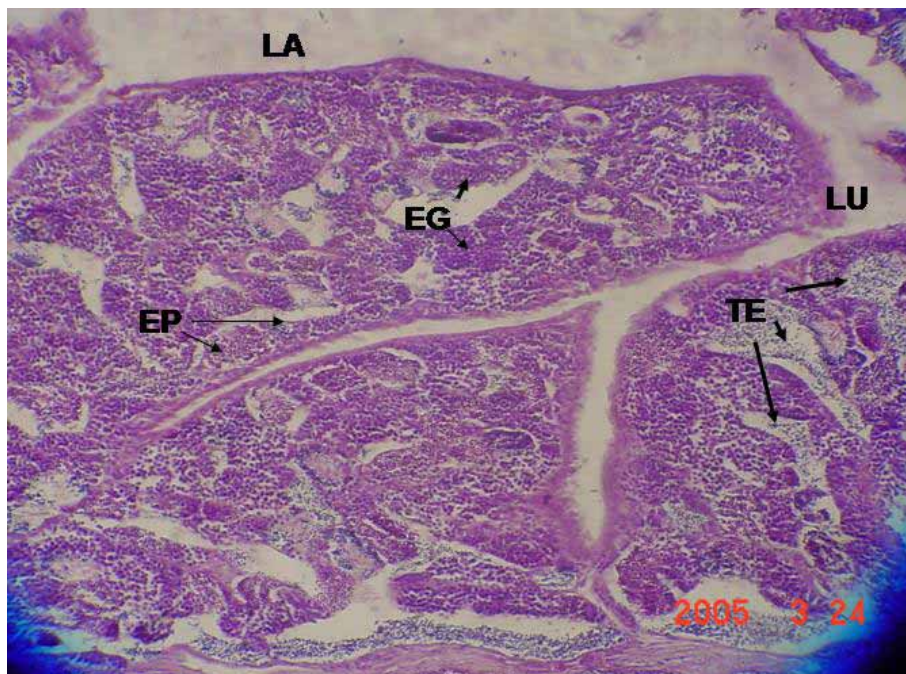


Figura 10.- Testículo de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio II**. Se observan **EP**, espermatocitos en s **TE**, túbulos espermáticos, y **EG**, espermatogonias. **LA**, lamelas y **LU**, lumen. Técnica H - E, aumento 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

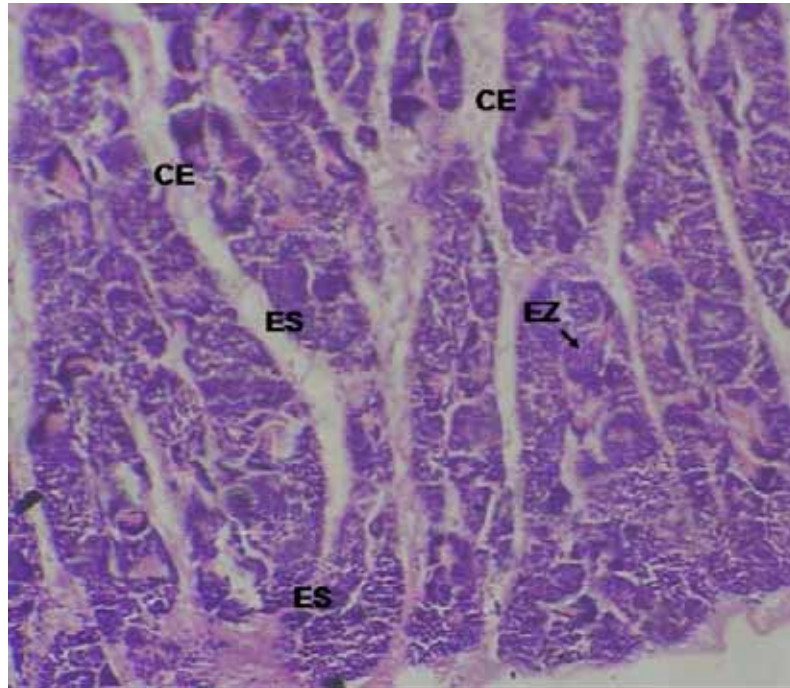


Figura 11.- Testículo de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio III**. Se observan **ES**, espermatidas, y **EZ**, espermatozoides en **CE**, criptas espermáticas. Técnica H – E, aumento 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

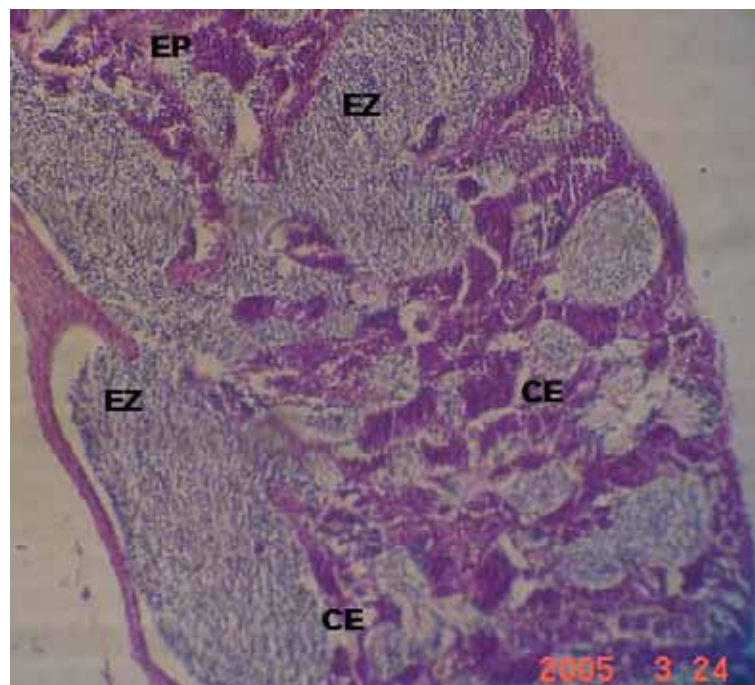


Figura 12.- Testículo de *Paralabrax maculatofasciatus*, en **estadio IV**. Se observan **EZ**, espermatozoides; **EP**, espermatoцитos y las **CE**, criptas espermáticas. Técnica H – E, aumento 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

La gónada hermafrodita, en transformación o estado de transición, se observó en organismos con regresión de tejido ovárico y desarrollo de tejido espermático. En estos casos el desarrollo testicular se observó en el área de fusión de la lamela con el seno ovárico.

La gónada hermafrodita es del tipo delimitada, ya que el área testicular y ovárica no se mezclan. La reversión sexual en *P. maculatofasciatus* implica una actividad espermatogénica con la proliferación de tejido testicular. Además, esta proliferación es precedida por una reabsorción de vitelo en los oocitos atresicos (Figura 13 y 14) y la formación de túbulos seminíferos en la pared de la gónada. La presencia de un lúmen central no utilizado en la transportación del esperma en los testículos, también es un indicador del hermafroditismo protogínico de la especie (Hasting, 1989).

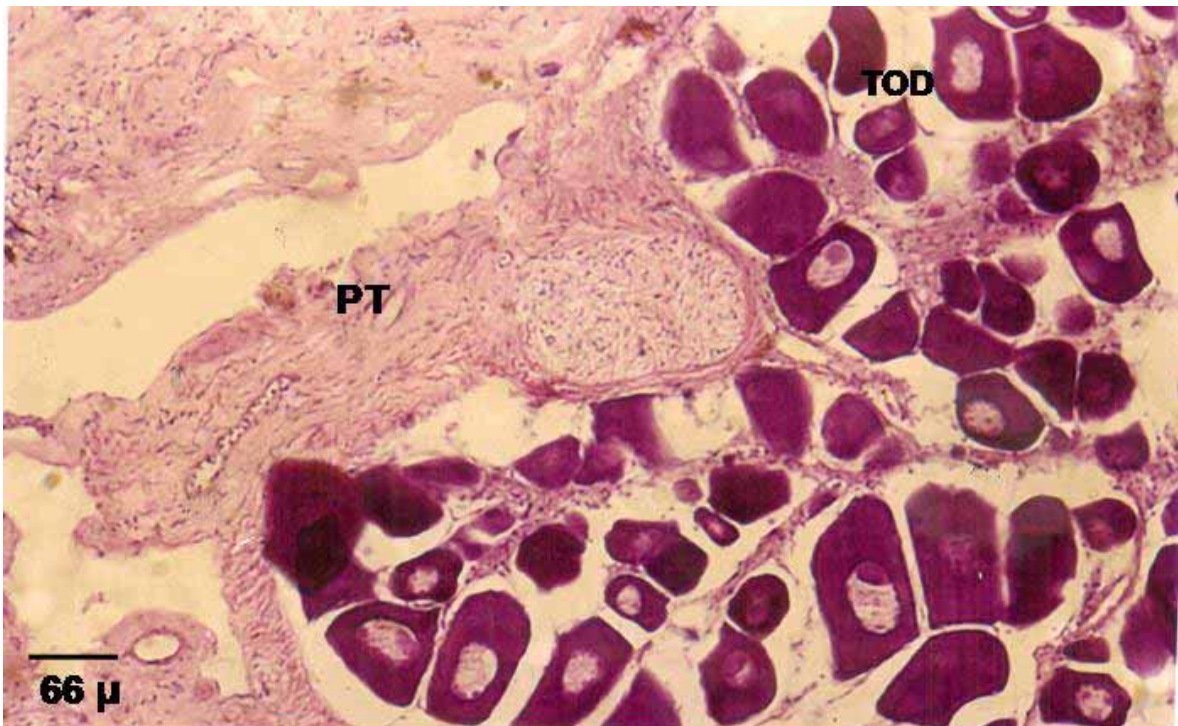


Figura 13.- Ovario en regresión de *Paralabrax maculatofasciatus*, en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. **PT**, Proliferación de tejido testicular; **TOD**, Tejido ovárico en degeneración. Técnica H-E aumento 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

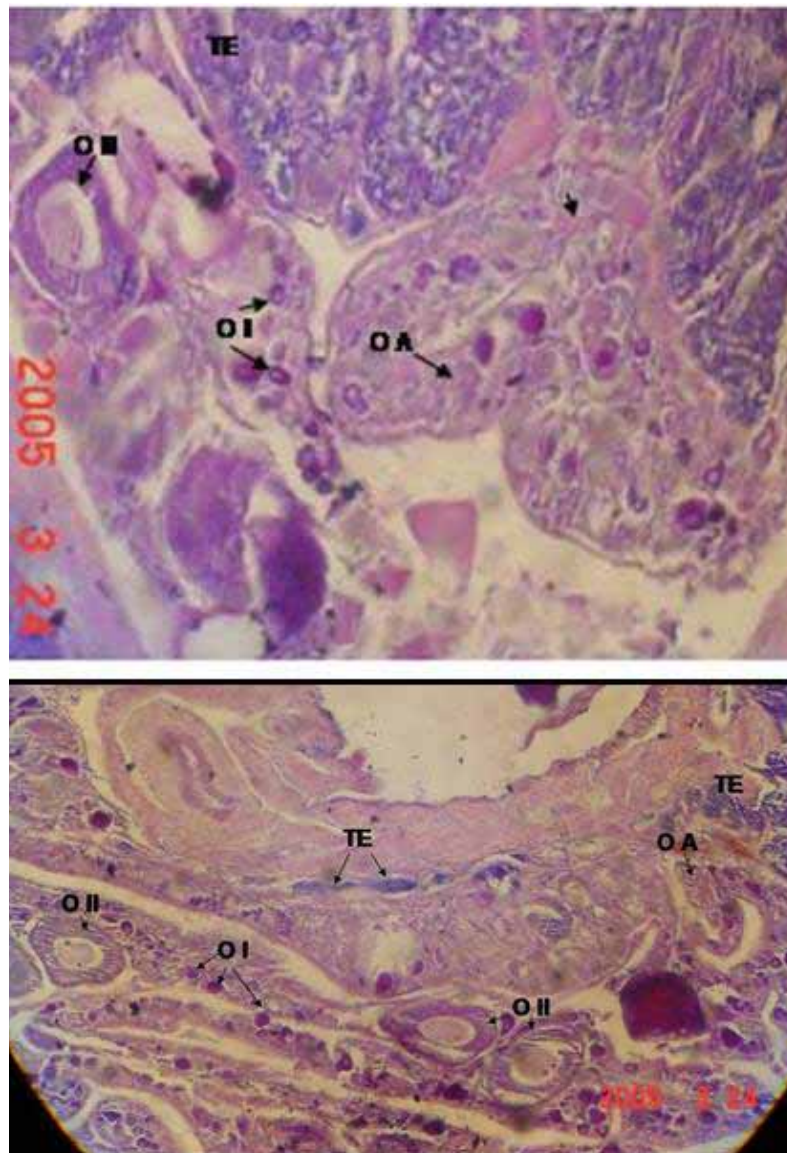


Figura 14.- Ovario en regresión de *Paralabrax maculatofasciatus*, en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Proliferación de **TE**, tejido testicular; **TOD**, Tejido ovárico en degeneración. Obsérvese los **OA**, oocitos atrésicos y **OI**, oocitos en estadio I y **OII**, oocitos en estadio II. Técnica H-E aumento 20X (Fotografía de A. Avilés-Quevedo).

6.2 Ciclo reproductivo, relacionado a los principales factores ambientales.

Los factores ambientales, medidos en el sitio de colecta y área de estudio, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995, se describen en

la Figura 15, observándose que los factores con mayor variabilidad fueron la precipitación ($55.4 - 0.9\text{mm}$, 14.48 ± 16.41) seguido por la temperatura ($30 - 20.2^\circ\text{C}$, 24.5 ± 3.16) el fotoperiodo ($11:32 - 14:36$ hora-luz/día) y el oxígeno disuelto ($7.8 - 4.6\text{mg.L}^{-1}$, 6.4 ± 1.04). La salinidad ($37 - 36$ ups, 36.4 ± 0.41) y el pH ($8.2 - 7.8$, 8.04 ± 0.09) permanecieron casi constantes. En cuanto al efecto de estos factores ambientales en el ciclo de reproducción de *P. maculatofasciatus* se observa que no hay un efecto marcado del fotoperiodo sobre la reproducción, aunque se puede apreciar que en los picos de desove el fotoperiodo es de 12:12 a 14:12 horas-luz/día (Figura 15). Según el Almanaque Náutico que editó la Secretaría de Marina en 1989, la ciudad de La Paz tiene un fotoperiodo máximo de 14:36 horas-luz/día en Junio y el mínimo de 11:32 hora-luz/día en diciembre. En cambio la temperatura si parece afectar la reproducción de esta especie, ya que no se observan desoves a temperaturas mayores de 28°C ni por debajo de 20°C . La temperatura durante los picos de desove fue de 20 a 23°C . (Figura 15).

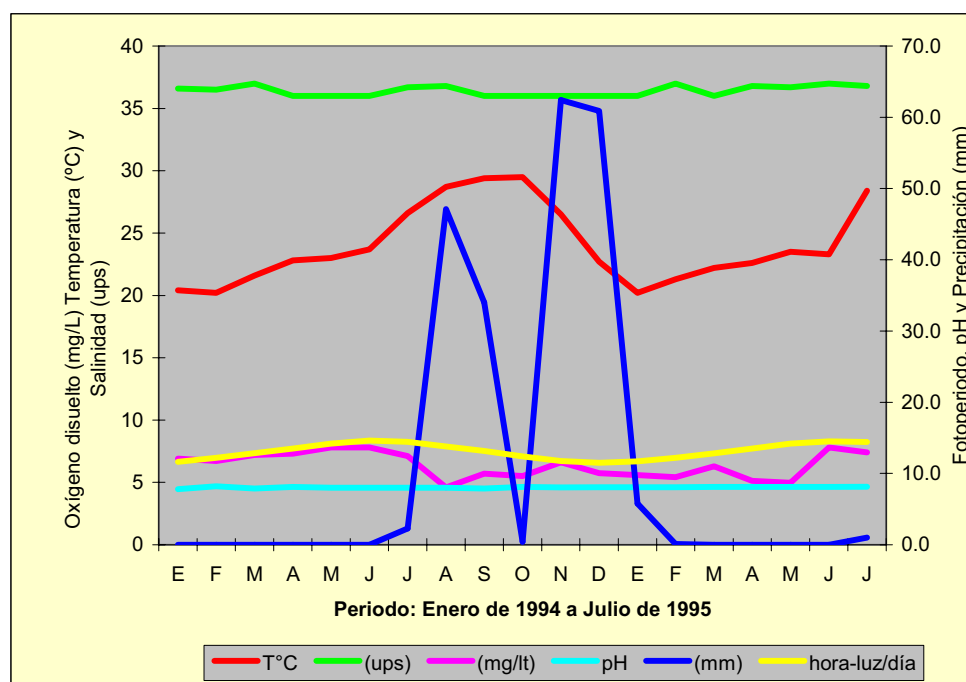


Figura 15.- Factores ambientales registrados en el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el estudio de *Paralabrax maculatofasciatus* (A. Avilés-Quevedo).

El pico reproductivo o época de desove de *P. maculatofasciatus* se observa de enero a mayo cuando la temperatura del mar se encuentra entre 20 y 24 °C (Figura 16). Aunque con frecuencia se observa un prolongado periodo de reproducción que abarca todos los meses del año excepto en aquellos que la temperatura es superior a 28°C. (Figura 16). Durante el periodo de estudio, el oxígeno disuelto siempre fue mayor de 4 mg.L⁻¹ por lo que éste no fue un factor limitante en el medioambiente, dado que la dinámica del agua de esta bahía facilita la circulación, así como el oleaje permite la oxigenación de la capa superficial del agua y la alta productividad primaria del área, la producción de oxígeno mediante la fotosíntesis.

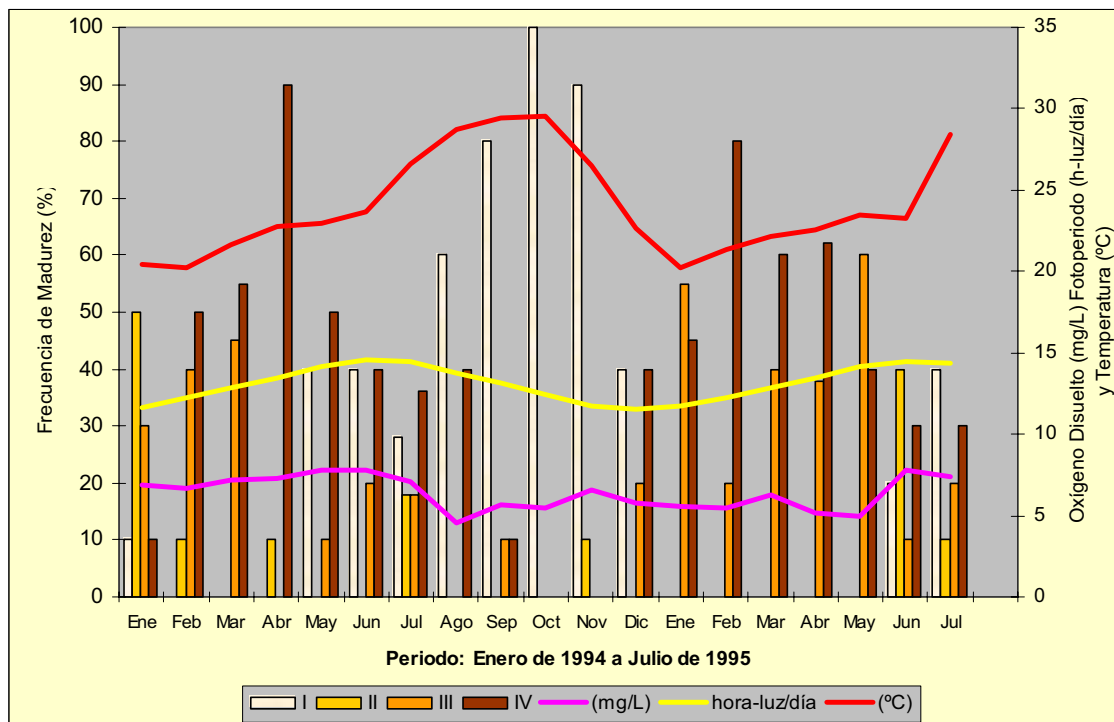


Figura 16.- Ciclo reproductivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en relación con la temperatura (°C) fotoperiodo (hora-luz/día) y oxígeno disuelto (mg.L⁻¹) durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. [I, inmaduro; II, desarrollo; III, madurez; IV, ovulación] (A. Avilés-Quevedo).

En la figura 17, se observa que el periodo de precipitación coincide con el periodo de menor actividad reproductiva, aunque estos niveles de precipitación tan bajos, no llegan a afectar la salinidad del mar, toda vez que esta permanece constante entre 36 y 37 ups dado que hasta los niveles máximos de precipitación anual (276 mm) son superados por la evaporación de la bahía que alcanza niveles de 350 mm (Jiménez-Illezcas *et al.*, 1997).

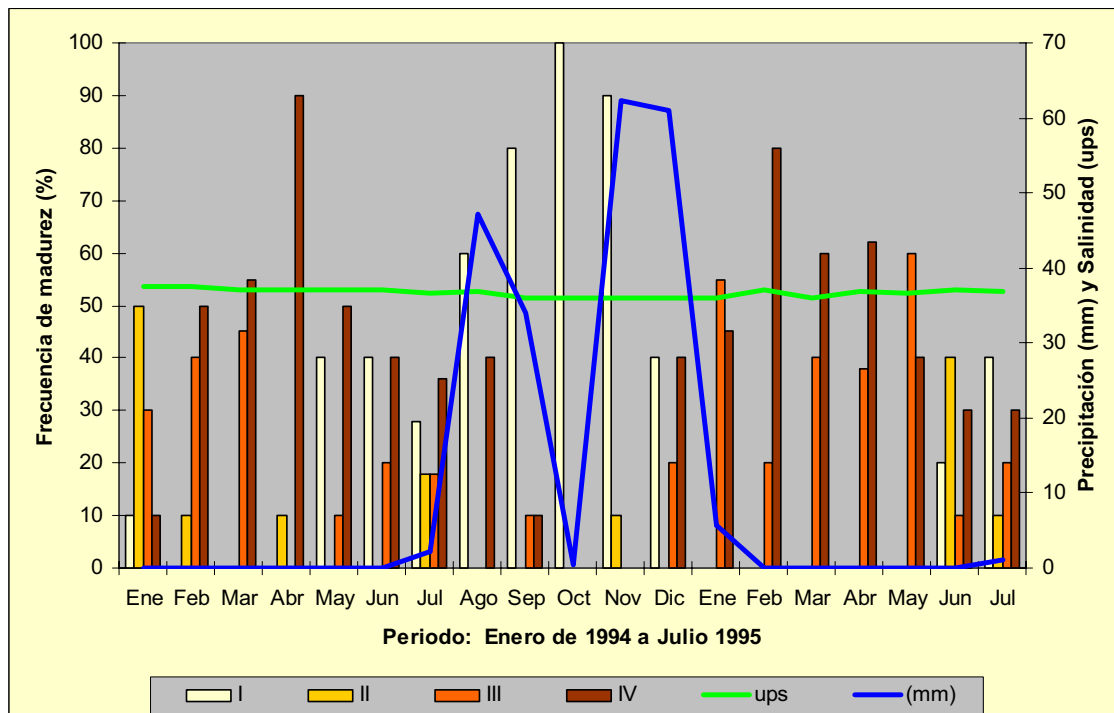


Figura 17.- Ciclo reproductivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en relación con la precipitación (mm) y salinidad (ups) durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. [I, inmaduro; II, desarrollo; III, madurez; IV, ovulación] (A. Avilés-Quevedo).

6.3 Análisis de la distribución de sexos por tamaño

Trescientos ochenta y dos especímenes silvestres fueron medidos e histológicamente sexados. En la Figura 18, se observa que la hembra más pequeña midió 90 mm de Ls y el macho más pequeño 130 mm de Ls. Los

especímenes en transición, transformantes o hermafroditas se encontraron entre las tallas de 150 a 185 mm de Ls. El tamaño promedio de las hembras fue de 167.9 mm Ls (± 28.3 DE, en un rango de 90-245 mm, $n = 216$) mientras que los machos promediaron un tamaño de 189 mm Ls (± 28 DE, en un rango de 130-245 mm, $n = 148$). Los resultados indican que los machos son significativamente más grandes que las hembras de acuerdo al ANDEVA para $F = 50.67$ y $F_{0.01(1,200)} = 6.76$, que rechaza la hipótesis $H_0: \mu_h = \mu_m$ a $P < 0.0001$).

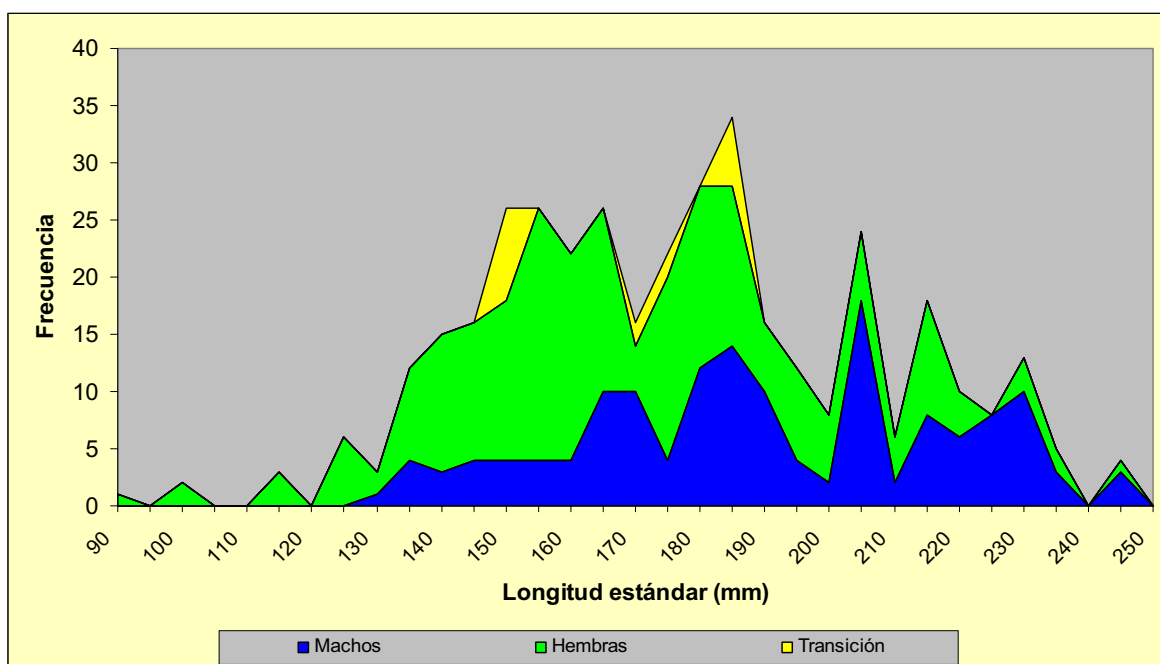
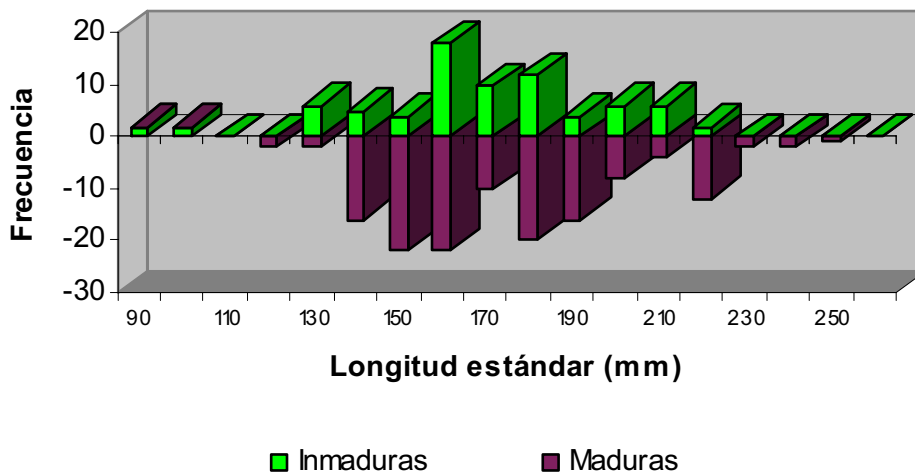


Figura 18.- Distribución del sexo por tamaño (longitud estándar en mm) de *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. (A. Avilés-Quevedo).

En la Figura 19, se muestra el número de especímenes hembras y machos inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadios III y IV, asumiendo que son reproductivamente viables) en las diferentes clase de tallas (mm). La hembra madura más pequeña midió 112 mm Ls y el macho maduro más pequeño, con senos espermáticos y vasos deferentes llenos de espermatozoos midió 130 mm Ls. De todas las hembras medidas una proporción del 65%

estuvieron maduras y midieron en promedio 170 ± 28.5 mm Ls. En tanto que de todos los machos medidos, una proporción del 73% estuvieron maduros y midieron en promedio 191 ± 27.7 mm Ls. En general, del total de ejemplares maduros medidos, las hembras midieron >220 mm Ls y los machos > 235 mm Ls.

Hembras silvestres



Machos silvestres

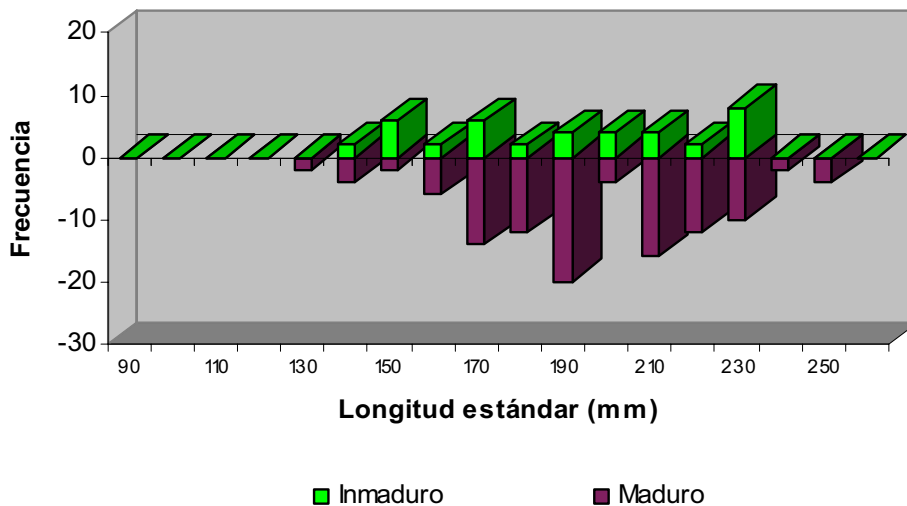


Figura 19.- Frecuencia de ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV) en diferentes clases de tamaño (Longitud estándar, mm) de *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, B.C.S., Mex. durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995. (A. Avilés-Quevedo).

6.4 Composición de sexos.

En todo el periodo de estudio, fue común obtener hembras y machos en las colectas, aunque la proporción de hembras (56.5%) fue más abundante que la de los machos (38.7%). Los individuos en proceso de transformación, conteniendo tejido ovárico en regresión y desarrollo de tejido testicular, catalogados como hermafroditas (Figura 13 y 14) solo fueron 18 especímenes que midieron 161 ± 25 mm Ls, 150-185 mm. Estos individuos estuvieron presentes cuando la temperatura del agua fue mayor de 27°C y cuando la actividad reproductiva fue mínima (Figura 20). Dado que no fueron evidentes caracteres sexuales secundarios que distinguieran a las hembras de los machos, el sexado se realizó mediante la disección de la gónada y el análisis histológico.

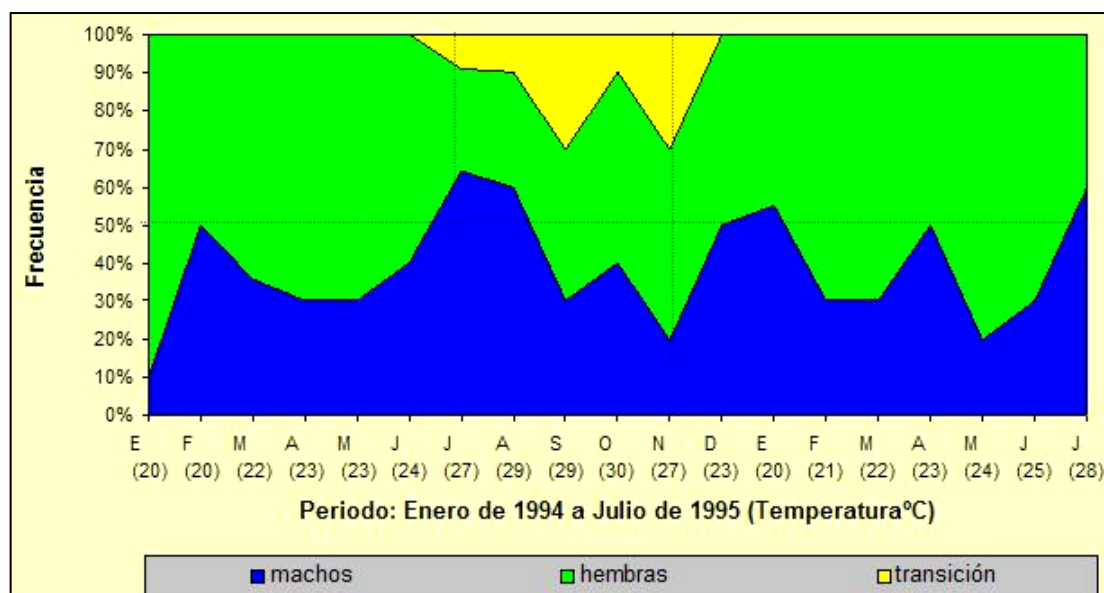


Figura 20.- Proporción mensual de sexos de *Paralabrax maculatofasciatus* durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo)

6.5 Tamaño y edad de primera madurez,

Las hembras fueron más abundantes que los machos y estas estuvieron presentes en todos los grupos de edad, principalmente entre los 2 y 6 años.

Los machos fueron más abundantes entre los grupos de 3 a 7 años y los especímenes en transición (hermafroditas) se encontraron entre el grupo de 3 y 5 años (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución del número de hembras, machos y hermafroditas de *Paralabrax maculatofasciatus* en los distintos grupos de edad en la Bahía de La Paz, B.C.S., Mex. durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995).

Edad (años)	Longitud estándar (mm)	Sexos			Total
		Hembra	Macho	Hermafrodita	
1	46.7				
2	101.8	12			14
3	144.0	90	26	2	122
4	176.4	68	52	6	130
5	201.3	28	32	10	60
6	220.3	12	24		36
7	234.9	4	10		14
8	246.1	2	4		6
		216	148	18	382

La mayor proporción de ovarios inmaduros, en estadio I y II se observaron en los grupos menores de cinco años, mientras que los ovarios maduros y en estado de desove, estadio III y IV, se observaron en organismos de dos años y su frecuencia se incrementó con la edad, de la misma manera se muestra la madurez de los testículos en machos a partir de los 3 años (Cuadro 4). Por otro lado, la proporción de hembras maduras (estadios III y IV) fue mayor que la proporción de machos maduros. Aunque, estas diferencias no fueron significativas de acuerdo al análisis de varianza (ANDEVA) de un solo factor para un $\alpha = 0.05$.

Cuadro 4. Número de ejemplares hembras y machos de *Paralabrax maculatofasciatus* en los diferentes estadios de maduración según el grupo de edad, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. (El número entre paréntesis denota el porcentaje).

Edad (años)	Estadios de Maduración				NúmeroTotal
	I	II	III	IV	
OVARIOS					
1	0	0	0	0	0
2	6 (50)	2 (17)	0 (0)	4 (33)	12
3	22 (24)	6 (7)	24 (27)	38 (42)	90
4	16 (24)	8 (12)	18 (26)	26 (38)	68
5	12 (43)	4 (14)	8 (29)	4 (14)	28
6		0	4 (33)	8 (67)	12
7			2 (50)	2 (50)	4
8				2 (100)	2
	56	20	56	84	216
TESTICULOS					
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	8 (31)	4 (15)	4 (15)	10 (39)	26
4	8 (15)	2 (4)	10 (19)	32 (62)	52
5	6 (19)	2 (6)	8 (25)	16 (50)	32
6	6 (26)	2 (8)	8 (33)	8 (33)	24
7	2 (20)	0	2 (20)	6 (60)	10
8				4 (100)	4
8+				0	0
	30	10	32	76	148

6.6 Relación peso-longitud

La población de *P. maculatofasciatus* en el sitio de estudio seleccionado en Bahía de La Paz se caracterizó por una relación peso - longitud, en la que las hembras se identifican por alcanzar un peso mas alto que los machos a un mismo tamaño. Los hermafroditas presentaron una relación intermedia entre las hembras y los machos y estuvieron acotados a un tamaño de 15 a 18.5cm Ls (Figura 21). En las siguientes ecuaciones, se muestran los valores de las constantes calculadas para cada sexo.

Relación Peso total – Longitud estándar para hembras de *P. maculatofasciatus*
(en un rango de 9 -25 cm de Ls y 34-388 g de Pt)

$$P_t = 0.03879 Ls^{2.916}$$

$$r^2 = 0.989$$

Relación Peso total – Longitud estándar para machos de *P. maculatofasciatus*
(en un rango de 13 -25 cm de Ls y 26 - 341 g de Pt)

$$P_t = 0.0086 L_s^{3.259}$$

$$r^2 = 0.987$$

Relación Peso total – Longitud estándar para hermafroditas de *P. maculatofasciatus*
(en un rango de 15 – 18.5 cm de Ls y 28-174 g de Pt)

$$P_t = 0.01335 L_s^{3.1989}$$

$$r^2 = 0.991$$

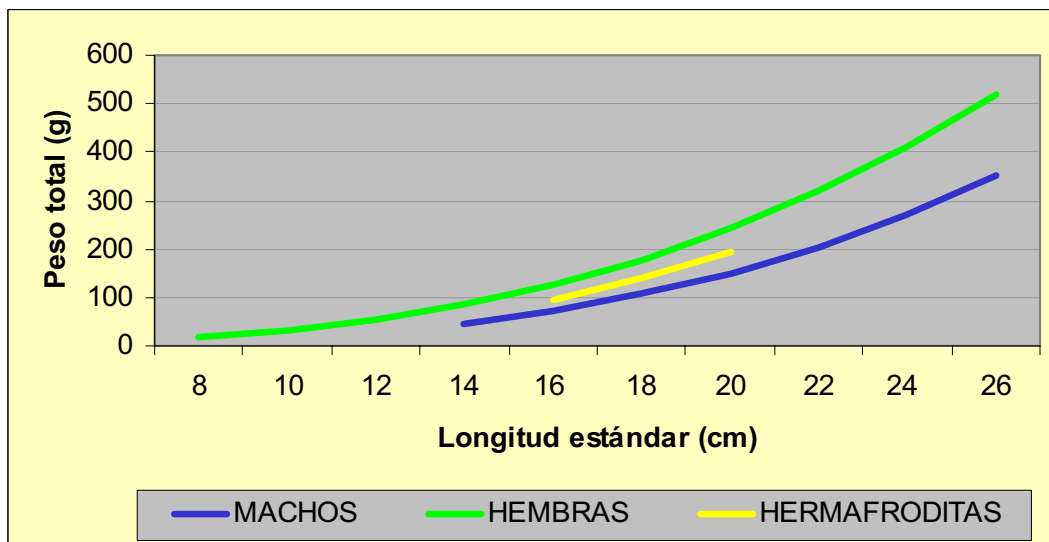


Figura 21.- Relación peso-longitud según el sexo de *Paralabrax maculatofasciatus* durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

6.7 Factor de condición

Los valores del factor de condición (FC) medido como el nivel de salud del pez (Cuadro 5) mostraron diferencias significativas entre hembras, machos y especímenes en transición, de acuerdo a la comparación múltiple del ANDEVA de un solo factor para un $\alpha = 0.05$ (Cuadro 6). Asimismo, en la Figura

22, se observa que el valor del FC de las hembras es mayor que el valor del FC de los machos e inclusive el valor del FC de los especímenes en transición (hermafroditas) fue ligeramente mayor que el de los machos (Cuadro 5) durante el periodo de permanencia de Julio a Noviembre. Durante el periodo de estudio (Enero de 1994 a Julio de 1995) no se observó ninguna relación entre el FC y la temperatura promedio en el sitio de estudio.

Cuadro 5.- Promedio del Factor de Condición por sexo y condición de madurez de *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995, en Bahía de La Paz

	Promedio	Desv. std	Max	Min
Macho inmaduro	2.09	1.36	6.49	0.41
Macho maduro	2.32	1.11	4.90	0.63
Hembra inmadura	3.71	2.99	15.05	0.75
Hembra madura	3.80	2.34	11.49	0.55
Transición	2.32	0.21	2.74	2.14

Cuadro 6.- Resultados de la comparación del Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* machos inmaduros y maduros y hembras inmaduras y maduras. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 77)0.05} = 3.96$ según el ANDEVA para un solo factor.

	Macho inmaduro	Macho maduro	Hembra inmadura	Hembra madura	Transición
Macho inmaduro		0.42	12.06	22.7	0.24
Macho maduro			3.97	7.52	0.0005
Hembra inmadura				0.36	1.88
Hembra madura					3.56
Transición					

Conclusión: Las hembras maduras tienen un FC más alto que los machos recrudesencia

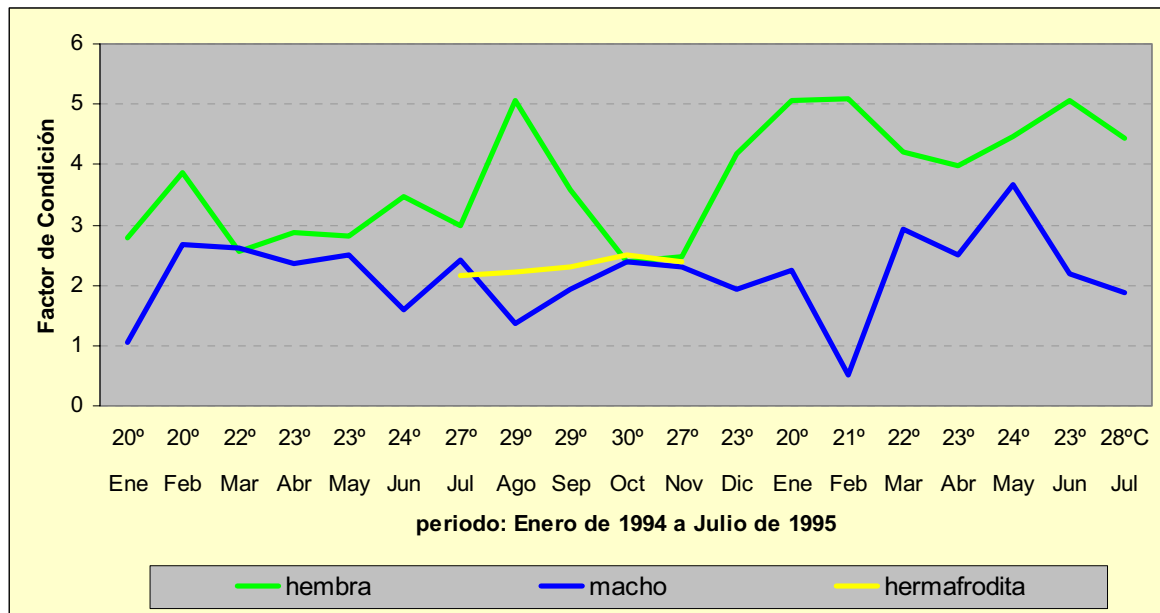


Figura 22.- Factor de condición de hembras, machos y hermafroditas de *Paralabrax maculatofasciatus* durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

6.8 Índice gonadosomático,

En relación a la condición de madurez, el IGS de las hembras maduras fue más alto que el de los machos (Cuadro 7) y el valor más bajo lo presentaron los individuos en transición. Sin embargo, este valor fue estadísticamente igual al de los individuos inmaduros de acuerdo al análisis de comparación múltiple del ANDEVA de un solo factor para un $\alpha=0.05$ (cuadro 8).

En el Cuadro 9, se muestran los resultados de la relación del peso y el índice gonadosomático (IGS) de ovarios y testículos en estadios III y IV de acuerdo con el grupo de edad. No obstante el incremento en longitud y peso con la edad, se observa una tendencia a la disminución relativa del peso de la gónada e IGS (Figura 23).

En la Figura 24, se muestra la relación mensual del IGS en Bahía de La Paz, B.C.S., México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995.

Asimismo se observó que los valores del IGS en los meses de Julio a Noviembre fue igual para hembras, machos y especímenes en transición, con valores promedio de IGS de 0.4, en estos meses se presentaron los valores de IGS más bajos para hembras, machos y hermafroditas.

Cuadro 7.- Promedio del Índice gonadosomático por sexo y condición de madurez de *Paralabrax maculatofasciatus*, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995, en Bahía de La Paz, Baja California Sur.

	Promedio	Desv. std	Max	Min
Macho inmaduro	1.09	3.61	16.41	0.04
Macho maduro	1.47	1.44	6.42	0.08
Hembra inmadura	1.11	2.70	16.32	0.05
Hembra madura	2.42	2.99	23.30	0.04
Transición	0.40	0.13	0.52	0.07

Cuadro 8.- Resultados de la comparación del Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* machos inmaduros y maduros y hembras inmaduras y maduras. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 77)0.05} = 3.96$ según el ANDEVA para un solo factor.

	Macho inmaduro	Macho maduro	Hembra inmadura	Hembra madura	Transición
Macho inmaduro		0.43	0.0005	2.79	0.32
Macho maduro			0.69	4.59	4.94
Hembra inmadura				5.05	0.61
Hembra madura					4.05
Transición					

La relación del IGS con la temperatura del mar (Figura 25) muestra que los valores más bajos del IGS de machos se presentaron en las temperaturas

más bajas de 21°C y más altas de 26°C. El IGS de las hembras, tiende a una relación inversa con la temperatura, de tal manera que los valores más altos del IGS (3.4 a 2.5) de las hembras coincide con las temperaturas más bajas del intervalo anual (21 a 24°C) y los valores bajos del IGS se presentan en las temperaturas mayores de 26°C. Asimismo se observa que el valor del IGS de los individuos hermafroditas se presenta en el rango de temperaturas altas (26 - 30°C).

Cuadro 9. Longitud estándar (Ls), Peso total (Pt), Peso gónada (Pg) e Índice gonadosomático (IGS) de *Paralabrax maculatofasciatus* maduros (estadios III y IV) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995).

Edad (años)	Ls (mm) (Promedio ± DE)	Pt (g) (Promedio ± DE)	Pg (g) (Promedio ± DE)	IGS (Promedio ± DE)	#
Hembras:					
1					
2	117.5 ± 6.4	43.1 ± 10.8	0.5 ± 0.5	0.9 ± 0.9	4
3	147.8 ± 8.4	84.2 ± 14.1	2.4 ± 1.4	2.8 ± 1.4	62
4	177.1 ± 7.4	141.7 ± 25.2	4.1 ± 2.9	2.9 ± 1.7	44
5	200.8 ± 5.6	215.0 ± 20.9	5.5 ± 3.4	2.5 ± 1.5	12
6	215.0 ± 2.6	256.9 ± 36.3	3.7 ± 2.5	1.5 ± 1.2	12
7	231.5 ± 1.7	302.1 ± 18.8	8.4 ± 8.9	2.6 ± 2.8	4
8	245.0 ± 0.0	299.3 ± 0.0	1.9 ± 0.0	0.6 ± 0.0	2
Machos:					
1					0
2					0
3	144.7 ± 11.2	80.9 ± 15.4	1.3 ± 1.4	1.7 ± 2.2	6
4	177.6 ± 8.4	145.0 ± 25.9	2.0 ± 1.9	1.5 ± 1.4	24
5	200.2 ± 6.0	202.8 ± 32.3	2.0 ± 1.7	1.1 ± 1.0	36
6	218.6 ± 4.6	265.2 ± 45.3	0.8 ± 0.5	0.3 ± 0.2	26
7	231.0 ± 2.5	294.3 ± 13.3	2.4 ± 3.2	0.8 ± 1.0	10
8	245.0 ± 0.0	366.2 ± 24.9	1.4 ± 0.8	0.4 ± 0.2	6

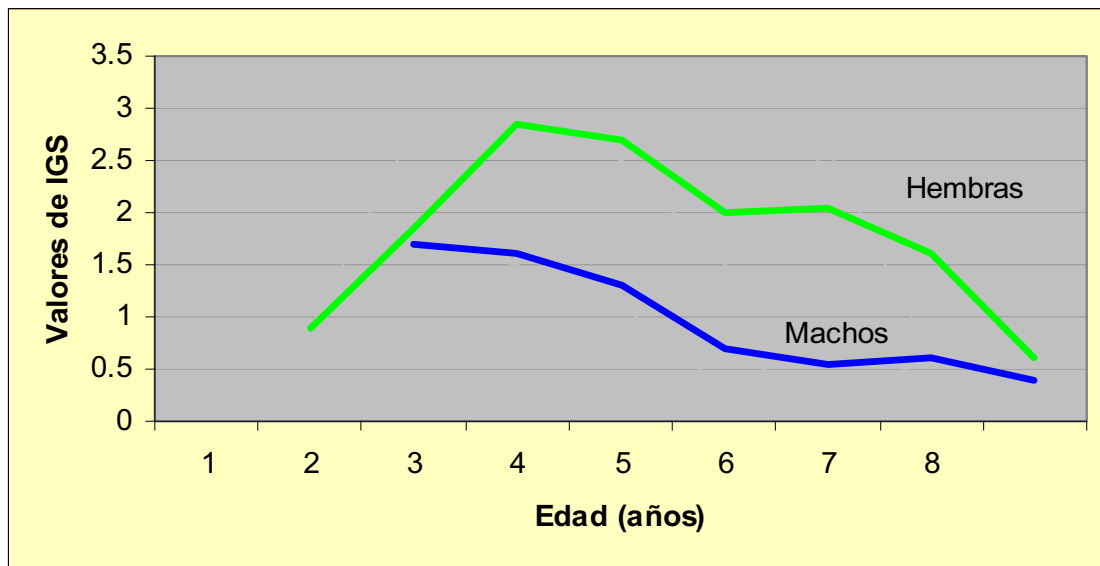


Figura 23.- Índice gonadosomático (IGS) de hembras y machos maduros (estadio III y IV) de *Paralabrax maculatofasciatus* según el grupo de edad en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 (A. Avilés-Quevedo).

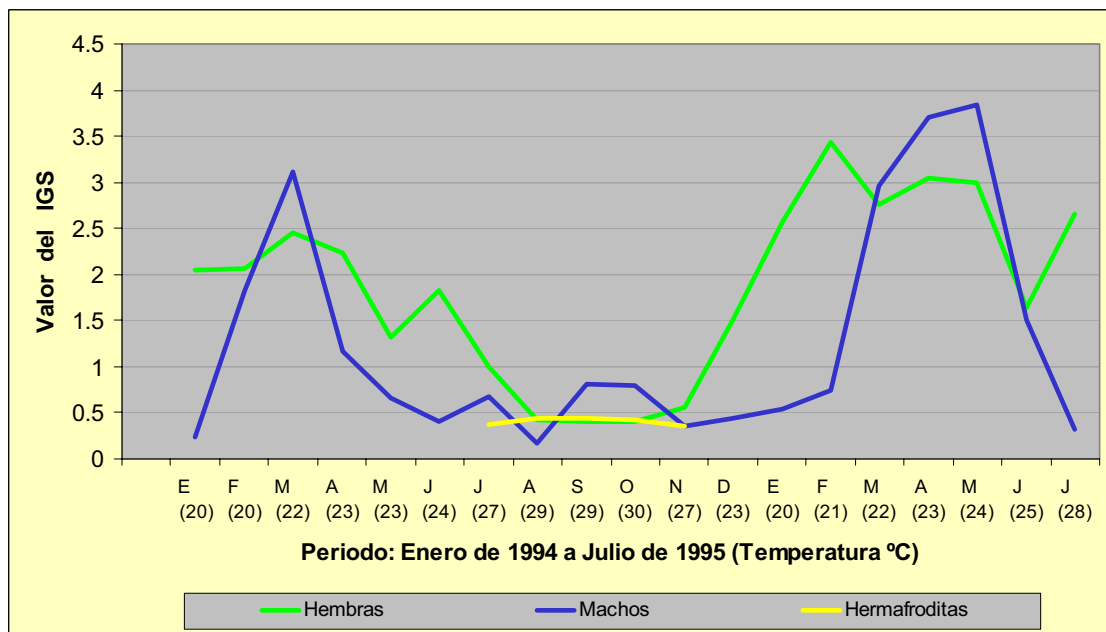


Figura 24.- Promedio mensual del Índice gonadosomático (IGS) de hembras, machos y especimenes en transición (hermafroditas) de *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 (A. Avilés-Quevedo).

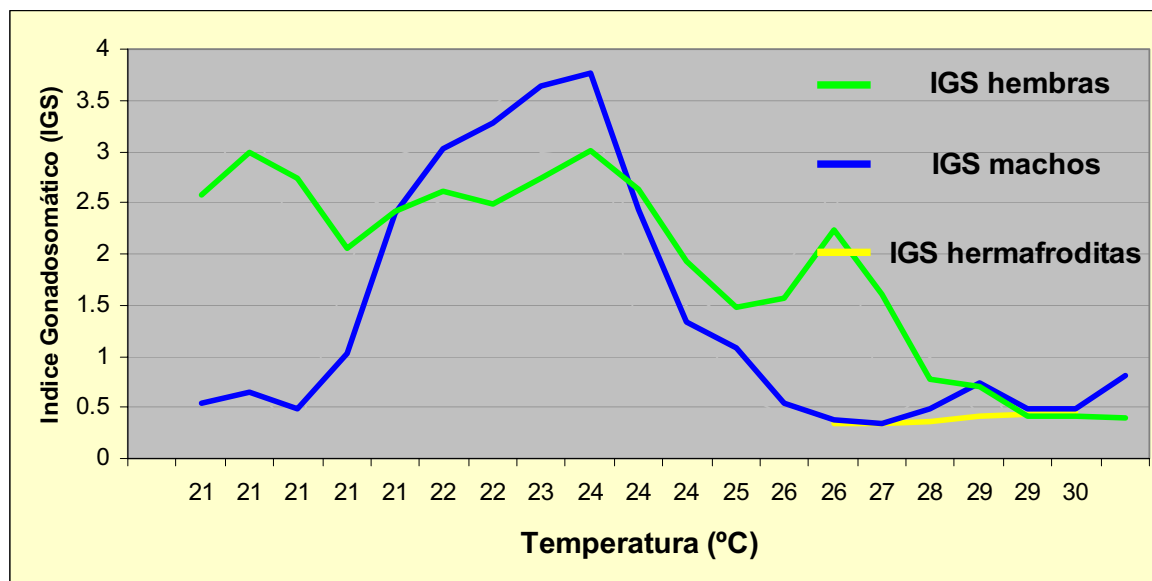


Figura 25.- Tendencia del Índice gonadosomático (IGS) de hembras, machos y especímenes en transición (hermafroditas) de *Paralabrax maculatofasciatus* en relación a la temperatura del mar en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 (A. Avilés-Quevedo).

7. DISCUSION

7.1 Morfología e histología de la gónada

Como se documentó en los antecedentes, diferentes autores mencionan la característica distribución de *P. maculatofasciatus* que abarca latitudes templadas y tropicales, así como la diversidad de hábitats, desde el típico rocoso-arrecifal de la cabecera del Golfo de California (Thomson *et al.*, 1987) hasta los fondos areno-fangoso y fondos de manglar de las zonas someras de Bahía de La Paz (Avilés-Quevedo *et al.*, 1995) y los fondos areno-lodosos y de praderas de fanerógamas marinas de Bahía Magdalena en la costa del Pacífico de Baja California Sur (Lluch-Cota, 1995). Mientras que en las latitudes templadas de California, prefieren las aguas cálidas de los puertos y bahías con pastizales marinos y fondos areno-lodosos con rocas y pastos (Roberts *et al.*, 1984 y Hovey y Allen 2000). Por lo anterior, es lógico señalar que estas divergencias en latitud y habitat, incluyen también diferentes patrones reproductivos para la misma especie.

Considerando los criterios indicativos del hermafroditismo protogínico descritos por Sadovy y Shapiro (1987) y Hastings (1989) se confirma la evidencia del hermafroditismo protogínico en la población de *P. maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, B.C.S., toda vez que en este estudio, se identificaron individuos en transición, como indicador del proceso de cambio de sexo, se identificó en la gónada masculina, un lúmen central, que no cumple la función de transporte de espermatozoides y senos espermáticos en la pared gonádica, así como la presencia de ovocitos atrésicos en diferentes estadios de madurez.

La revisión histológica de 382 gónadas de *P. maculatofasciatus* muestreadas mensualmente en Bahía de La Paz, Baja California Sur, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995, permitió confirmar la mayoría de las características descritas por Hastings (1989); Lluch-Cota (1995) y Sergio-Ferreira (1997) así como las similitudes que existen entre *P. clathratus* y *P. nebulifer*, considerada esta última, como taxa hermana de *P. maculatofasciatus* por Pondella *et al.*, (2003). Sin embargo, el estudio de Hovey y Allen (2000) revela que en el análisis histológico de 1150 especímenes de *P. maculatofasciatus*, colectados en todo su rango de distribución, encontraron que solo el 9% de los machos presentaron lúmen gonádico, el 65% de todas las hembras presentaron senos espermáticos conteniendo espermátocitos en desarrollo, el 76% de los machos presentaron oocitos atrésicos y solo observaron cinco individuos en transición. Con lo anterior, asumen que los machos primarios y secundarios de toda la población estudiada tienen un origen diándrico, y que el patrón reproductivo que mejor describe a las poblaciones estudiadas es el espectro entre gonocorismo y hermafroditismo protogínico. Esta diversidad de espectro puede deberse a una estrategia de las hembras para maximizar su reproducción y regular el tamaño de la población.

Los ovarios de *P. maculatofasciatus* en estado de desove (Figura 7) presentaron ovocitos hidratados intrafoliculares muy similares a los observados

en *P. clathratus* y *P. nebulifer* (Oda *et al.* (1993) y en los machos de estas mismas especies, se observó la espermatogénesis en el interior de criptas incluidas en las lamelas testiculares y el lúmen no utilizado en el transporte de espermatozoides, como indicativo de una estructura ovárica original que indica un cambio sexual post-maduracional (Baca Hovey *et al.*, 2002; Hastings 1989).

La actividad reproductiva de *P. maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, B.C.S., Mex., se prolonga de Enero a Julio, con un máximo de intensidad de Febrero a Mayo (Figura 14), considerando que más del 50% de los especímenes estuvieron maduros o en desove (Estadios III y IV). En relación con el efecto regulador de los factores ambientales, se observa que el pico reproductivo de esta especie se inicia con el calentamiento del mar, entre los 20 y 23°C, intervalo de temperatura pequeño, en comparación con la variación anual (17-30°C) y entre los 12:12 y 14:10 horas-luz/día, antes del máximo fotoperiodo del ciclo anual.

Los resultados de Lluch-Cota (1995) en Bahía Magdalena, B.C.S., muestran que la población de *P. maculatofasciatus* inicia el desove a finales del invierno y mantiene su actividad hasta mediados de otoño, pero los desoves más intensos se presentan de abril a agosto, cuando la temperatura se eleva de 18.5 a 27.5°C y se registran los máximos de horas-luz/día (13.5 a 14.5). Por otro lado, los resultados de Oda *et al.* (1993) y Hovey y Allen (2001) en el estudio de las poblaciones de California, Estados Unidos, muestran que esta especie desova entre Mayo y Septiembre, coincidiendo con la época cálida del periodo de calentamiento y a diferencia de los resultados en Bahía de La Paz, el máximo de actividad reproductiva se presenta en un intervalo reducido de 14.25 a 15.25 horas-luz/día, en general después de que se presenta el máximo fotoperiodo anual.

Las gónadas en transformación de ovario a testículo, se pusieron de manifiesto con la regresión del tejido ovárico y la proliferación de tejido testicular (Figura 13). La proliferación de tejido testicular fue precedida por la

reabsorción de oocitos vitelogénicos atrésicos y la formación de túbulos seminíferos en el interior de la pared gonádica (Lluch-Cota, 1995).

Los 18 individuos en transición (hermafroditas) se registraron en la Bahía de La Paz de Julio a Noviembre de 1994, pero de Enero a Julio de 1995 no hubo registros de estos especímenes (Figura 18); aunque Sergio-Ferreira (1997) registró la presencia de 25 ejemplares de Febrero a Junio de 1995, en el mismo cuerpo de agua. En la población de *P. maculatofasciatus* de Bahía Magdalena (sobre la costa occidental de la Península de Baja California) los 28 individuos hermafroditas registrados, no presentaron una temporalidad definida, aunque son ligeramente más frecuentes al término de la temporada de desove (Lluch-Cota, 1995).

Como se describió anteriormente, *P. maculatofasciatus* presenta un complejo sistema de maduración gonádica, en donde cada población exhibe un patrón reproductivo distinto, desde el hermafroditismo protogínico, donde los individuos inician su vida como hembras y más tarde después de un periodo de cambio se transforma en macho, el gonocorismo, en el cual los individuos no cambian de sexo, produciendo una equidad de hembras y machos en edad y tamaño (Hovey y Allen, 2001) y la diandria, en donde se presentan dos tipos de machos; aquellos que derivan de una hembra mediante la transformación sexual y los que nacen y se mantienen como machos (Hovey y Allen, 2000; Lluch-Cota, 1995).

7.2 Análisis de la distribución de tallas, proporción de sexo y edad de primera madurez

Los resultados de este trabajo indican que los machos fueron significativamente más grandes que las hembras de acuerdo al ANDEVA para un solo factor, $\alpha = 0.05$ y una probabilidad 0.001. En donde la hembra madura más pequeña midió 112 mm de Ls y el macho maduro más pequeño 130 mm

de Ls en la población de La Paz, B.C.S. Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Sergio-Ferreira (1997) quien encontró hembras de 143 mm Ls y machos de 154 mm de Ls, en la misma Bahía y los resultados de Hastings (1989) quien registro a una hembra madura de 92 mm de Ls y un macho maduro de 102 mm Ls en el norte del Golfo de California. Por otra parte, Hovey y Allen (2001) registraron en las costas de California, Estados Unidos, las hembras maduras más pequeñas de 170 mm de Ls y machos maduros de 198 mm de Ls. Sin embargo, los resultados de Lluch-Cota (1995) quien encontró especímenes maduros más pequeños en la población de *P. maculatofasciatus* de Bahía Magdalena, con machos de 61 mm de Ls y hembras de 65 mm, en donde fue evidente el solapamiento entre los tamaños de hembras y machos maduros, la existencia de machos maduros más pequeños que las hembras maduras más pequeñas, indica que algunos ejemplares se transformaron en machos antes de haber funcionado como hembras (cambio de sexo premaduracional) por lo que este autor considera el gonocorismo secundario para la población de Bahía Magdalena (el gonocorismo secundario es la condición de sexos separados, pero que es evidente que deriva de un ancestro hermafrodita). Asimismo, los resultados de Lluch-Cota (1995) coinciden con los resultados de Hovey y Allen (2000) en que la población de Bahía Magdalena exhibe un patrón intermedio entre gonocorismo y hermafroditismo protogínico. En cambio para las poblaciones del Norte del Golfo de California y Bahía de La Paz, la evidencia es de hermafroditismo protogínico.

En este trabajo, la distribución de sexos por tamaños presenta un completo solapamiento, en donde más del 50% de las hembras midieron menos de 201 mm de Ls y más del 50% de los machos midieron más de 201 mm de Ls (Figura 17) Con lo cual se observa que hay más hembras en las clases pequeñas y más machos en las clases grandes. Esta estructura de tamaños, en donde una mayor proporción de las hembras presenta tamaños inferiores a la de los machos, es considerado como un criterio de hermafroditismo protogínico (Hastings, 1989). Asimismo, considera que el

solapamiento de tamaños ocurre debido a la determinación del sexo por el tamaño el cual es influenciado por diversos factores ecológicos, bioenergéticos y sociales.

Esta distribución de tamaños, en donde un sexo (machos) es mayor que el otro (hembras) se contempla teóricamente en el “modelo de la ventaja del tamaño” en donde se explica el hermafroditismo secuencial (protogínico o protándrico) como un patrón reproductivo que ocurre cuando una especie se reproduce más eficientemente como un sexo en tamaños menores y como el sexo opuesto cuando es mayor (Ghiselin, 1969). Por último, cabe destacar el hecho de que algunas hembras alcanzan tallas tan grandes como la de los machos (Figura 17) con lo que podemos suponer que algunas hembras nunca cambiaron de sexo o que la transformación la hacen hasta tallas muy avanzadas. Garrat (1986) definió este proceso como hermafroditismo protogínico incompleto.

La proporción de sexos fue de 1.5:1 (hembra:macho) en la época de reproducción máxima y de 1:1 en el periodo de reposo o menor actividad reproductiva, lo cual se asemeja con los resultados de Sergio-Ferreira (1997) quien encontró una relación de 1:22:1, (hembra macho) para la misma población. Mientras que Hasting (1989) reporta una relación de 2.8:1 (hembra-macho) para la población del norte del Golfo de California. Sin embargo Lluch-Cota (1995) para la población de Bahía Magdalena encontró una proporción de 2.08:1 (hembra macho) en la época de máxima reproducción

De acuerdo con los resultados de Chavez y Arvizu 1972, que estimaron la relación edad-longitud de la población de *P. maculatofasciatus* del Golfo de California, se observó que la edad de primera madurez para la población de Bahía de La Paz es de 2 años para las hembras (117.5 ± 6.4 mm de Ls) y 3 años para los machos (144.7 ± 11.2 mm de Ls), mientras que en la población de las costas de California, Estados Unidos, las hembras maduran al primer

año con 170.2 mm de Ls y los machos a 1.4 años y 198 mm (Hovey y Allen, 2001).

7.3 Relación peso-longitud, Factor de Condición e Índice Gonadosomático

La relación peso-longitud permitió conocer las diferentes fases del desarrollo de los peces y estimar el comportamiento del crecimiento con respecto al peso. De esta manera se puede calcular para un tamaño de 24 cm de Ls, los ejemplares machos de *P. maculatofasciatus* pesan 271 g y las hembras 411 g. Esta diferencia entre la relación peso-longitud de hembras y machos fue significativa estadísticamente para un F calculado de 10.8 y un $F_{0.05(1, 20)} = 9.94$ de acuerdo al análisis de comparación de los coeficientes de regresión de Parker (1979). La etapa de transición de esta especie estuvo acotada a ejemplares menores de 20 cm de Ls con un peso de 194 g.

El factor de condición de acuerdo al concepto de Teng y Chua (1978) permitió conocer la condición del pez en términos numéricos, mediante el cálculo basado en la relación que tiene la longitud del pez con su peso. Este índice interpreta el grado de bienestar que guarda con el cambio de corpulencia durante su vida (Rodríguez-Gutiérrez, 1992). En este trabajo Las hembras de *P. maculatofasciatus* presentaron un FC con valores de 3.75 ± 0.96 y rango de 2.39 – 5.08, estos valores fueron significativamente más alto que el FC de los machos con valores de 2.17 ± 0.70 y rango de 0.52 – 3.68 de acuerdo al ANDEVA de un solo factor con $F = 34.02$ y $F_{0.05(1, 36)} = 4.11$ con lo cual H_0 se rechaza a una $P=0.000001$. Los hermafroditas permanecieron con un valor constante de FC durante todo el periodo de estudio (2.31 ± 0.14 y un rango de 2.15 – 2.51). Estos resultados concuerdan con los valores obtenidos por Grayeb del Alamo (2001) en su estudio de engorda en cautividad de ejemplares juveniles de esta misma especie y en el mismo cuerpo de agua, en donde los valores del FC fueron de 2.9 a 3.0. En base a los valores obtenidos,

se puede comparar como indistintas la condición del pez en engorda y la condición de los peces en estado salvaje, en términos del FC calculado.

El valor de este factor puede modificarse de acuerdo a la calidad del alimento, temperatura del agua, edad, época reproductiva y al ambiente de cultivo, aunque durante el periodo de estudio (1994-95), el análisis del FC de hembras, machos y hermafroditas, no presentó ninguna relación con el estadio de madurez, ni con la temperatura del agua del agua (Figura 26).

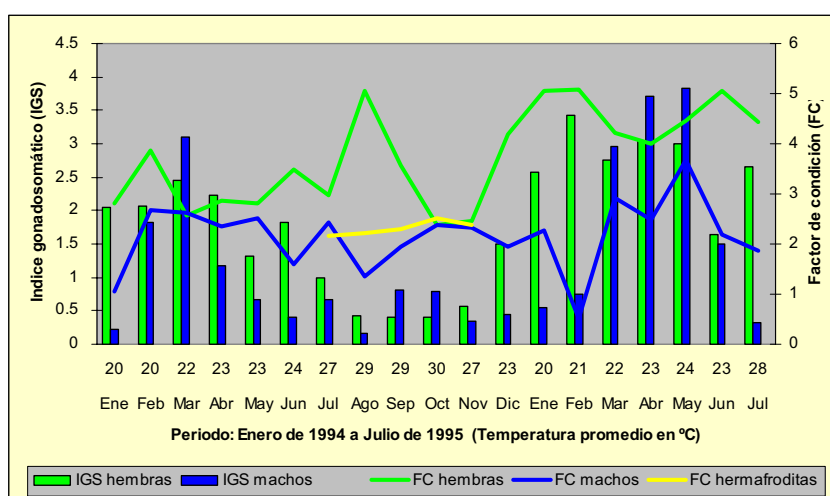


Figura 26.- Relación del índice gonadosomático (IGS) con el factor de condición (FC) de hembras, machos y especímenes en transición (hermafroditas) de *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995 (A. Avilés-Quevedo).

El índice gonadosomático (IGS) aunque no proporciona una información precisa de la cúspide del desove, si ayuda a determinar la época de mayor reproducción. Así como el peso de la gónada es una característica del estado de maduración gonádica, el incremento del IGS es consecuencia del aumento del peso de la gónada, aunque en los especímenes maduros (estadios III y IV) de *P. maculatofasciatus* se presentó una tendencia a disminuir con la edad (Figura 22). Es decir que se presentó una relación inversa del IGS con la edad y con el peso del ovario. Estos resultados indican que las hembras más viejas tienen una fecundidad parcial baja, en número de ovocitos producidos por desove, como lo observó Lluch-Cota (1995) quien obtuvo resultados similares

en el estudio de la población de *P. maculatofasciatus* en Bahía Magdalena, B.C.S., Mex.

El valor máximo de IGS se observó en los grupos de tres años, 2.8 ± 1.4 para hembras maduras y 1.7 ± 2.2 para machos maduros (Cuadro 9). Estos valores son similares a los reportados por Sergio-Ferreira (1997) con valores de IGS de 2.94. El IGS de los hermafroditas fue de 0.4 ± 0.03 , y permaneció constante durante todo el periodo de Julio a Noviembre (Figura 23) coincidiendo con las temperaturas más altas del año (Figura 24).

8. CONCLUSIONES

1.- *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, se caracteriza por ser un reproductor asincrónico con un largo periodo reproductivo que se prolonga de Enero a Junio cuando la temperatura se mantiene en rangos de 20 a 23°C y el fotoperiodo en 12.25 a 14.25 horas-luz/día.

2.- El periodo de desove de *P. maculatofasciatus* se inicia a finales del invierno y disminuye durante el verano, conforme se alcanzan las temperaturas más altas.

3.- La población estudiada se caracterizó por presentar hembras más pequeñas (167 ± 28.3 mm de Ls) que los machos (189 ± 27.9 mm de Ls) con lo que se cumple uno de los criterios para determinar el hermafroditismo protogínico.

4.- La presencia de individuos en transición, con proliferación de tejido testicular y regresión de tejido ovárico y presencia de oocitos atrésicos, cumple otro de los criterios de la determinación del hermafroditismo protogínico.

5.- En términos histológicos, los testículos de esta población se caracterizan por presentar un lumen central que no es utilizado en el transporte de espermatozoides, lo cual revela una transformación sexual. También se caracteriza por la estructura de un epitelio lamelar y las criptas espermáticas que contienen los espermatozoides.

6.- La transformación sexual mostró una temporalidad marcada a los meses de Julio a Noviembre, cuando se presenta la menor actividad sexual y mayor temperatura (27-29°C).

7.- Los individuos en transformación se caracterizaron por encontrarse entre los tamaños de 150 a 185 mm de Ls (161 ± 25 mm) con un peso de 28 a 174 g.

8.- La edad de primera madurez para las hembras de esta especie en Bahía de La Paz es de 2 años (117.5 ± 6.4 mm de Ls) y 3 años para los machos (144.7 ± 11.2 mm de Ls).

9.- La hembra madura más pequeña midió 115 mm de Ls y el macho maduro más pequeño 130 mm de Ls. Aunque fue evidente la casi total superposición en la distribución de tamaños por sexos, detectándose que las hembras dominan en las clases iniciales, con una proporción de 1.55:1.

10.- El hecho de observar hembras en las clases más grandes, es considerado como un protoginismo incompleto.

11.- En la relación peso longitud, el cálculo del peso de las hembras es más alto que el peso calculado de los machos de tal manera que ejemplares de 24 cm de Ls pueden pesar 271 g si es macho y 411g si es hembra.

12.- El IGS de los machos generalmente permaneció alto gran parte del año a excepción de los meses con temperaturas menores de 20°C y superiores

a 27°C. El valor del IGS de las hembras (2.8 ± 1.4) fue más alto que el de los machos (1.7 ± 2.2).

13.- El FC de las hembras (3.75 ± 0.96) fue estadísticamente más alto que el de los machos (2.17 ± 0.70).

CAPITULO 2

CICLO SEXUAL DE LA CABRILLA ARENERA (*Paralabrax maculatofasciatus*, Steindachner, 1868) EN CONDICIONES DE CULTIVO EN JAULAS FLOTANTES EN BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.

1. INTRODUCCIÓN

La premisa de este trabajo fue dar los elementos básicos para que el cultivo de esta especie sea rentable y sostenible, y como condición promordial reproducirla en cautividad. De acuerdo con Zanuy y Carrillo (1993) las condiciones del cautiverio (el hacinamiento, el estrés, la calidad del alimento, la manipulación de los organismos durante las biometrías y cambios de jaulas entre otras cosas) pueden afectar de manera importante los procesos reproductivos, llegando incluso a inhibirlos. Por lo tanto, para desarrollar exitosamente su cultivo, es necesario un conocimiento mínimo sobre los parámetros ambientales y sociales que afectan su ciclo de madurez sexual en cautividad. Estos elementos, permitirán facilitar la toma de decisiones para controlar la reproducción mediante la inducción o sincronización de la puesta, el desplazamiento del período de reproducción hacia épocas más convenientes y/o controlando el sexo de la progenie (Zanuy y Carrillo, 1993).

2. ANTECEDENTES

La piscicultura marina en México, como en muchos otros países, es sin duda una alternativa tecnológicamente viable ante la creciente demanda de alimentos de naturaleza proteica para el consumo de la población humana. En México, el desarrollo de la investigación en piscicultura marina se inicia a finales de la década de los 80, cuando se realizan los estudios para la engorda del pámpano (*Trachinotus paitiensis*) en jaulas flotantes por el Depto. de Acuicultura de la actual SAGARPA, en Baja California Sur y posteriormente

con las investigaciones sobre el desarrollo embriológico y biología de larvas de especies de peces marinos en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN). A partir de 1991, el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-La Paz) empieza con las adaptaciones al cautiverio y observaciones preliminares para el cultivo de *Paralabrax maculatofasciatus* (Pisces:Serranidae). Actualmente, varias instituciones de investigación de la región noroeste del país se han sumado al desarrollo de la adecuación de tecnología para el cultivo de peces marinos como la cabrillas (*P. maculatofasciatus* y *Mycteroperca rosacea*), los pargos (*L. argentiventris*, *L. aratus*, *L. peru* y *L. guttatus*), la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), el jurel (*Seriola lalandi*), los lenguados (*Paralichthys californicus* y *P. woolmani*) el pez globo o botete (*Sphoeroides annulatus*), el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Otras especies de interés comercial que están siendo objeto de estudio son el robalo (*Centropomus undecimalis* y *C. nigresens*), el huachinango (*L. campechanus*), el pámpano y palometa (*Trachinotus carolinus* y *T. falcatus*) y la corvina roja (*Sciaenops ocellatus*) estos últimos en el Golfo de México.

Las cabrillas y meros (*Pisces:Serranidae*) integran un importante grupo de peces marinos de interés comercial, ampliamente distribuidos en los mares tropicales y subtropicales del mundo. Estos peces son objeto de una progresiva atención para desarrollar su cultivo en el mundo, principalmente en la región del Pacífico Asiático, en donde tienen una gran demanda en el mercado de la exportación, alcanzando precios altos. Sin embargo, el desarrollo sostenible de la piscicultura de estas especies se ha dificultado por muchas razones, principalmente por la limitada disponibilidad de semilla (alevines). De hecho en toda la región Asia-Pacífico, el cultivo de cabrillas y meros depende de la captura de juveniles silvestres como suplemento de semilla para el cultivo. Por ello, en el “Grouper Aquaculture Research Workshop” celebrado en Bangkok del 7 al 8 de abril de 1998, se acordó apoyar la investigación intensiva para desarrollar tecnología para el cultivo de estos peces (Rimmer, *et al.*, 1998) Partiendo de tres componentes de investigación:

1).- Mantenimiento de reproductores y reproducción, aplicando técnicas de desove y controlando el ciclo reproductivo para sostener una producción anual de larvas.

2).- Larvicultura, con énfasis en la nutrición larval, particularmente en la calidad de la dieta y su respuesta histológica e histoquímica en el desarrollo del tracto digestivo, y

3).- Producción de presa viva, concentrándose en el desarrollo de nuevos tipos de presas, como los copépodos para sustituir o reemplazar rotíferos y artemia en el cultivo larval. Además de lo anterior, se consideraron las siguientes recomendaciones: Definir los requerimientos nutricionales para una dieta de engorda, que produzca poca contaminación y estudiar enfermedades y problemas de salud (Rimmer, 1998).

En México, la especie más estudiada de esta familia, con el fin de establecer la biotecnología de su cultivo es *Paralabrax maculatofasciatus* y ultimamente Gracia-López (2003) ha obtenido algunos avances con la cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*).

Los estudios para el cultivo experimental de la cabrilla *Paralabrax maculatofasciatus* se han desarrollado principalmente en la región noroeste de México, debido a que regionalmente se encuentra en grandes cantidades en todas las bahías y zonas costeras de fondo arenoso-fangoso, cercanos a rocas, praderas de algas o pastizales y raíces de manglar (Avilés-Quevedo *et al*, 1995; Lluch-Cota, 1995), lo cual facilita la obtención de ejemplares para la formación de stocks de reproductores e iniciar las primeras pruebas de engorde.

Esta especie, como muchos otros miembros de la familia, es muy resistente al manejo, es *euritérmica*, tolerando temperaturas de 7.5 a 32°C, aunque en estas condiciones extremas deja de comer, también es *eurihalina*, tolerando salinidades de 0 a 75 ups, lo cual permite proporcionarle algunos

tratamientos para eliminar exoparásitos, aparte de ampliar las posibles zonas de ubicación de las instalaciones de cultivo.

3. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial el cultivo de peces marinos se ha sostenido principalmente de la producción de seis especies (*Seriola quinqueradiata*, *Pagrus major*, *Sparus aurata*, *Mugil cephalus*, *Dicentrarchus labrax*, y *Paralichthys olivaceus*) que en conjunto aportan el 49% de la producción acuícola mundial de peces marinos. Este pequeño segmento de la maricultura, ha presentado un notable crecimiento, de 1990 con 262 000 Tm a 781 066 Tm en 1998 (FAO, 2000), contrario al estatus declinante de las captura de especies marinas al que año tras año se le imponen más y más restricciones dado que siete de cada diez de las principales especies marinas, equivalentes al 30% de la producción pesquera mundial, están plenamente explotadas o sobreexplotadas. Por ello se prevé que la acuicultura es la opción que satisficará la demanda de pescado, esperándose que para el 2015 esta técnica cubrirá el 39% de la producción de pescado (*Panorama Acuícola Magazine 11 de marzo de 2005*).

4. OBJETIVOS

Debido a la importancia de *P. maculatofasciatus* a nivel local, y al interés de realizar investigación enfocada a su cultivo, se planteó este estudio para conocer su biología, comportamiento y verificar su patrón reproductivo en condiciones de cautividad en jaulas flotantes para poder comparar los resultados con los ya obtenidos en individuos en libertad en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.

En este estudio, se hizo especial énfasis en las condiciones ambientales de Bahía de La Paz que se replican en la unidad de cultivo experimental en donde las fluctuaciones temporales de luz, temperatura, lluvias, salinidad, corrientes y otros factores afectan directamente los mecanismos reproductivos de los peces, su crecimiento y mortalidad. Premisas consideradas como fundamentales para el buen funcionamiento de cualquier explotación piscícola (Carrillo y Zanuy, 1993).

5. MATERIAL y METODOS

Los especímenes de *P. maculatofasciatus* para este estudio fueron capturados con anzuelo, trampas y redes de cerco en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico e introducidos en tres jaulas flotantes y durante 19 meses, de enero de 1994 a Julio de 1995, fueron muestreados 20 ejemplares haciendo un total de 380 muestras para su análisis biométrico.

El motivo de la preferencia por las jaulas, es que funcionalmente los peces estan contenidos en un recinto sin restricción de intercambio de agua entre la jaula y el ambiente, con lo cual la calidad del agua y niveles de oxígenos son casi iguales que la del ambiente que los rodea. Asimismo, no hay acumulación de restos de alimento ni desechos de los peces ya que estos son totalmente eliminados por las corrientes. Estas funciones son principalmente influenciadas por el volumen de la jaula, la forma y la abertura de la malla.

La unidad experimental de jaulas flotantes fue instalada en el sitio denominado Bahía Falsa. Este cuerpo de agua costero se localiza a 3 km al sur del Puerto de Pichilingue y a 14 km de la Ciudad de La Paz, posee buen acceso por carretera y por mar, estando protegido de los vientos y alejada del canal de navegación del Puerto de Pichilingue y de La Bahía de La Paz. Asimismo, se le clasifica como una laguna costera tipo Karstica, sin barrera

física, con o sin escurrimiento, salinidad normal, boca abierta con una longitud aproximada de 1.625 km (Contreras, 1985).

La unidad experimental se instaló en el canal principal de Bahía Falsa (Figura 1) cuya profundidad media es de 9 a 11 metros en la parte media y 13 metros en la boca, según la carta de navegación 21120 (Defense Mapping Agency Hydrographic Center, Wash. D.C., 1978).

Esta bahía es un cuerpo costero abierto con un gran recambio de agua y con la protección natural de la Punta Colorada y el extremo sur de la Isla de San Juan Nepomuceno, convertida hoy en península que rodea a un área potuaria bastante protegida (Figura 1). El sitio seleccionado para la instalación de la unidad experimental, se encuentra protegido de los vientos fuertes y huracanes que pudieran presentarse, al igual que del oleaje y de la acción de las mareas. En esta zona el oleaje no sobrepasa los 50 cm de altura y nunca se ha presentado un oleaje que pueda exceder los 2 m de altura con el que si se podría afectar las estructuras de las balsas de cultivo.

La magnitud de las corrientes en el sitio elegido para el cultivo es suficiente para mantener un buen intercambio de agua, remover los productos de desecho y mantener el nivel de oxígeno disuelto en un rango no menor de 4 mg.L⁻¹. La velocidad de las corrientes se mantiene en un rango de 20 a 50 cm.s⁻¹ por lo que las balsas de cultivo no ofrecen una resistencia excesiva que pueda causar el arrastre del sistema de anclaje. Las corrientes dominantes se deben al flujo y reflujos de las mareas que tienen un rango de 1 a 2 m de altura.



Figura 1.- Ubicación del módulo experimental de jaulas flotantes para el cultivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (Fuente: www.maps.google.com)

Los peces en cautividad fueron mantenidos en tres jaulas flotantes de 3m x 3m x 3m en la Bahía de La Paz (Figura 2) a una densidad de 33.3 peces.m⁻² y una biomasa de 1, 2 y 3 Kg. m⁻² (dado que estos peces no utilizan la columna de agua, prefiriendo permanecer en el fondo de la jaula). Los peces fueron distribuidos en pequeños (10 - 12 mm de Ls y 25.6 – 43.4 g de Pt), medianos (12 – 14 mm de Ls y 40.6 – 83.5 g de Pt) y grandes (14 – 16 mm de Ls y 73.7 – 104 g de Pt) con el fin de homogenizar las tallas y evitar la

competencia y el canibalismo (muy marcado en los peces de la familia *Serranidae*).

Los peces fueron alimentados con pescado fresco descongelado: lisa, macarela, sardina o calamar dependiendo de la disponibilidad. La dieta fue proporcionada en una sola ración diaria, equivalente al 2.5 - 5% del peso total (Pt) a excepción de los fines de semana y días festivos.



Figura 2.- Modulo experimental de jaulas flotantes de 3 x 3 x 3m para el cultivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

Mensualmente se tomaron seis o siete ejemplares de cada una de las tres jaulas hasta completar los 20 ejemplares necesarios para la muestra. Todos los peces muestreados fueron medidos ($\pm 1.0\text{mm}$ longitud estándar Ls), pesados ($\pm 1.0\text{g}$ peso total Pt) y diseccionados. La gónada diseccionada fue pesada ($\pm 0.1\text{g}$ peso gónada Pg) y preservada en una solución de formol al 4%. Un segmento de la parte central de cada uno de los lóbulos fue tomado para el análisis histológico, éste fue incluido en parafina y seccionado en láminas de 5-7 μm de grosor. Posteriormente las láminas fueron teñidas con hematoxilina-eosina.

De acuerdo con las ecuaciones descritas en el capítulo 1, se calculó la relación peso-longitud, el índice gonadosomático (IGS) indicador del estado de madurez y el factor de condición (FC) como indicador del grado de salud o corpulencia de los peces.

Al mismo tiempo se registró diariamente el oxígeno disuelto (OD), la temperatura (T°C), la salinidad (ups) y el pH. Estos fueron promediados mensualmente para relacionarlos con el estadio de madurez gonádico, reversión sexual y proporción de sexos de los ejemplares en cautividad y compararlos con los resultados del estudio de la población en estado silvestre.

En todas las evaluaciones, se utilizó el Análisis de Varianza de un solo factor (ANDEVA) o en su caso la comparación de los coeficientes de regresión (Parker, 1972) para validar estadísticamente las diferencias entre ejemplares en cautividad y en condición silvestre.

6. RESULTADOS

6.1 Ciclo reproductivo en cautividad

El ciclo reproductivo de *P. maculatofasciatus*, en condiciones de cautividad en jaulas flotantes (Figura 3) coincide con el mismo periodo de máximo actividad, de febrero a mayo, que presenta la población salvaje en condiciones naturales. Sin embargo, en condiciones de cautividad se observa una menor proporción de hembras maduras (40%) que en la población silvestre (63%). Esta diferencia fue significativa de acuerdo al ANDEVA de un solo factor para una $F=4.21$ y un $F_{(1,36)0.05} = 4.11$. Además, se observa una tendencia a la disminución en el porcentaje de organismos maduros desde el primer año, la cual es más manifiesta en el segundo año. Esta tendencia, posiblemente se deba a la frecuente manipulación a la que estuvieron sometidos los peces en

cautiverio, condición que los mantuvo estresados y como consecuencia se inhibe el proceso natural de maduración, tal como sucede con muchas especies en cautiverio.

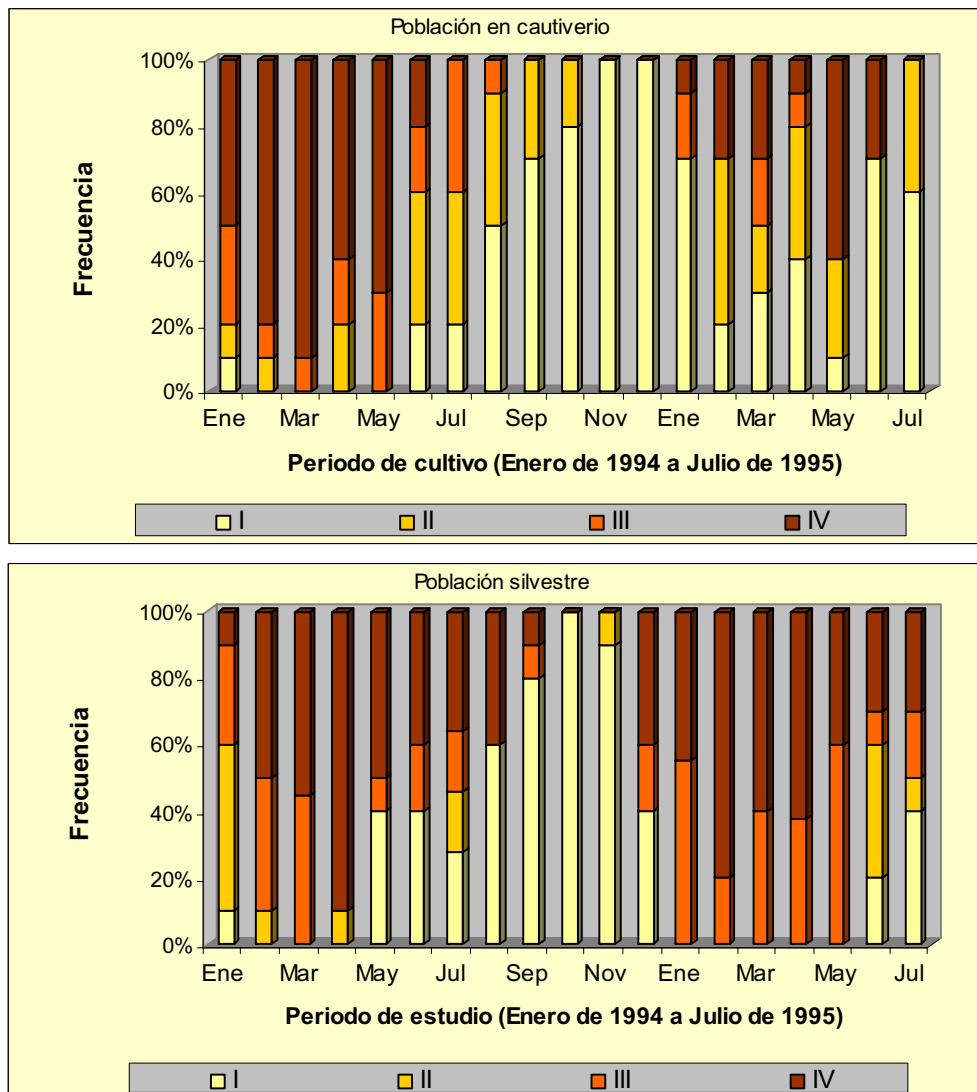


Figura 3.- Estadios de maduración sexual de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes y de la población asociada a la zona de manglar en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [I, inmaduro; II, desarrollo; III, madurez; IV, ovulación] (A. Avilés-Quevedo).

En relación al efecto de la temperatura con el ciclo reproductivo de *P. maculatofasciatus* en condiciones de cautividad, se observa una tendencia a la maduración con el calentamiento del agua (20 a 24°C), pero cuando la temperatura llega a más de 27°C la actividad reproductiva entra en una fase de

reposo (Figura 4). Una relación similar se observa con el fotoperiodo, en el cual el periodo de máxima madurez se presenta cuando se incrementan las horas de luz y disminuye antes de que llegue el máximo fotoperiodo (Figura 5).

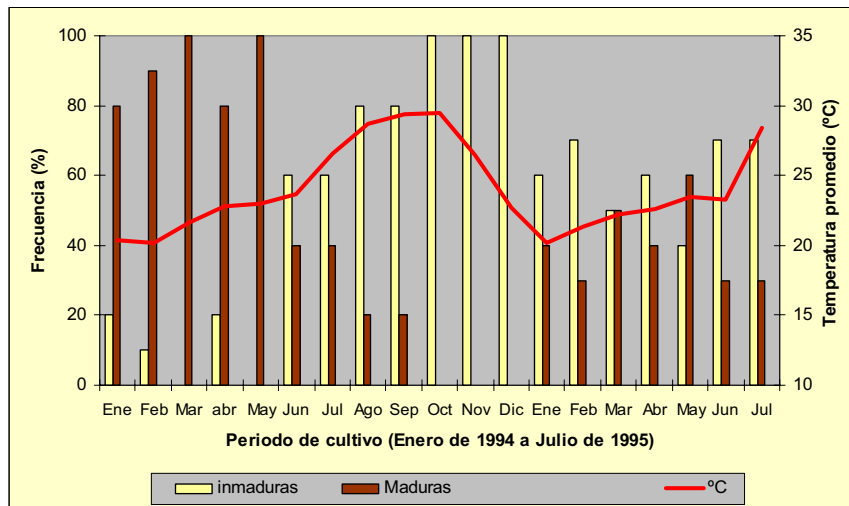


Figura 4.- Relación de la temperatura con el proceso reproductivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [Ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV)]. (A. Avilés-Quevedo).

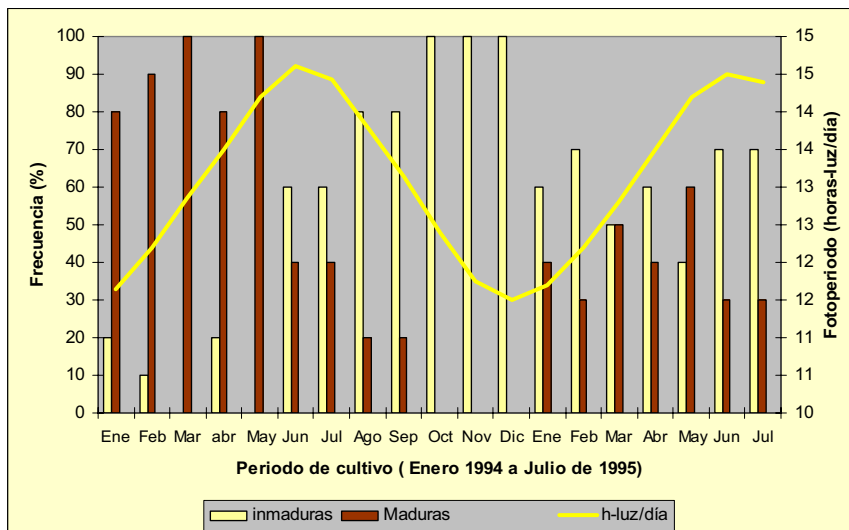


Figura 5.- Relación del fotoperiodo (h-luz/día) con el proceso reproductivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [Ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV)]. (A. Avilés-Quevedo).

En el periodo estudiado se observó que la salinidad del agua permaneció más o menos constante en 36.4 ± 0.42 ups (Cuadro 1) pero el periodo de menor actividad reproductiva coincidió con el periodo de precipitación local, el cual no es muy importante volumétricamente, ya que el nivel máximo promedio mensual registrado en este periodo fue de 62.4 mm (Observatorio Meteorológico de La Paz, B.C.S.).

Los factores ambientales registrados durante el periodo de estudio se muestran en el Cuadro 1, en donde se puede apreciar la poca variabilidad que presentaron la salinidad, pH y oxígeno disuelto, con lo cual se asume que no afectan el desarrollo normal de la especie.

Cuadro 1.- Promedio mensual de los factores ambientales registrados durante el periodo de estudio del proceso reproductivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

Mes	T°C	Fotoperiodo* h-luz/día	Salinidad (ups)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	pH	Precipitación ** (mm)	Coliformes NMP/100 ml
E	20.4	11.65	36.6	6.9	7.8	0	<3
F	20.2	12.2	36.5	6.7	8.2	0	<3
M	21.6	12.85	37	7.2	7.9	0	<3
A	22.8	13.5	36	7.3	8.1	0	<3
M	23	14.2	36	7.8	8.0	0	<3
J	23.7	14.6	36	7.8	8.0	0	<3
J	26.6	14.43	36.7	7.1	8.0	2.3	<3
A	28.7	13.8	36.8	4.6	8.0	47.1	<3
S	29.4	13.15	36	5.7	7.9	34	<3
O	29.5	12.4	36	5.5	8.1	0.4	<3
N	26.5	11.75	36	6.6	8.0	62.4	<3
D	22.7	11.5	36	5.7	8.1	60.9	<3
E	20.2	11.7	36	5.6	8.1	5.8	
F	21.3	12.2	37	5.4	8.1	0.1	
M	22.2	12.8	36	6.3	8.1	0	
A	22.6	13.5	36.8	5.1	8.1	0	
M	23.5	14.2	36.7	5.0	8.1	0	
J	23.3	14.5	37	7.8	8.1	0	
J	28.4	14.4	36.8	7.4	8.1	1	
Promedio	24.03	13.12	36.42	6.39	8.04	11.26	
D.E.	3.15	1.09	0.42	1.04	0.09	21.86	
Max	29.5	14.6	37	7.8	8.2	62.4	
Min	20.2	11.5	36	4.6	7.8	0	

* Datos del Cuadro 1, tomados del Almanaque Náutico que editó la Secretaría de Marina en 1989, y ** Datos del Observatorio Meteorológico de La Paz, B.C.S. Los conteos del número más probable (NMP) de bacterias conformes, se tomaron del programa de monitoreo de certificación sanitaria de la Bahía de la Secretaría de Salud.

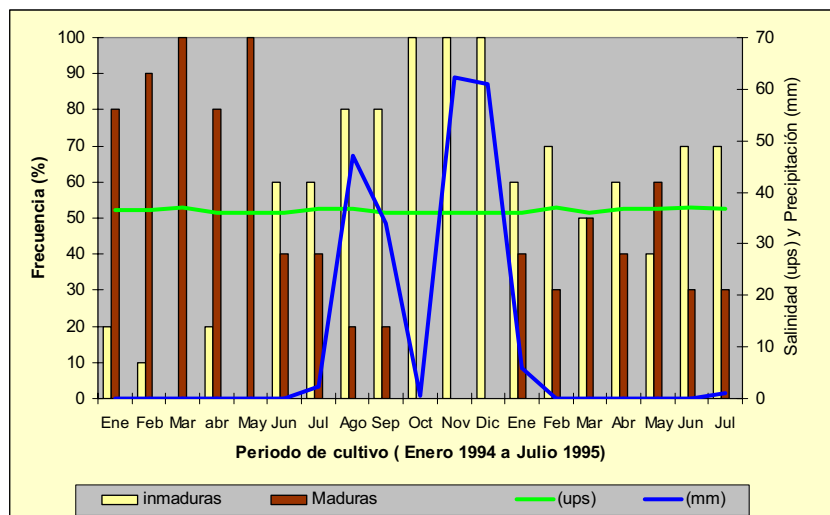


Figura 6.- Relación de la precipitación (mm) y la salinidad (ups) con el proceso reproductivo de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [Ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV)]. (A. Avilés-Quevedo).

6.2 Análisis de la distribución de sexos por tamaño

En el análisis de la frecuencia de sexos por tamaño (Longitud estándar mm) de *P.maculatofasciatus* en condiciones de cautividad, se observa que la mayor proporción de hembras se encuentra entre las tallas de 90 a 245 mm de Ls, y los machos son más abundantes en las tallas de los 108 a 235 mm de Ls (Figura 7). La hembra madura más pequeña midió 123 mm de Ls y el macho más pequeño 130 mm de Ls y los únicos seis ejemplares en transición se observaron en los tamaños de 150 a 175 mm de Ls. Estos últimos estuvieron menos dispersos en tamaño que los organismos muestreados de la población natural (150-185 mm de Ls). En el Cuadro 2, se dan los resultados biométricos de los ejemplares muestreados en las jaulas y en el Cuadro 3 se señala los

resultados de la comparación múltiple de la longitud estándar promedio de los machos inmaduros y maduros, y hembras inmaduras y maduras, con lo que estadísticamente se demostró que el tamaño promedio de las hembras inmaduras (157.8 mm de Ls) fueron significativamente más pequeñas que hembras maduras y machos inmaduros y maduros. Asimismo, el promedio de la longitud estándar de las hembras maduras (171.9 mm de Ls) fue significativamente igual que los machos inmaduros (179.3 mm de Ls) y significativamente menor que los machos maduros (189 mm de Ls) con lo que se aprecia el solapamiento de tallas entre sexos. Asimismo, en el Cuadro 2, se muestra que del total de hembras y machos el 40 y 47% de los organismos fueron hembras maduras y machos maduros respectivamente.

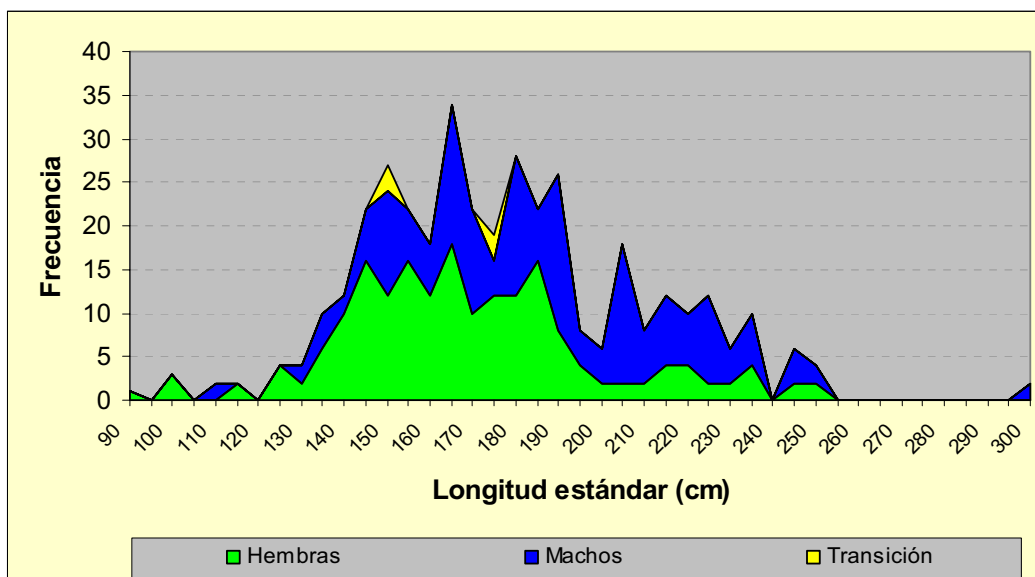


Figura 7.- Distribución de sexos por tamaños (Longitud estándar mm) de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. (A. Avilés-Quevedo).

6.3 Composición de sexos

De los 190 hembras y 184 machos muestreados en las jaulas flotantes, se observó una proporción promedio mensual de sexos de 1:1 (Figura 8). Los

individuos en transición se observaron en agosto a noviembre, coincidiendo con la población silvestre que presentó los especímenes en transición de julio a noviembre, cuando se registran las temperaturas más altas y menor actividad reproductiva.

Cuadro 2.- Resultados biométricos, longitud estándar (mm) y Peso total (g) de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

	HEMBRAS			MACHOS			TRANSICION
	Inmaduras	Maduras	Global	Inmaduros	Maduros	Global	
Promedio							
Ls (mm)	157.8	171.9	167.7	179.3	189.0	186.3	162.5
DE	33.60	27.55	29.98	33.79	31.61	32.35	17.68
Max	245	250	250	235	300	300	175
Min	90	123	90	108	130	108	150
Promedio							
Pt (g)	107.3	149.3	136.9	150.6	207.9	191.7	95.5
DE	63.7	120.4	82.2	86.8	148.0	135.7	32.5
Max	299.3	448.6	448.6	341.1	949	949	118.5
Min	25.6	52.4	25.6	43.4	57	43.4	72.6
N	114	76	190	98	86	184	6

DE = Desviación estándar

Cuadro 3.- Resultados de la comparación de la longitud estándar de machos inmaduros y maduros y hembras inmaduras y maduras de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 52)0.05} = 4.02$ según el ANDEVA para un solo factor.

	Macho maduro	Hembra inmadura	Hembra madura
Macho inmaduro	1.68	5.48	1.2
Macho maduro		18.43	11.13
Hembra inmadura			4.48
Hembra madura			

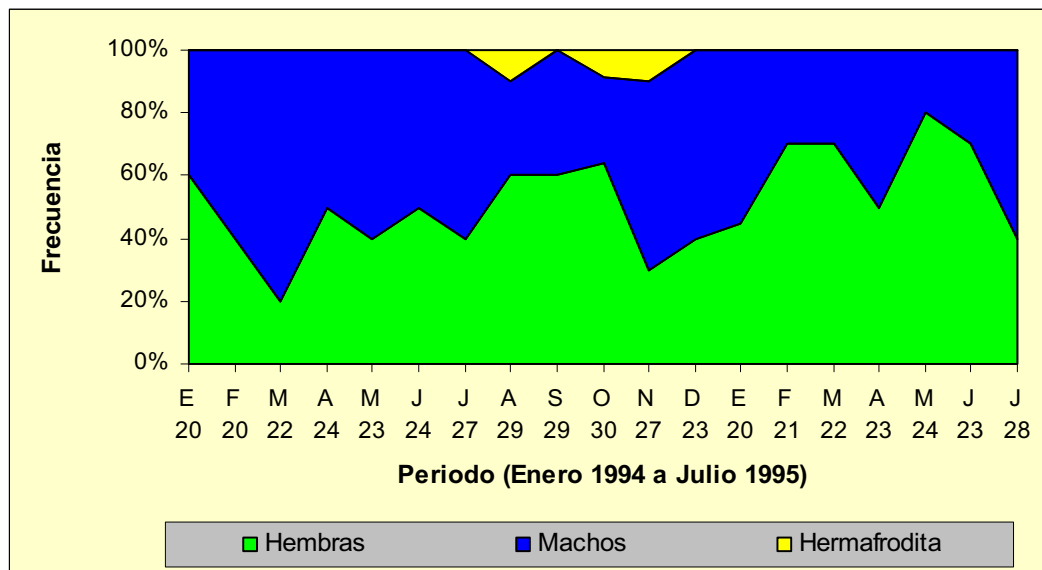


Figura 8.- Proporción mensual de sexos de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

6.4 Tamaño y edad de primera madurez en cautividad

En condiciones de cautividad las hembras midieron en promedio 167.7 ± 29.98 mm de Ls y el individuo hembra madura más pequeño midió 123 mm de Ls. Los machos en cautiverio fueron un poco más grandes 186.3 ± 32.35 mm de Ls, con el individuo macho más pequeño en 130 mm de Ls (Cuadro 2 y Figura 9). Los organismos en transición fueron organismos en desarrollo con 162.5 ± 17.68 mm de Ls.

El análisis de la edad de los ejemplares en cautividad muestran que la mayor proporción de hembras y machos se presentan entre los 3 y 7 años, mientras que los ejemplares muestreados de la población natural se encuentran entre los grupos de edad de 2 a 7 años (Cuadro 4). La edad fue tomada del ajuste de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para la

población de *P. maculatofasciatus* en el Golfo de California según Chavez y Arvizu, 1972.

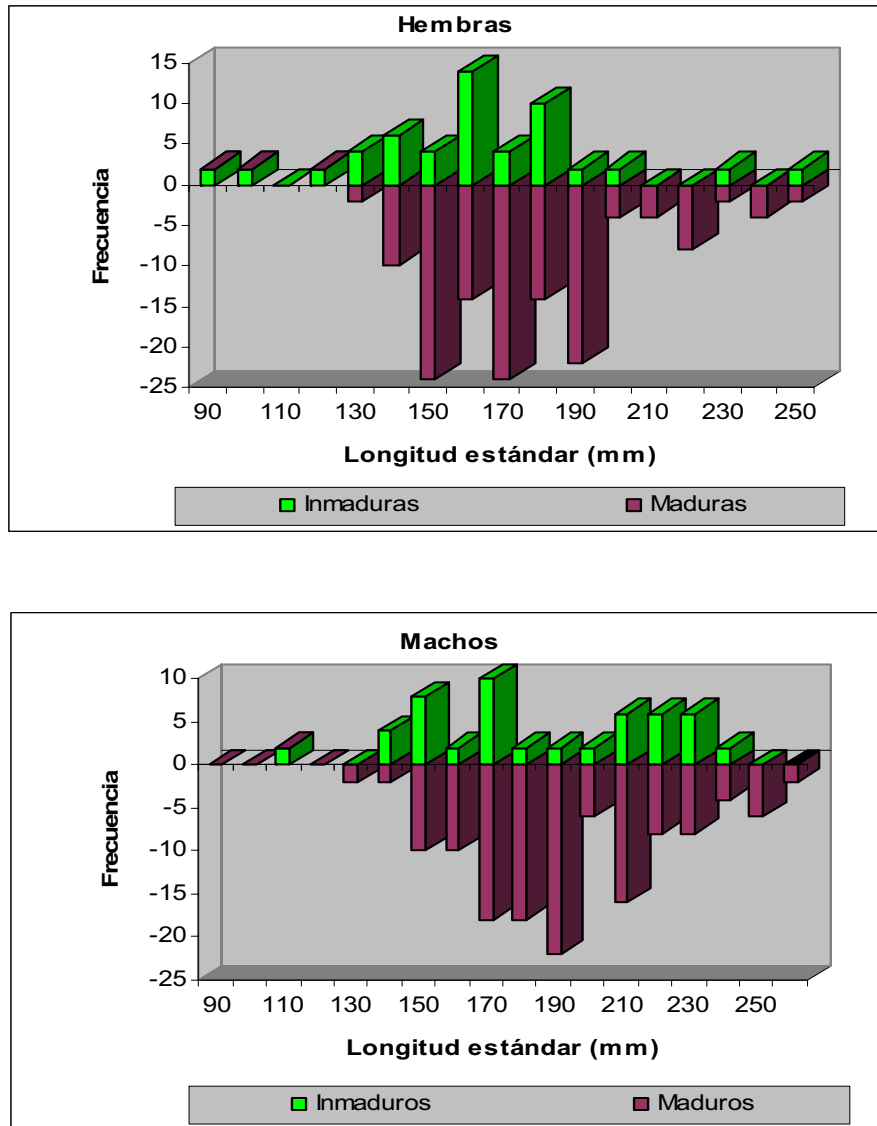


Figura 9.- Tamaño mínimo de madurez de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. [ejemplares inmaduros (estadio I y II) y maduros (estadio III y IV) en diferentes clases de tamaño (Longitud estándar, mm)] (A. Avilés-Quevedo).

Cuadro 4. Número de hembras, machos y hermafroditas de *Paralabrax maculatofasciatus* de acuerdo al grupo de edad y tamaño. (Especímenes en cautividad en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mex. Enero 1994 a Julio de 1995).

Edad (años)	Longitud estándar (mm)	Sexos			Total
		Hembra	Macho	Hermafrodita	
1	46.7				0
2	101.8	14			14
3	144.0	90	26	2	122
4	176.4	68	52	6	130
5	201.3	28	32	10	60
6	220.3	12	24		36
7	234.9	4	10		14
8	246.1	2	4		6
Especímenes silvestres:		216	148	18	382
1	46.7	3			3
2	101.8	7	2		9
3	144.0	76	40	3	119
4	176.4	72	60	3	135
5	201.3	12	40		52
6	220.3	10	24		34
7	234.9	6	10		16
8	246.1	2	4		6
8+	300.0	2	4		6
Especímenes Cautivos:		190	184	6	380

La similitud de los resultados en la distribución de tamaños y grupos de edad, de los especímenes muestreados de la población silvestres y los mantenidos en condiciones de cautividad, pone de manifiesto que las condiciones de cultivo en jaulas flotantes no parecen afectar el desarrollo de los organismos.

6.5 Relación peso-longitud

En condiciones de cultivo en jaulas flotantes, la relación peso longitud de los ejemplares hembras y machos de *P. maculatofasciatus* no presentaron diferencias significativas en el peso total, como tampoco se observaron diferencias significativas con las hembras silvestres (Figura 10). Solo los

machos silvestres fueron significativamente menos pesados que los otros grupos de acuerdo con el análisis de comparación múltiple de los coeficientes de regresión (Parker 1979) para una $F = 6.64$ y $F_{0.05(1,16)} = 4.49$. Sin embargo, en un análisis comparativo del peso total promedio entre sexos y estadios de madurez, se observa que los machos maduros son significativamente más pesados (207.9 g) que las hembras inmaduras (107.3 g) y las hembras maduras (149.3 g) y que los machos inmaduros pesan más que las hembras inmaduras e igual que las hembras maduras, con lo que se puede afirmar estadísticamente que si hay diferencias en el peso total promedio de machos y hembras cautivos (Cuadro 5). Este comportamiento también se observa en la comparación de longitud por sexo y estadio de madurez en los Cuadros 2 y 3.

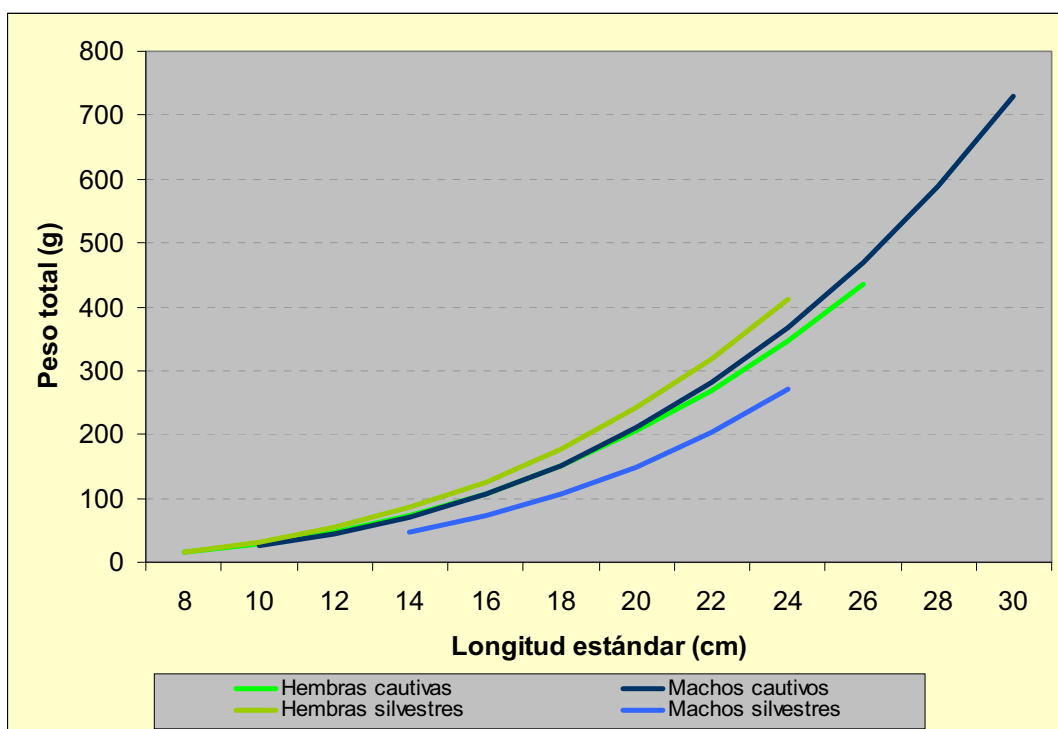


Figura 10.- Comparación de la relación peso-longitud según el sexo de *Paralabrax maculatofasciatus* y la condición de cautividad y en estado silvestre, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

Cuadro 5.- Resultados de la comparación del peso total por sexo y estadio de madurez de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 52)0.05} = 4.02$ según el ANDEVA para un solo factor.

	Macho maduro	Hembra inmadura	Hembra madura
Macho inmaduro	3.41	4.41	0.004
Macho maduro		11.93	7.80
Hembra inmadura			5.39
Hembra madura			

6.6 Factor de condición

Los especímenes de *P. maculatofasciatus* mantenidos en cautividad, presentaron valores promedio de FC de 2.36 a 2.76, correspondiendo el valor más bajo a los especímenes machos inmaduros y en transición (Cuadro 6). En la comparación múltiple del FC por sexo y estado de madurez, se muestra que los niveles más bajos del FC que presentaron los machos inmaduros y los especímenes en transición fueron significativamente diferentes para un $\alpha = 0.05$ (Cuadro 7).

El factor de condición como indicador de la salud de los peces, fue comparado con los estadios de madurez (Figura 11) mostrando los valores más altos cuando se encuentran maduros los especímenes en cautividad y una incidencia de los valores más bajos del FC con los estadios de reposo (inmaduros). Así también, se muestra que la temperaturas altas afectan negativamente al FC (Figura 12) presentando los valores más altos de FC cuando se registran las temperaturas más bajas (20 a 24°C).

Cuadro 6.- Promedio del Factor de Condición por sexo y condición de madurez de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero de 1994 a Julio de 1995.

	Promedio	desv std	Máximo	Mínimo
Macho inmaduro	2.41	0.522	3.5	0.9
Macho maduro	2.76	0.455	4.4	2.0
Hembra inmadura	2.60	0.876	3.4	2.0
Hembra madura	2.69	0.298	3.3	2.2
Transición	2.36	0.398	3.1	2.2

Cuadro 7.- Resultados de la comparación del Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* machos inmaduros y maduros y hembras inmaduras y maduras. Los números en negritas son valores significativamente diferentes de $F_{(1, 106)0.05} = 3.93$ según el ANDEVA para un solo factor.

	Macho inmaduro	Macho maduro	Hembra inmadura	Hembra madura	Transición
Macho inmaduro		20.27	1.82	21.89	0.04
Macho maduro			2.72	1.88	3.94
Hembra inmadura				1.28	0.55
Hembra madura					5.89
Transición					

Durante el periodo de estudio, se observó que FC de los especímenes de *P. maculatofasciatus* en cautividad variaba con la temperatura, fotoperiodo y precipitación. Coincidiendo el periodo de temperaturas altas, con los valores más bajos del FC (Figura 12); el fotoperiodo más bajo (11:39 a 12:12 h-luz/día) con los valores más altos del FC y el periodo de precipitación local con los valores más bajos del FC de los ejemplares cautivos (Figura 13 y 14).

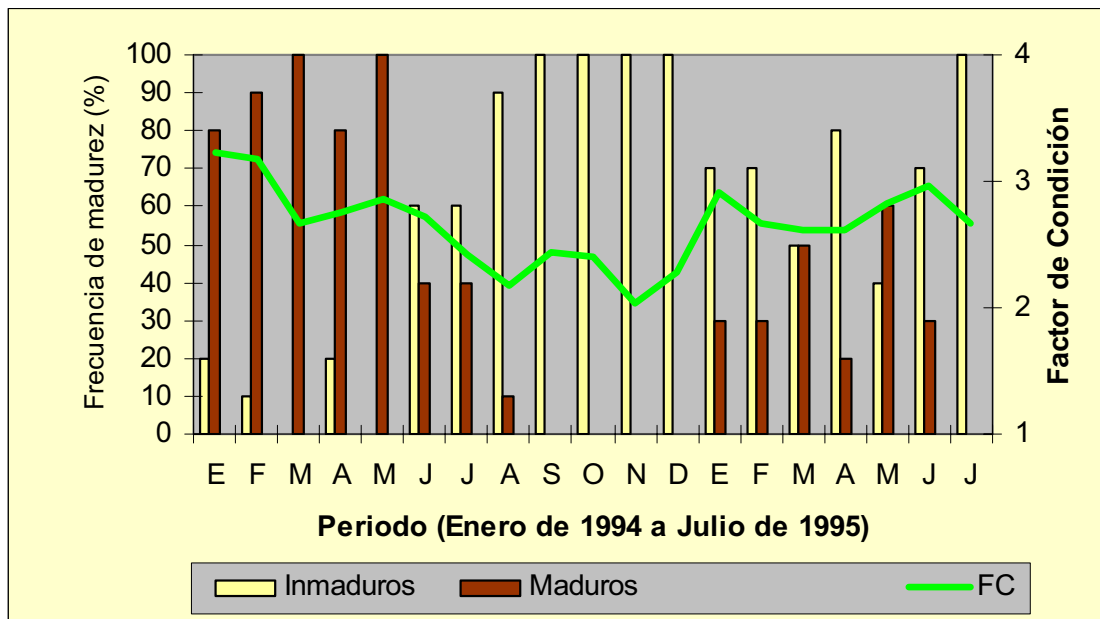


Figura 11.- Ciclo de madurez sexual y Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

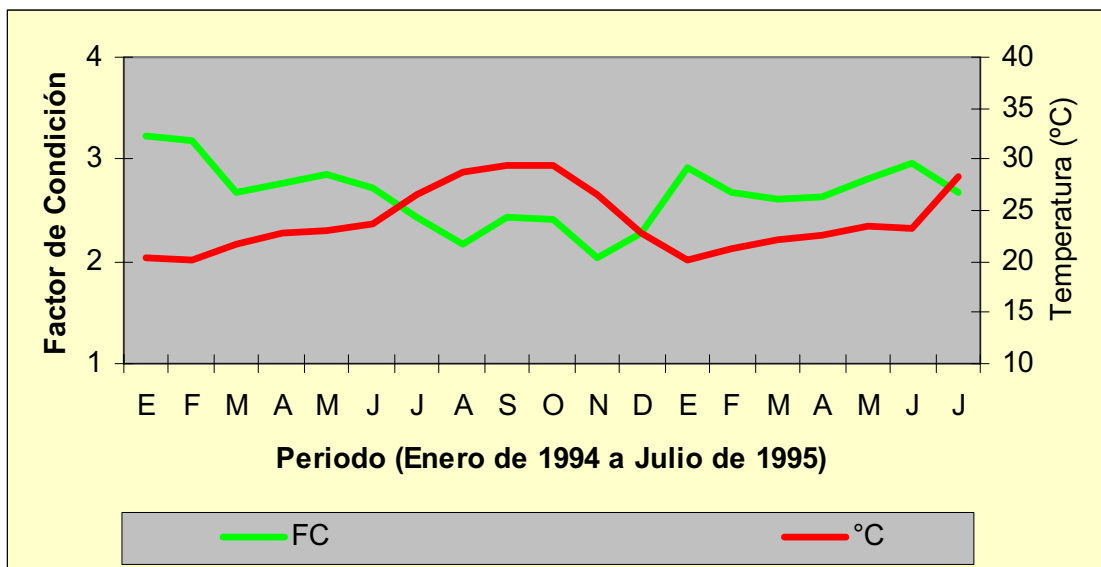


Figura 12.- Efecto de la temperatura en el Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

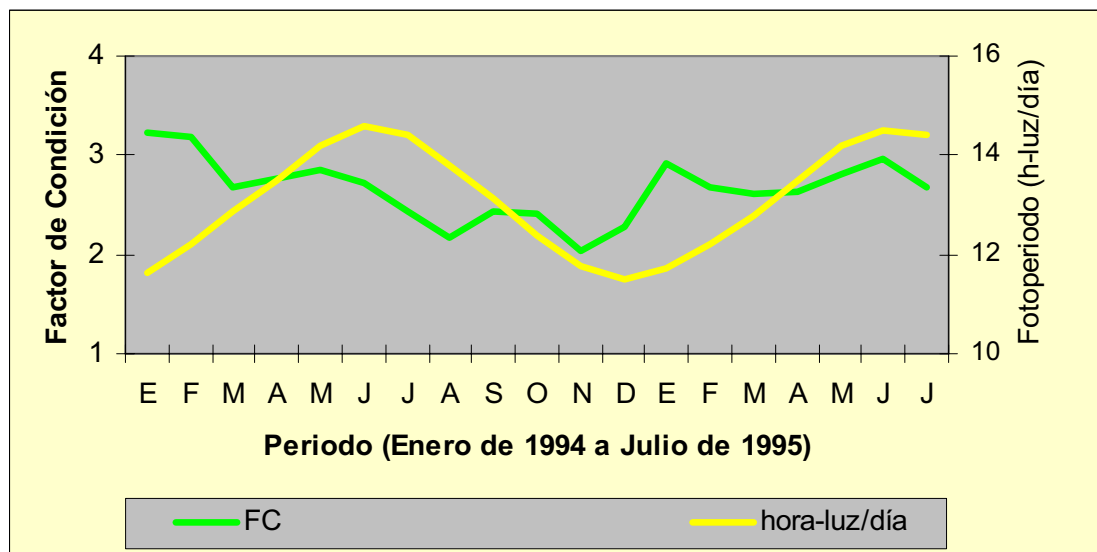


Figura 13.- Efecto del fotoperiodo en el Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

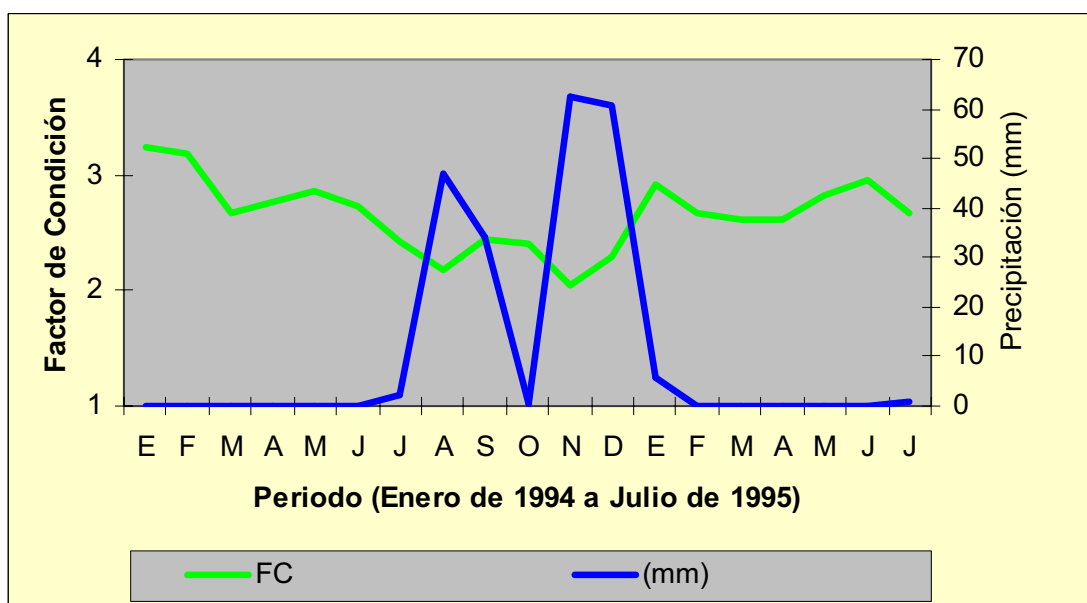


Figura 14.- Efecto de la precipitación en el Factor de Condición de *Paralabrax maculatofasciatus* en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

6.7 Índice gonadosomático

En condiciones de cautividad los valores del IGS variaron de 0.59 a 0.88 en los individuos inmaduros y de 2.78 a 3.32 en los organismos maduros, mientras que los especímenes en transición presentaron un valor promedio de 0.42 (Cuadro 8). La comparación del promedio de IGS por sexo y estadio de madurez se muestra en el Cuadro 9, en donde se observa que los individuos maduros presentaron IGS significativamente más altos que los individuos inmaduros y el IGS de los inmaduros y los individuos en transición fueron iguales, lo que gráficamente se observa en la Figura 15.

Cuadro 8.- Índice gonadosomático por sexo (machos, hembras y transición) y estadio de madurez (inmaduro y maduro) de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur.

	Promedio \pm DE	Max	Min
Macho inmaduro	0.59 \pm 0.83	3.96	0.07
Macho maduro	2.78 \pm 2.63	10.69	0.11
Hembra inmadura	0.88 \pm 0.75	3.16	0.10
Hembra madura	3.32 \pm 1.58	8.47	0.45
Transición	0.42 \pm 0.01	0.42	0.41

En la Figura 15, se muestra el índice gonadosomático promedio mensual de los ejemplares de *P. maculatofasciatus* en cautividad en Bahía de la Paz, B.C.S. En esta Figura se observa una tendencia a la disminución del IGS de hembras y machos con el incremento de la temperatura. Asimismo se muestra que los valores más bajos de IGS se presentan de agosto a noviembre cuando se tienen las temperaturas más altas. Además, en estos meses se coincidió con la presencia de individuos en transición. Por otro lado, se observó que cuando se incrementa el fotoperíodo se presentan los IGS más altos, disminuyendo cuando se presentan los máximos periodos de horas-luz (Figura 17). Asimismo, el periodo de precipitación local coincidió con los IGS más bajos (Figura 18).

Cuadro 9.- Comparación múltiple del IGS por sexo (machos, hembras y transición) y estadio de madurez (inmaduro y maduro) de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur. (Los números en negritas son significativamente diferentes a un $F_{(1,30)0.05} = 4.17$ según el ANDEVA para un solo factor).

	Hembras maduras	Machos inmaduros	Machos maduros	Transición
Hembras inmaduras	60.77	2.53	14.19	2.25
Hembras maduras		138.64	2.59	19.99
Machos inmaduros			17.40	0.26
Machos maduros				4.83
Transición				

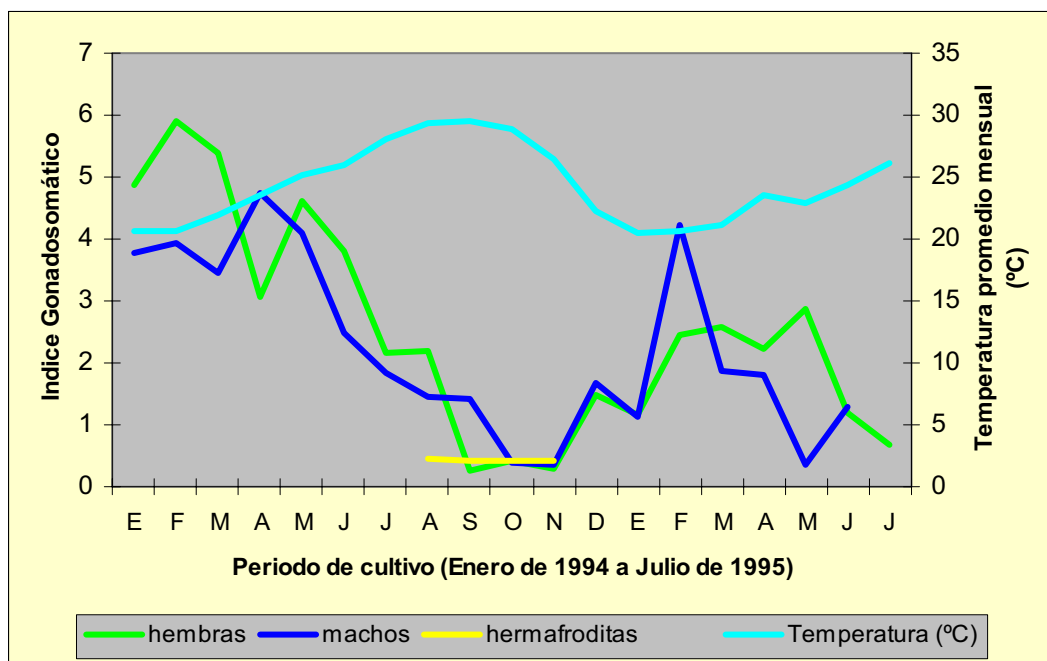


Figura 15.- Efecto de la temperatura en el Índice Gonadosomático de *Paralabrax maculatofasciatus* en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

El IGS de las hembras maduras se incrementa con la edad y a partir de los cuatro años se muestra constante en un IGS = 3.0. En cambio, los machos presentan IGS más altos de los 3 a los 5 años y a partir de los seis disminuyen

su valor para permanecer constante en un IGS = 2.0 hasta los nueve años (Figura 16).

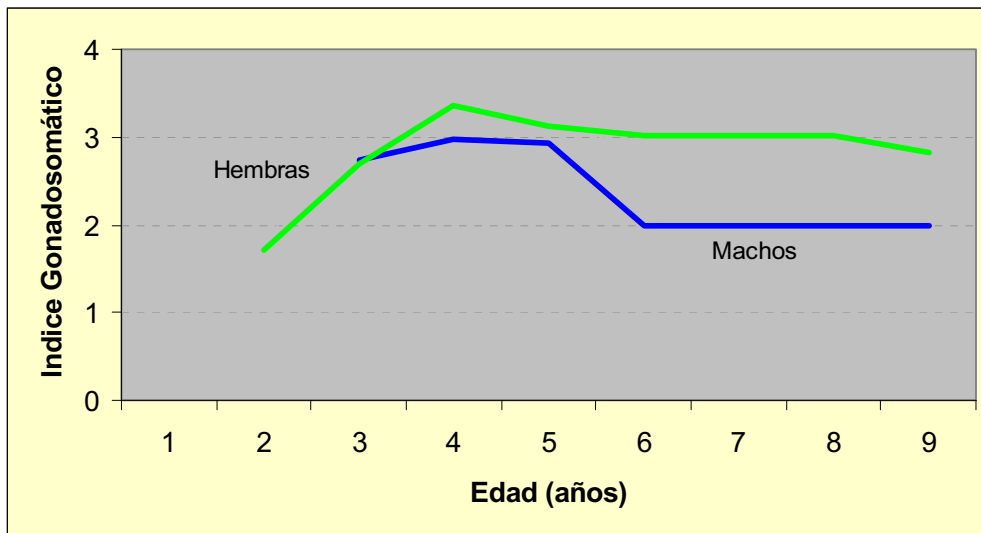


Figura 16.- Índice gonadosomático de hembras y macho en relación al grupo de edad de *Paralabrax maculatofasciatus* en cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

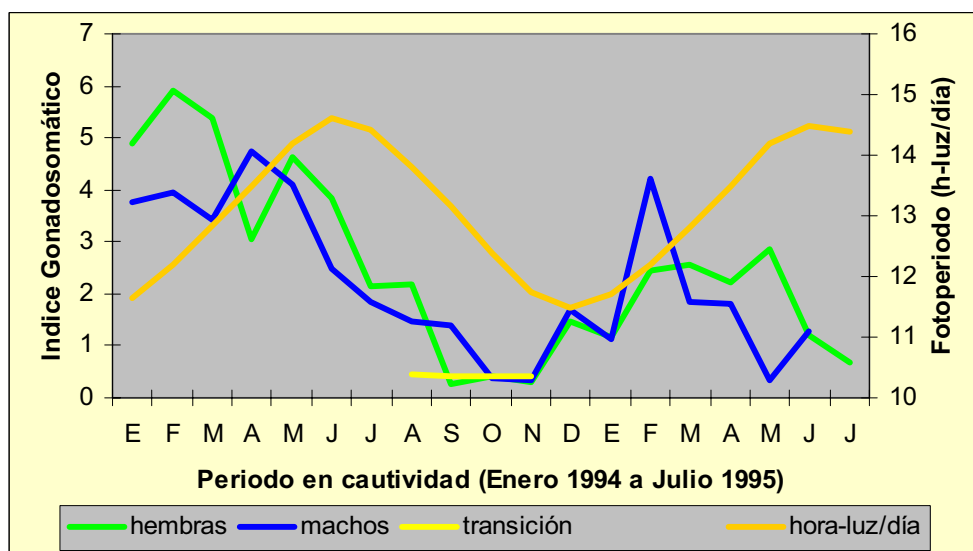


Figura 17.- Efecto del fotoperiodo (horas-luz/día) en el promedio mensual del Índice gonadosomático de hembras, macho e individuos en transición de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

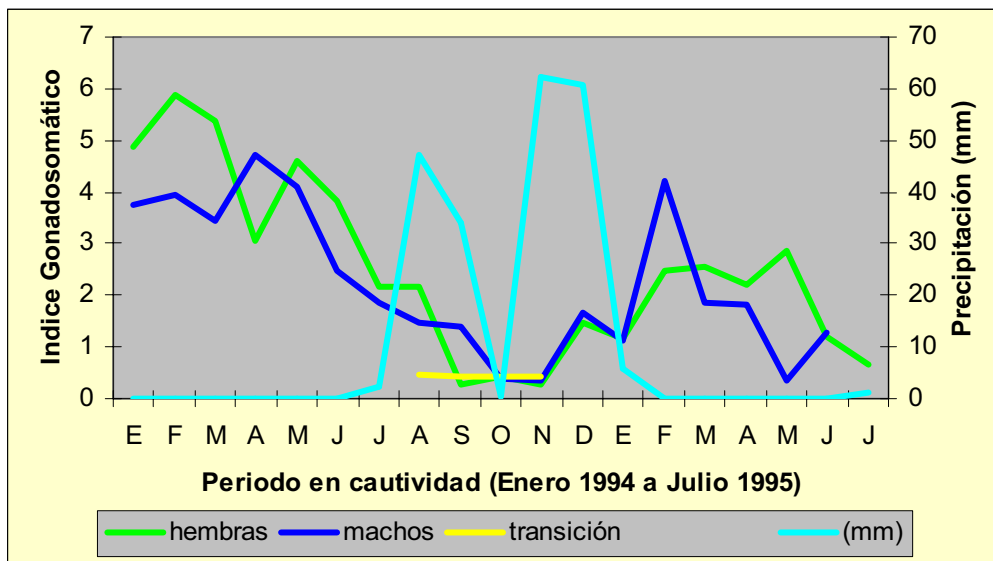


Figura 18.- Efecto de la precipitación (mm) en el promedio mensual del Índice gonadosomático de hembras, machos e individuos en transición de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones de cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de Enero 1994 a Julio 1995 en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

7. DISCUSION

La dependencia de la captura de cabrillas silvestres dificultó el manejo de densidades más altas y la uniformidad de los tamaños en cautividad en jaulas flotantes. Por otro lado, la manipulación frecuente de los especímenes cautivos y el hecho de realizar muestreos sin reemplazo, debido al sacrificio mensual de los seis o siete ejemplares por jaula para su biometría, mantuvo en un continuo estrés a los peces. El estrés, aunado a las altas temperaturas presentadas en los meses de agosto a noviembre (28-30°C) ocasionó mortalidades del 20 al 30%. Cuando la temperatura superficial del mar fue mayor de 27°C se empezó a observar peces con hemorragias cutáneas, aletas dañadas y exoftalmia en algunos peces que fueron eliminados, no sin antes realizar una biometría para evaluar su condición gonádica, coloración y peso de hígado.

7.1 Ciclo reproductivo en cautividad

El ciclo de maduración sexual de los individuos en cautividad fue similar al observado en los especímenes recolectados del medio natural, salvo que la frecuencia de individuos en fase de desove (estadios IV) según el análisis histológico, y de acuerdo al ANDEVA fue igual en el primer año (44% de individuos silvestres en estadio de desove contra el 56% de individuos en cautividad en estadio de desove). Sin embargo, esta proporción varió notablemente el segundo año, disminuyendo significativamente la proporción de individuos cautivos en estadio IV a 31% contra el 69% de individuos silvestres en el mismo estadio (Figura 3). Este comportamiento en los organismos bajo cautividad se esperaba debido al estrés continuo al que estuvieron expuestos, y como exponen Carrillo y Zanuy (1993) “no es de extrañar que las condiciones de cautividad provoquen alteraciones de los ciclos sexuales y del comportamiento reproductor como por ejemplo, la imposibilidad de que juveniles criados en cautividad maduren espontáneamente o en su defecto lo hagan de manera prematura, tardía, incompleta o parcial. También puede darse el caso de que los peces maduren pero no se produzca la ovoposición, dando lugar a procesos de sobremaduración, atresia o maduración asincrónica”.

En general, “la reproducción de una determinada especie se ve afectada o modulada por un conjunto de factores que lógicamente son propios del biotopo en el que se desenvuelven, sin embargo, casi siempre existe un factor que predomina sobre los demás” (Zanuy y Carrillo, 1993). Tucker (1998) considera que la temperatura es el factor más importante que controla el proceso de vida de los peces y que puede ser limitada por el oxígeno. En este aspecto, se categorizan algunas especies en los rangos de temperatura en que se encuentran sanas y crecen mejor, de esta manera se clasifican en especies de agua fría (<15°C), agua templada (15 – 25°C) y agua cálida (>25°C). *P. maculatofasciatus* se clasifica en la interfase templado-cálido dada la distribución geográfica que presenta. En Bahía de La Paz, la temperatura actuó

como un factor limitante de la reproducción, ya que *P. maculatofasciatus* en cautividad en jaulas flotantes, en donde temperaturas inferiores a 20°C y superiores a 28°C inhibieron la maduración. Este comportamiento en el proceso reproductivo coincide con la explicación de Walsh (1987) de que las temperaturas máximas en las áreas tropicales, pueden tener un efecto adverso e incluso inhibitorio sobre la gametogénesis y en que la mayoría de las especies de peces arrecifales desovan a finales del invierno y principios del verano, incrementando su frecuencia e intensidad conforme se va calentando el agua. Disminuyendo con rapidez al alcanzarse los máximos de temperatura. Muchas de las especies con potencial para acuicultura en la región del Caribe tienen sus rangos óptimos entre los 26 y 30°C, mientras que para la especie estudiada el rango óptimo se da entre los 22 y 24°C

El efecto de los factores ambientales fue más evidente en el desarrollo de la actividad reproductiva de *P. maculatofasciatus* en cautividad. En este trabajo, la temperatura, el fotoperiodo y posiblemente la precipitación, con un periodo de lluvias muy inestable en la localidad e irregular año tras año, afectaron el desarrollo de la madurez gonádica de los individuos en cautividad en jaulas flotantes (Figuras 4, 5 y 6) y aunque menos aparente, también afectaron a los individuos de la población silvestres estudiada.

En condiciones en cautividad, bajo un sistema de recirculación (cerrado) Rosales-Vázquez *et al.* (1992) lograron inducir la maduración gonádica de *P. maculatofasciatus* con un control del fotoperiodo de 13:11 (luz:oscuridad) y una temperatura de 23°C. En el ciclo reproductivo de esta misma especie, pero en condiciones de cautividad en jaulas flotantes, los mejores resultados se presentaron cuando el foto periodo se incrementó de 12 a 14 h-luz/día y la temperatura se elevó de 21 a 26°C

7.2 Distribución de sexos por tamaño y composición de sexos

Durante el periodo de estudio, las cabrillas hembras mantenidas en cautividad en jaulas flotantes, mantuvieron una proporción del 40% de hembras maduras con un peso promedio de 149.3 ± 120.4 g (en un rango de 449 – 52 g) y un tamaño de 172 ± 27.5 mm (en un rango de 250 – 90 mm de Ls). Esta proporción fue estadísticamente igual a la mantenida en los machos, en donde el 46% estuvieron maduros con un peso promedio de 207 ± 147.5 g (en un rango de 949 – 57g) y un tamaño de 189 ± 31.6 mm (en un rango de 300 – 130 mm de Ls). En esta experiencia las hembras estuvieron maduras desde los 123 mm de Ls y los machos desde los 130 mm de Ls, mientras que los especímenes muestreados de la población natural presentaron hembras maduras desde los 90 mm de Ls y en los machos no se observaron ejemplares maduros más pequeños de 130 mm de Ls. Lo anterior, permite considerar que la estructura de tallas es similar entre los individuos silvestres y los cautivos en jaulas flotantes.

Las hembras fueron más abundantes entre los especímenes muestreados de la población natural pero su proporción fue igual a la de especímenes muestreados en cautividad. Estas estuvieron presentes en todos los grupos de edad. Los machos se observaron entre los grupos de 3 a 8 años y fueron más abundantes en el muestreo de la población natural, que en los individuos en cautividad (Cuadro 4). En el mismo cuadro se muestra que los individuos en transición solo se observaron entre los grupos de 3 a 5 años y estuvieron presentes en menor proporción en los individuos cautivos (seis) que en el muestreo de la población natural en donde se registraron 18 individuos.

En condiciones de cultivo, la proporción de sexos se mantuvo igual durante todo el periodo de estudio, mientras que en condiciones naturales la proporción de hembras fue mayor 1.5:1 en la época de máxima reproducción y de 1:1 en la época de reposo. Los individuos en transición (hermafroditas)

estuvieron presentes solo durante la época de reposo, lo mismo que se observó en la población natural.

En condiciones de cautividad se confirmó la evidencia de que *P. maculatofasciatus* es un hermafrodita protogínico, dado que fueron identificados histológicamente seis individuos en transición, junto con la evidencia del lumen gonádico en la gónada masculina, indicativo de un cambio de sexo post-maduracional (Hasting, 1989). Además, la diferencia de tallas fue evidente en la comparación múltiple del promedio de longitud estándar (Cuadro 3) en donde se determina estadísticamente que los machos fueron significativamente más grandes que las hembras, aunque es evidente el solapamiento entre los tamaños de hembras y machos maduros. Esta estructura de tamaños, en donde una mayor proporción de las hembras presenta tamaños inferiores a la de los machos, es considerado como un criterio de hermafroditismo protogínico (Hastings, 1989). Este mismo autor considera que el solapamiento de tamaños ocurre debido a la determinación del sexo por el tamaño el cual es influenciado por diversos factores ecológicos, bioenergéticos y sociales.

7.3 Relación Peso-longitud, Factor de condición e índice gonadosmático

En este trabajo la relación peso-longitud permitió conocer las diferencias entre los individuos cautivos y los especímenes muestreados de la población silvestre (Cuadro 10). Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre ejemplares cautivos y silvestres a excepción de los machos silvestres que fueron significativamente menos pesados. Los machos silvestres se encontraron en un rango de 130 a 250 mm de Ls y 26 a 341g, mientras que los machos cultivados se encontraron entre 108 a 300 mm de Ls y 43.4 a 949 g. en el mismo tenor, las hembras silvestres se encontraron en un rango de 90 a 250 mm de Ls y 34 a 388g, mientras que las hembras cautivas midieron de

90 a 250 mm y 25.6 a 448.6g con lo que se muestra que los organismos en cautividad fueron más pesados como lo muestran las ecuaciones del Cuadro 10 y la figura 10.

Cuadro 10.- Relación peso-longitud por sexo (machos, hembras y hermafrodita) y condición (cautividad y silvestre) de *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, Baja California Sur. (A. Avilés-Quevedo)

	Especímenes en cautividad	Especímenes silvestres
Machos	$Pt = 0.0212 L^{3.0712}$	$Pt = 0.0388 L^{2.916}$
Hembras	$Pt = 0.0377 L^{2.8709}$	$Pt = 0.0086 L^{3.259}$
Transición	$Pt = 0.0019 L^{3.874}$	$Pt = 0.0134 L^{3.199}$

El factor de condición (FC) en este trabajo fue considerado como una buena determinación numérica de la condición del pez para interpretar el grado de bienestar que guarda con el cambio de corpulencia durante su vida (Rodríguez-Gutiérrez, 1992). En condiciones de cautividad los machos maduros de *P. maculatofasciatus* presentaron los FC más altos con valores de 2.76 ± 0.46 en un rango de 2.0 - 4.4, aunque los machos silvestres tuvieron un FC de 2.17 ± 0.70 en un rango de 0.52 – 3.68. En condiciones silvestres el FC de los machos fue significativamente más bajo que el de las hembras con valores de 3.75 ± 0.96 y un rango de 2.39 – 5.08. Mientras que en cautividad las hembras presentaron un FC significativamente igual al de los machos (2.69 ± 0.29 en un rango de 2.2 – 3.3).

En condiciones de cautividad el FC de los individuos en transición fue significativamente igual al de los machos inmaduros con un valor de 2.36 ± 0.39 en un rango de 3.1 – 2.2, este valor también fue igual al de los ejemplares en transición de la población silvestre con valores de 2.31 ± 0.14 con un rango de 2.15 – 2.51 durante todo el periodo de estudio. Estos resultados concuerdan con los valores obtenidos por Grayeb del Alamo (2001) en su estudio de engorda en cautividad de ejemplares juveniles de esta misma especie y en el

mismo cuerpo de agua, en donde los valores del FC fueron de 2.9 a 3.0. En base a los valores obtenidos, se puede comparar como indistintas la condición del pez en engorda y la condición de los peces en estado salvaje, en términos del FC calculado.

El índice gonadosomático en la etapa de recrudescencia gonadal alcanza los valores más altos ya que es en este periodo cuando la gónada aumenta de tamaño. Los especímenes maduros de *P. maculatofasciatus* en cautividad presentaron un IGS con tendencia a decrecer con la edad para posteriormente permanecer constante (Figura 16 y Cuadro 11) y estos valores fueron estadísticamente iguales para hembras y machos maduros. El máximo valor de IGS observado fue en el grupo de tres años. Las diferencias en el IGS de machos y hembras cautivas fueron significativamente más alto que el de los especímenes silvestres (Figura 19) mientras que el IGS de los individuos en transición permaneció constante durante su permanencia en los muestreos, su valor se mantuvo en 0.4 ± 0.3 y fue igual tanto para la población silvestre como para los especímenes en cautividad. Este resultado refuerza la idea de que el proceso de transformación se presenta en un tamaño de clase y en el mismo periodo, independientemente de la condición silvestre o en cautividad.

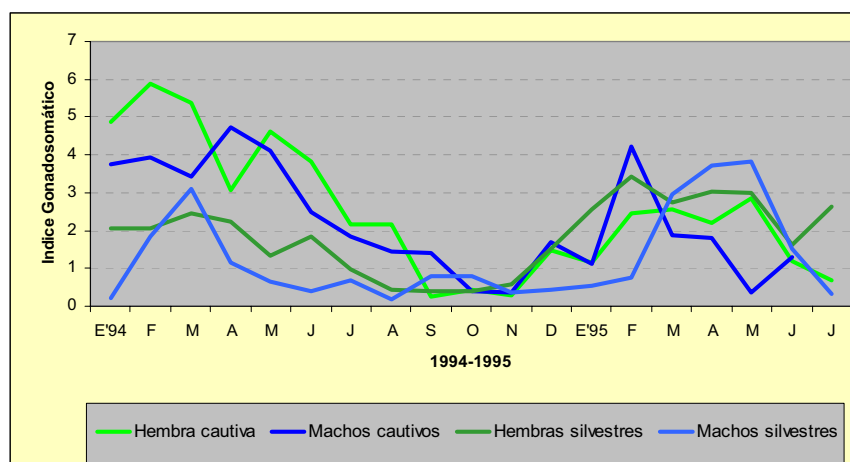


Figura 19.- Índice gonadosomático de *Paralabrax maculatofasciatus* en condiciones silvestres y condiciones de cautividad en jaulas flotantes, durante el periodo de estudio en Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. (A. Avilés-Quevedo).

Cuadro 11.- Índice gonadosomático de *Paralabrax maculatofasciatus* en estadio III y IV de una población silvestre y una población cautiva en jaulas flotantes en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.

Edad (años)	SILVESTRES		CAUTIVOS	
	IGS (Media ± DE)	Número	iGS (Media ± DE)	Número
Hembras				
1				
2	0.9 ± 0.9	4	1.7 ± 1.0	2
3	2.8 ± 1.4	62	3.7 ± 1.2	50
4	2.9 ± 1.7	44	3.0 ± 1.8	58
5	2.5 ± 1.5	12	3.2 ± 0.6	8
6	1.5 ± 1.2	12	2.8 ± 2.2	10
7	2.6 ± 2.8	4	3.2 ± 0.1	4
8	0.6 ± 0.0	2	2.8 ± 1.5	2
Machos				
1		0		
2		0		
3	1.7 ± 2.2	6	2.7 ± 2.2	24
4	1.5 ± 1.4	24	3.2 ± 3.0	48
5	1.1 ± 1.0	36	2.7 ± 2.6	32
6	0.3 ± 0.2	26	1.3 ± 1.4	12
7	0.8 ± 1.0	10	2.7 ± 2.5	8
8	0.4 ± 0.2	6	1.3 ± 1.6	6
8+			2.7 ± 1.8	2

DE = Desviación Estándar

8. CONCLUSIONES

1.- El ciclo reproductivo de *P. maculatofasciatus*, en condiciones de cautividad en jaulas flotantes coincidió con el mismo periodo de máxima actividad, de febrero a mayo, que presentó la población en condiciones naturales.

2.- En condiciones de cautividad se observó una diferencia significativa en la proporción del 40% de especímenes maduros con respecto a la proporción del 63% de especímenes maduros de la población silvestre muestreada.

3.- En condiciones de cautividad fue más aparente el efecto de la temperatura como factor limitante del desove que en los peces de la población natural muestreada.

4.- La proporción de hembras maduras en cautividad (40%) fue significativamente menor que el 64% de la proporción de hembras maduras de la población natural. Esto puede deberse a la frecuente manipulación de las que fueron objeto los especímenes en cautividad

5.- En la distribución de sexos por tallas se muestra que las hembras son significativamente más pequeñas que los machos. Aun cuando es evidente el solapamiento de tallas, se confirma el hermafroditismo protogínico de las hembras.

6.- Aunque no fueron significativas las diferencias entre el tamaño de los especímenes cautivos y silvestres, se observa que los ejemplares en cautividad tuvieron más peso, y mayor IGS

7.- El FC de los ejemplares maduros, hembras y machos fueron significativamente más altos que los valores de los ejemplares inmaduros. El FC de los ejemplares en transición fue el más bajo y estadísticamente igual al FC de los ejemplares inmaduros.

8.- El IGS de los ejemplares maduros, hembras y machos fueron significativamente más altos que los valores de los ejemplares inmaduros. El IGS de los ejemplares en transición fue el más bajo y estadísticamente igual al IGS de los ejemplares inmaduros.

9.- Tanto el valor del FC como el del IGS de los especímenes en cautividad se observan estrechamente asociados a la actividad reproductiva.

10.- La temperatura con un rango de 20 a 30°C y el fotoperiodo con un rango de 14:36 a 11:30 h-luz/día fueron los factores ambientales que más influyeron en el FC e IGS, así como en el desarrollo mismo de la actividad reproductiva de *P. maculatofasciatus*.

CAPÍTULO 3

EFFECTO DEL ALIMENTO SOBRE LA REPRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL DESOVE DE LOS REPRODUCTORES DE *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) EN CONDICIONES DE CULTIVO.

1. INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de la madurez ovárica en los peces, involucra principalmente procesos fisiológicos y bioquímicos como resultado de la incorporación masiva de lípidos y proteínas en los oocitos en crecimiento. Estos cambios, en que los oocitos maduran e incrementan el peso de la hembra de un 20 a 40%, se observan en un corto período de tiempo. Por otro lado, muchas especies en la fase final de madurez ovárica, disminuyen la cantidad de alimento ingerido, por lo que los nutrientes y energía necesaria para el crecimiento del ovario y otras funciones son adquiridas de las reservas corporales. Por lo que es claro, que la composición de la dieta en los reproductores mejorará notablemente la calidad de las reservas corporales y por ende la calidad de huevos y larvas, en términos de fecundidad, número de huevos viables, tamaño del glóbulo de aceite, tasa de eclosión y porcentaje de larvas normales (Zohar *et al.*, 1995).

No obstante lo anterior, la información sobre el manejo de los reproductores es muy poca y solo se refiere a especies como *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Pagrus major*, *Paralichthys olivaceus*, *Seriola quinqueradiata*, etc., que se cultivan comercialmente desde hace algunos años y que por su alta demanda de semilla pueden cubrir los costos del mantenimiento y conservación del stock de reproductores. Normalmente estos reproductores proceden de tres diferentes fuentes:

1)- de origen silvestre que han madurado en su medio natural, pero que son mantenidos en cautiverio hasta el desove,

2)- de la captura de peces juveniles silvestres que alcanzaron la madurez en condiciones de cultivo, y

3)- del mantenimiento de peces seleccionados y cultivados desde huevo.

Por otro lado, los trabajos realizados por Watanabe *et al.*, (1984a, 1984b, 1985a y 1985b) muestran que la calidad nutricional de la dieta de los reproductores afecta enormemente la reproducción y calidad de huevos y larvas de *Pagrus major*, una de las principales especies de peces marinos que se cultiva en Japón, cuya producción de semilla data desde 1965. En los últimos años, la biotecnología de producción de semilla de *P. major* ha avanzado técnicamente duplicando la producción a más de 100 millones de crías por año. Esta producción se ha alcanzado mejorando la supervivencia larval de 30 a 80% y cosechando de 1000 a 5000 alevines de 3 cm por metro cúbico, con lo que esta especie se ha convertido en la principal especie que se produce en los laboratorios de Japón (Imaizumi, 1993).

A pesar de los avances alcanzados en la regulación endócrina de la reproducción de los peces marinos, la cual ha sido efectivamente aplicada junto con los implantes hormonales, actualmente disponibles (Zohar y Mylonas, 2001), aún muchas especies con alto potencial acuícola tienen dificultad para desovar en cautiverio, particularmente en sistemas de producción intensiva, como ejemplo *Solea senegalensis*. Así tampoco se conoce bien el estímulo disparador de la maduración y ovulación de esta especie y otras como los meros, las cabrillas y algunas especies de atunes. Asimismo, es necesario realizar más investigación enfocada a los requerimientos ambientales y nutricionales para la producción de huevos viables como prerrequisito para el cultivo de cualquier especie (Sweetman, 2004). Con lo anterior, se puede ver que no ha sido fácil lograr la reproducción desde el mantenimiento de reproductores para la obtención de semilla de buena calidad, como lo muestran las más de 300 especies de peces que se cultivan en el mundo y que en su mayoría dependen de la semilla proveniente de los recursos

naturales, lo cual es sumamente riesgoso al momento de abastecer la demanda actual y prever el futuro crecimiento acuícola mundial.

En otras palabras, económicamente la producción acuícola depende del adecuado y oportuno suplemento de semilla para llenar los estanques, jaulas flotantes y otros sistemas de cultivo. De hecho el más importante y fundamental avance de la producción artificial de semilla para satisfacer la demanda de los piscicultores es asegurar la producción de un ciclo anual, más que la de una producción estacional, así como producir huevos fértiles de buena calidad con los cuales se mejore la supervivencia y se incremente la tasa de crecimiento que ocurre en la naturaleza (Watanabe *et al.*, 1984a).

Por lo anterior se justifica claramente la importancia del estudio para el mantenimiento de reproductores que produzcan huevos de alta calidad, en las cantidades adecuadas y en el tiempo oportuno. La calidad de esta semilla, dependerá preponderadamente de la buena condición de los reproductores, lo cual se verá reflejado en un aumento de la supervivencia e incremento de la producción, justificando así la necesidad de realizar los estudios tendientes a mejorar la calidad de los reproductores de *P. maculatofasciatus* como especie de alto potencial para acuicultura en Baja California Sur, México.

2. OBJETIVOS

Evaluar la calidad de los reproductores en base a la dieta proporcionada un mes antes y durante el periodo de desove, mediante:

- 1).- Evaluación de la cantidad de huevos desovados por hembra,
- 2).- Medición promedio del diámetro de los huevos y glóbulo de aceite,
- 3).- Cálculo del porcentaje de eclosión por grupo reproductor,
- 4).- Valoración del índice de mortalidad por inanición, y

5).- Evaluación de la supervivencia y crecimiento larval en condiciones de laboratorio, en un sistema abierto sin control de temperatura, fotoperiodo, ni salinidad.

3. METODOLOGÍA

3.1 Manejo de reproductores

Paralabrax maculatofasciatus es una especie carnívora generalizada de hábitos diurnos que depredan sobre una amplio espectro de animales, que abarca desde los peces en estadios juveniles a los moluscos, crustáceos y otros invertebrados de fondo rocoso-arrecifal (Thomson *et al.*, 1987) o areno-fangoso del área del manglar (Avilés-Quevedo *et al.*, 1995) y areno-fangoso asociado a pastizales marinos (Lluch-Cota, 1995). De este complejo espectro alimenticio, se eligieron como componentes de la dieta para los reproductores de *P. maculatofasciatus* lisa y cabeza de calamar que fueron los recursos más abundantes, accesibles, y frecuentes en el mercado local. En el Cuadro 1 se muestra el análisis proximal de las tres dietas probadas. La dieta **A** anteriormente fue utilizado como alimento en la engorda de *P. maculatofasciatus* en la Unidad Experimental para el Cultivo de Peces Marinos en Jaulas Flotantes del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-La Paz).

Cuadro 1.- Análisis proximal de la dieta utilizada en los reproductores de *P. maculatofasciatus* antes y durante el periodo de desove.

Componente	Proteínas (%)	Extracto etéreo (%)	Extracto libre de Nitrógeno (%)	Humedad (%)
Dieta A ¹ (pienso semihúmedo)	53.96 ± 0.37	9.52 ± 0.19	11.54 ± 0.23	49.71 ± 0.4
Dieta B (lisa descongelada)	65.87 ± 0.26	17.23 ± 0.09	6.77 ± 0.34	74.86 ± 0.1
Dieta C (lisa y calamar descongelados)	67.59 ± 0.31	16.27 ± 0.14	7.10 ± 0.46	79.13 ± 0.2

1.- La dieta A se elaboró con un 40% de sardina y lisa, 39% de harina de atún, 10% de calamar, 1.5% de vitaminas "Geymix plus ®", 5% de aceite de hígado de calamar "Riken Feed Oil Ika ®", 3% de alginato de sodio, 0.5 de compuestos minerales y 1% de antioxidantes y antisépticos.

El contenido de humedad se determinó por diferencia de peso a 70°C por 24 horas y el contenido de proteína se estimó con base en el método de microkjeldajl (%N x 6.25), y para estimar el extracto etéreo (contenido de lípidos) se utilizó el método de soxhlet que consiste en la extracción con éter de petróleo durante 6 horas para una muestra de 2g seca y molida. El extracto libre de nitrógeno (contenido de carbohidratos) se estimó por la diferencia de 100 - (% de proteínas + % de lípidos + % de fibra cruda + % de cenizas).

Los reproductores de *P. maculatofasciatus* fueron colectados con anzuelo y línea de mano en la primera semana de diciembre, aprovechando que en la Bahía de La Paz, las poblaciones de esta especie se encuentran maduras y en fase de desove, de enero a finales de mayo, con un pico en los meses de marzo, abril y mayo (Avilés-Quevedo *et al.*, 1995). Esta misma especie se encuentra en estado de madurez y desova en los meses de verano en las costas de California (Butler *et al.*, 1982 y Oda *et al.*, 1993). En la costa occidental de la península de Baja California, en Bahía Magdalena, B.C.S., se encuentra madura entre mayo y agosto (Lluch-Cota *et al.*, 1995).

Los peces colectados fueron trasladados a la Planta de Producción Experimental de Larvas de Peces Marinos del CRIP-La Paz, en donde recibieron un baño de agua dulce por 1 minuto para eliminar ectoparásitos antes de ser distribuidos en seis tanques rectangulares de 3.0 x 1.6 x 1.2 m con capacidad de 5 m³ (Figura 1). Los tanques para reproductores fueron contruidos de madera recubiertos con fibra de vidrio, resina y gel coat® blanco. Cada uno contó con dos piedras difusoras de aire de 2" y un sistema de circulación abierto con recambio diario del 500% de agua de mar sin filtrar en las condiciones de temperatura, salinidad y fotoperíodo naturales. Además, cada tanque fue cubierto con una malla plástica con 75% de sombra de color azul para dar un poco de tranquilidad a los peces y evitar la entrada de heces, plumas y restos de los nidos de las aves que cohabitan en el laboratorio del CRIP-La Paz.

Antes de su introducción a los tanques de acondicionamiento, los peces fueron sexados por presión abdominal; los machos respondieron rápidamente emitiendo espermatozoides (líquido lechoso) y las hembras respondían o no emitiendo óvulos (en un líquido transparente y granuloso). Posteriormente, las hembras fueron seleccionadas en tallas de 16.4 a 18.7 cm de longitud estándar (Ls) y de 130 a 173 g peso total y distribuidos en seis grupos de 40 a 45 ejemplares. Los machos midieron de 18.2 a 20.1 cm Ls y de 165 a 257 g de peso total, estos se distribuyeron en seis grupos de 20 a 28 peces tratando de mantener una proporción 2:1 (hembra:macho) con una biomasa de 2 a 2.5kg.m⁻³ por tanque. En el Cuadro 2 se resumen los datos de los reproductores por tratamiento.

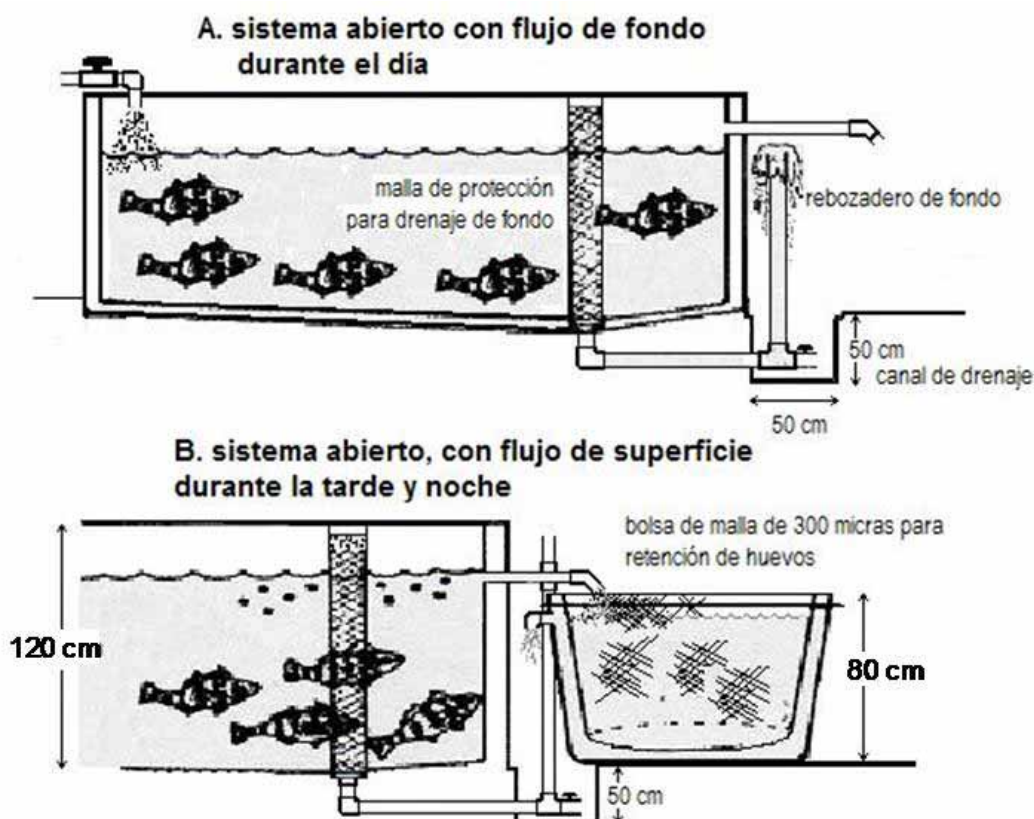


Figura 1.- Tanque de desove y sistema de colecta de huevos para *Paralabrax maculatofasciatus* en el CRIP-La Paz (A. Avilés-Quevedo).

3.2 Producción de huevos

A partir de la segunda semana de diciembre se asignó a cada tanque y su réplica una de las tres dietas, estas se proporcionaron diariamente a la misma hora (09:00-10:30) a saciedad en una sola ración que varió de 150-350 g equivalentes al 7-17% de la biomasa. Cada tercer día, se succionaron los restos de alimento y otros detritus acumulados en el fondo, dos hora después de proporcionarse el alimento.

El desove se dio espontáneamente a partir de los últimos días de diciembre entre las 14:00 y 18:00 horas, pero la evaluación de los reproductores se inició a partir del 7 enero, recolectándose diariamente la producción de huevos por la mañana (08:00-09:00). Estos fueron recolectados durante la tarde y noche en una bolsa de tela, con luz de malla de 300 micras, instalada a la salida del flujo del drenaje superficial. Esta bolsa colectora siempre estuvo sumergida en un recipiente de plástico de 500 litros que derramaba el agua por la parte superior (Figura 1).

Cuadro 2.- Biometría inicial de los seis grupos de reproductores de *P. maculatofasciatus* utilizados para probar el efecto de tres dietas en la calidad del desove.

	Dieta A (Grupos A1 - A2)				Dieta B (Grupos B1 - B2)				Dieta C (Grupo C1 - C2)			
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Pt (g)	167 ± 25		169 ± 36		173 ± 27		172 ± 26		130 ± 20		133 ± 22	
		255 ± 18		257 ± 20		206 ± 42		203 ± 42		167 ± 30		165 ± 31
Ls (cm)	18.5 ± 1.6		18.7 ± 1.8		18.5 ± 2.3		18.7 ± 2.7		16.4 ± 1.9		17 ± 2.1	
		19.5 ± 0.6		20.1 ± 0.5		19.5 ± 3.0		20 ± 3.2		18.2 ± 2.2		18.4 ± 2.6
Número:	42	20	42	21	41	20	42	20	45	27	45	28
Biomasa (kg/tanq)	6.59	5.10	7.09	5.40	7.09	4.12	7.22	4.06	5.85	4.51	5.98	4.62
Biomasa ♀ (kg/m ³)	2.34		2.50		2.25		2.26		2.08		2.12	

El peso total (Pt) y la longitud estándar (Ls) se da en número promedio ± desviación estándar

El total de huevos fue recogido diariamente de cada una de las bolsas, y vertido en una cubeta de plástico con capacidad de 20 litros, previo registro de la temperatura del agua, salinidad, pH y oxígeno disuelto. La cubeta, con el total de huevos colectados, dispuso de un difusor de piedra de 1" para homogenizar la toma de 10 muestras de 1 ml, con una pipeta serológica de 2 ml y se contó el número promedio de huevos viables y no viables a simple vista, con ayuda de un vidrio de reloj y un contador manual. Una vez realizado el primer conteo, se dejó sedimentar por 30 minutos los huevos no viables y restos de basura, obteniéndose por decantación los huevos viables, transparentes y flotantes (Figura 2). De estos huevos se tomaron las observaciones morfométricas del diámetro del huevo y diámetro de la gota de aceite.

3.3 Eclosión

Para las observaciones del porcentaje de eclosión y el tamaño de la larva recién nacida, se tomó una muestra de 50 huevos en un vaso de precipitado de vidrio de un litro, mismo que se mantuvo sumergido en el tanque de colecta de huevos para mantener la misma temperatura del desove. La tasa de eclosión se evaluó 24h después, contando uno a uno los huevos sin eclosionar y las larvas eclosionadas.

El tiempo de incubación se midió a partir del inicio del estudio y cada dos semanas después, se observó el desarrollo embrionario desde la puesta hasta el momento de eclosión, muestreando los huevos obtenidos en la bolsa de malla colocada en la descarga del flujo superficial de agua del tanque, posteriormente se colocaron 25 huevos en seis frascos de vidrio de boca ancha de 500 ml y colocados en suspensión en la misma bolsa de retención de huevos, para mantener la misma temperatura del desove.

El rango de temperatura, en el que no eclosionan los huevos de *P. maculatofasciatus* se evaluó disponiendo de un Baño María de 8 L, para cada una de las temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40°C previa estandarización de la temperatura. El ensayo consistió en colocar cinco frascos de vidrio de boca ancha de 100ml sumergidos en el Baño María para mantener la misma temperatura en cada frasco. Las temperaturas de 10, 15 y 20°C se mantuvieron en cuartos equipados con aire acondicionado de 2000 BTU y control remoto automático. Las temperaturas de 25, 30, 35 y 40°C se controlaron con la resistencia eléctrica del Baño María. En cada frasco de 100ml de agua de mar filtrada con salinidad normal 35 ups se colocaron cinco huevos para facilitar la observación del momento de la eclosión. No se dispuso de aeración en los frascos, pero estos fueron agitados cada hora en el momento de su observación.

Para evaluar el rango de salinidad a la que no eclosionan los huevos de *P. maculatofasciatus* y confirmar qué tan *eurihalina* es la especie en esta etapa, se realizó un ensayo contando con tres Baños María de 8 L en donde se colocaron 25 frascos con 100 ml de agua a diferentes salinidades (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 y 100 ups) a los cuales se les introdujo 5 huevos a cada uno para su incubación a 23°C. Cada Baño María fue una réplica de cada una de las diferentes salinidades.

3.4 Índice de mortalidad por inanición

La evaluación de la calidad del huevo, en cuanto a muerte de la larva por inanición se realizó del 6 al 12 de marzo del 2000, después de dos meses y medio del mantenimiento de reproductores de *P. maculatofasciatus* con tres dietas diferentes. Para la valoración, se dispuso de cincuenta huevos viables por cada lote reproductor. Estos fueron distribuidos en grupos de cinco huevos en 10 recipientes de vidrio con 500 ml de agua marina filtrada a una salinidad de 35 ups. Los recipientes fueron sumergidos en un baño maría para estandarizar y mantener constante la temperatura en $21.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Un día después, se succionaron los

huevos que no eclosionaron y que se precipitaron al fondo del recipiente de vidrio. Posteriormente, a partir del tercer día, tiempo en que se inicia la alimentación exógena, se contó diariamente el número de larvas muertas. Estas se recogieron flotando en la capa superficial del agua, registrándose el tamaño de la gota de aceite. Con estos datos se estimó el índice de mortalidad por inanición de acuerdo con el método para medir el SAI (Starvation Activity Index) que se explica en la siguiente ecuación:

$$SAI = \sum_{i=1}^k (N-n_i) i / N$$

En donde:

N = Número inicial de larvas.

n_i = Número de larvas muertas al día i

k = Día en que ocurre la mortalidad total

[I. Sinma, 1988 citado por Imaizumi (1993)]

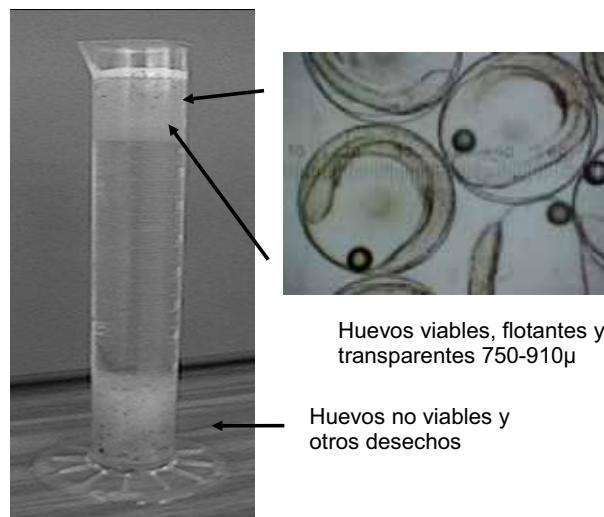


Figura 2.- Separación de huevos viables de *Paralabrax maculatofasciatus* por decantación en agua de mar, con salinidad normal de 35.5 ups (A. Avilés-Quevedo).

3.5 Cultivo larval

Para la evaluación de la calidad de la larva se utilizaron los huevos fertilizados del desove del 19 de abril, considerando que los reproductores ya tenían más de tres meses consumiendo una dieta específica, y que un día antes se tuvo luna llena (generalmente se observó una mayor cantidad de huevos desovados uno o dos días después de la luna nueva o llena, afirmación no significativa estadísticamente). El cultivo de las larvas se realizó para evaluar el crecimiento larval en 40 días, ya que a esta edad es común observar que los organismos en cultivo ya han sufrido la flexión del notocordio y completado su escamación, desarrollándose en juveniles con la forma de los ejemplares adultos y han aceptado como alimento el pienso semi-húmedo (Dieta A, Cuadro 1) y mostrado una mayor supervivencia (95-98%).

El cultivo larval se realizó en seis tanques de polietileno negro de 1000 litros de capacidad (Figura 3), utilizándose un tanque por cada lote de huevos correspondientes al desove de un grupo de reproductores con una dieta específica. Por lo que se contó con dos tanques para el cultivo de larvas provenientes de reproductores alimentados con una misma dieta específica (Cuadro 3).

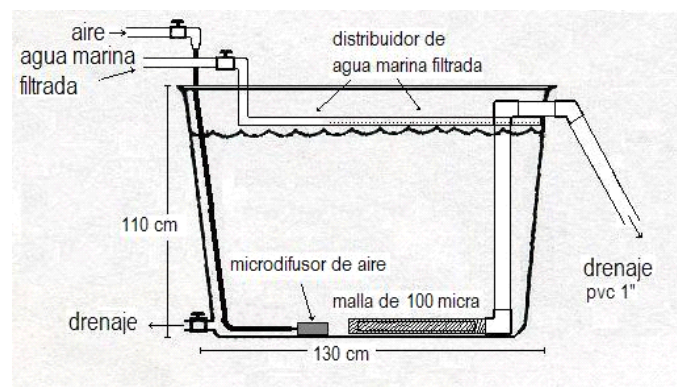


Figura 3.- Tanques circulares de polietileno de color negro y capacidad de 1000 L para el cultivo larval de *Paralabrax maculatofasciatus* en el CRIP-La Paz. (A. Avilés-Quevedo)

Los tanques para el cultivo larval se prepararon dos días antes de la siembra con agua de mar filtrada, aeración profusa con un microdifusor de aire de 6.3 cm y un inóculo de microalgas (*Nannochloropsis oculata*) con una concentración inicial de 1×10^5 cel.ml⁻¹ por tanque, misma que se mantuvo hasta los 30 días de cultivo. El cultivo se inició con la introducción de 50,000 huevos flotantes por tanque (50 huevos.L⁻¹) e inmediatamente se redujo la aeración y se siguió el método de cultivo para esta especie de acuerdo al protocolo propuesto por Avilés-Quevedo *et al.* (1995). Este fue modificado en el uso de copépodos (ya que en esta ocasión no se proporcionaron) y en la utilización de dos tipos de alimento microparticulado importado de Japón: Kyowa A-1 (con 28×10^6 partículas.g⁻¹ y un diámetro de <250 μ por partícula) este alimento se suministró del 6^{to} al 26^{vo} día después de la eclosión (dde) en una proporción de 1 gramo.día⁻¹ dividido en cuatro raciones, el segundo alimento proporcionado fue el Kyowa B-1 (con 11.4×10^6 partículas.g⁻¹ y diámetro de 250 - 400 μ,) este se suministró del 22^{vo} al 40^{vo} dde en una proporción de 1 gramo.día⁻¹ dividido en cuatro raciones (Cuadro 4). El alimento particulado se proporcionó a las 8:00, 9:00, 10:00 y 14:30. A las 11:00 se proporcionó el alimento vivo rotíferos o metanauplios de *Artemia* enriquecido con aceite de hígado de calamar "Riken Feed Oil Ika", Riken Vitamin Co. Ltd. Tokyo, Japón.

Cuadro 3.- Diseño experimental para el cultivo de larvas y juveniles de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en tanques de polietileno negro y capacidad 1000 L.

Grupo experimental con una dieta específica:	CALIDAD DE LA		DIETA EN LOS		REPRODUCTORES	
	A	A	B	B	C	C
Cultivo de larvas y juveniles:	LA1	LA2	LB1	LB2	LC1	LC2
Siembra de huevos fertilizados (50.L ⁻¹):	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
Cultivo larval (Cuadro 4):	Ídem	Ídem	ídem	Ídem	Ídem	Ídem
Evaluación del crecimiento (10 larvas c/ 5 días)	Ídem	Ídem	ídem	ídem	Ídem	Ídem
Registro de la mortalidad (larvas sifoneadas cada tercer día)	Ídem	Ídem	ídem	ídem	Ídem	Ídem

El protocolo de alimentación que se propuso (Cuadro 4) se basa en las biometrías de la abertura de boca de las larvas (Figura 4) y del tamaño de las presas, así como de las observaciones del consumo de las presas vivas en los estanques y de los resultados obtenidos por Iizawa (1983) quien encuentra que las larvas de *Dicentrarchus labrax* consumen presas que tienen el ancho del cuerpo entre el 30 y 100% del ancho de la boca de la larva, con un óptimo entre el 70 y 90%.

Cuadro 4.- Protocolo para el cultivo de larvas y juveniles de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (modificado de Avilés-Quevedo *et al.* 1995).

Edad (días)	Tamaño esperado (mm)	Alimento (ind/ml)	Recambio de agua (%)/día	Limpieza de fondo	Microalgas (%)
0	2.92	Sin alimento	0	No	10-20
2	3.18	Sin alimento	0	No	10-20
3	3.32	5 rotíferos	0	No	10-20
4	3.46	5 rotíferos	20	C/3 días	10-20
6	3.80	5 rotíferos + 1g de A-1	20	C/3 días	10-20
8	4.11	10 rotíferos + 1g de A-1	20	C/3 días	10-20
13	5.08	10 rotíferos + 1g de A-1	50	C/3 días	10-20
20	6.85	10 rotíferos + 1 npl + 1g de A-1	50	C/3 días	10-20
21	7.15	10 rotíferos + 1 npl + 1g de A-1	80	C/3 días	10-20
22	7.78	10 rotíferos + 1 npl + 1g de A-1 + 1 g de B-1	80	C/3 días	10-20
24	8.12	10 rotíferos + 1 npl + 1g de A-1 + 1 g de B-1+0.5 metanpl	80	C/3 días	10-20
26	8.47	10 rotíferos + 0.5 npl + 1g de A-1 + 1 g de B-1+0.5 metanpl	100	C/3 días	10-20
28	10.49	1 metanpl + 1 g de B-1 + pescado macerado	100	C/3 días	0
30	10.94	1 g de B-1 + Pescado macerado + pienso semi húmedo	100	C/3 días	0
35	12.98	Pienso semi húmedo	100	C/3 días	0
40	16.06	Pienso semi húmedo	100	C/3 días	0

Al iniciar la alimentación exógena se inicia también la limpieza del fondo de los tanques por medio de un sifón. Los rotíferos utilizados durante todo el proceso de cultivo fue enriquecido con el aceite de hígado de calamar "Riken Feed Oil Ika ®", **npl** = nauplio de artemia de 4 h, **metanpl** = metanauplio de artemia de 12 h, **A-1 y B-1** son tipos de alimentos particulados de la marca japonesa Kyowa. El pienso semi-húmedo es la **dieta A** mencionada anteriormente en el texto y proporcionada en forma de bolitas.

3.6 Cultivo de alimento vivo

3.6.1 Microalgas

El cultivo de microalgas, fue del tipo monoespecífico con la especie *Nannochloropsis oculata* (*Eustigmatophyceae* de 2-5 μ de diámetro que crecen bien a 25°C). Según Okauchi (1989) *N. oculata* se caracteriza por tener altos niveles de EPA (30.5%) y HUFAs omega-3 (42.7%). El cultivo de esta especie fue mantenido en tres niveles:

a).- El nivel primario se realizó en un laboratorio específico con control de temperatura ($17\pm 1^\circ\text{C}$) iluminación continua con lámparas fluorescentes blanco-frío, aireación y agua de mar filtrada a una micra. Los volúmenes que se manejaron en este nivel fueron menores de 16 L con salinidad de 28 ups, y el medio f/2 de Guillard (1972) esterilizado en autoclave o tratado con clorinación y luz ultravioleta en los volúmenes mayores de 2 Litros. El inóculo en este nivel fue de del 10% del volumen.

b).- El nivel intermedio se realizó fuera del laboratorio en recipientes de fibra de vidrio transparentes, de forma cilíndrica de fondo plano, con capacidad de 100 y 500 L. El agua de mar utilizada fue filtrada a una micra y regulada la salinidad a 28 ups. Posteriormente, fue tratada con 10-50ml de hipoclorito de sodio al 6% y neutralizado 24 h después con 1.25-6.25 ml de tiosulfato de sodio 2N y aireación profusa de acuerdo al volumen. El inóculo para siembra en este nivel fue de 8-16 L de microalgas cultivadas por cinco o siete días.

c).-El nivel masivo se realizó también fuera del laboratorio, en tanques rectangulares de fibra de vidrio de color blanco y capacidad de 3000 L. Estos fueron llenados con agua de mar filtrada a una micra y regulada su salinidad a 28 ups. El inóculo en este nivel fue de 500 L de microalgas cultivadas por siete o nueve días.

El medio de cultivo para el nivel intermedio y masivo, fue preparado con fertilizantes agrícolas y una mezcla de vitaminas y minerales esenciales para el

cultivo de microalgas (Clewat 32, Teikoku Kagaku Sangyo, Co. Ltd. Tokyo, Japan) en las siguientes proporciones:

Nombre del fertilizante	Cantidad (g.L⁻¹)
Sulfato de amonio	0.1
Superfosfato triple	0.01
Urea	0.005
Clewat 32	0.005

Los cultivos masivos de microalgas, lograron mantenerse por más de tres meses, mediante el sistema de cosecha de una tercera parte y su reposición con agua filtrada a la salinidad adecuada y los nutrientes respectivos al volumen total del tanque. Algunas veces se aplicó hipoclorito de sodio (Solución al 5%) en una proporción de 10 ml.m⁻³ para controlar la población bacteriana y la descomposición orgánica.

Las microalgas se utilizaron directamente para alimentar los rotíferos y en el tanque de cultivo de larvas en una concentración de 1x10⁵ cel.ml⁻¹. Estas se usaron para acondicionar el medio y como filtro y difusor de la luz, facilitando la distribución del alimento vivo (rotíferos, nauplios y metanauplios de *Artemia*) y de las larvas de *P. maculatofasciatus* dentro del tanque. Asimismo, sirvieron como auxiliares en la oxigenación del agua a través de su fotosíntesis.

3.6.2 Rotíferos

Brachionus plicatilis (cepa "S") fue cultivado con *Nannochloropsis oculata* y levadura de la utilizada en panadería (*Sacharomices cerevisiae*) en su presentación comercial en forma deshidratada. Esta fue empleada a razón de 1 gramo por millón de rotíferos. La metodología empleada para la producción de hasta 1200 rotíferos por mililitro es descrita por Avilés-Quevedo *et al.* (1995). Asimismo, se realizaron ensayos para evaluar el comportamiento de la combinación de dos especies de microalgas en la producción de los rotíferos y su efecto directo en las larvas de *P. maculatofasciatus* (Avilés-Quevedo, *et al.*, 2002).

Los rotíferos de 95 a 160 μ de longitud de lóricas y 60 a 90 μ de ancho, fueron enriquecidos por dos horas con aceite de hígado de calamar "Riken Feed Oil Ika $\text{\textcircled{R}}$ " antes de proporcionarse como alimento a las larvas de *P. maculatofasciatus*. Previo a su uso, los rotíferos enriquecidos fueron lavados con chorro de agua marina para tratar de eliminar la mayor cantidad de aceite adherida a su cuerpo.

Brachionus plicatilis se proporcionó en una concentración de 5 a 10 rotíferos. ml^{-1} , equivalente a 100-250 rotíferos por larva, a partir del tercer día después de la eclosión, cuando las larvas miden 2.88 mm de longitud total y tienen una abertura de 0.23 mm (Figura 4). El tamaño de la presa se calculó en base al 60-70% de la abertura de la boca, de acuerdo a lo citado por Izawa (1983). En los dos primeros días solo se proporcionaron los rotíferos que pasaron por el tamiz de 60 μ , posteriormente se utilizaron los rotíferos retenidos en este tamiz.

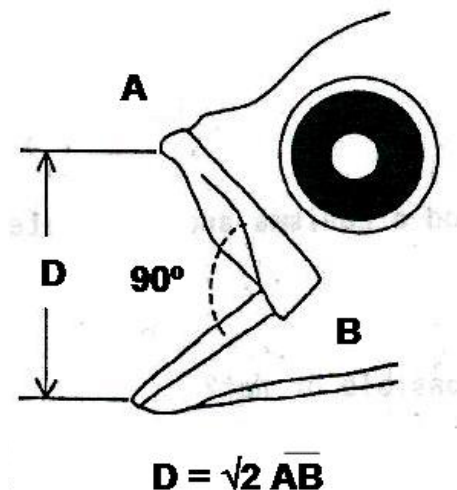


Figura 4.- Cálculo de la abertura de la boca de la larva (Shirota, 1970).

3.6.3 Artemia

La *Artemia* no fue cultivada en el laboratorio como en el caso de las microalgas y rotíferos, ya que estas se encuentran disponibles en el mercado en forma de quistes secos, deshidratados y en diferentes grados de calidad. En este trabajo, utilizamos los quistes de *Artemia* de grado AF que tienen un alto valor nutritivo para organismos marinos por su contenido de ácidos grasos DHA y EPA, además de tener un nauplio pequeño (Instar I de 0.4 a 0.5 mm).

Para obtener nauplio de *Artemia* de calidad, se procedió a desinfectar los quistes, posteriormente se descapsularon, con el procedimiento normal de hidratación, descapsulación, lavado y desactivación del cloro residual, para posteriormente incubarlos durante 20-24h a 25°C.

Como alimento para las larvas se utilizó el estadio de nauplio (Instar I) de 4h (0.46 mm) a partir de los 20 dde, cuando la larva mide 6 mm de longitud total y el alto de su boca 0.6 mm (Figura 4). El nauplio Instar I se proporcionó a razón de uno por mililitro sin enriquecer, ya que en este estadio el nauplio no ha desarrollado su sistema digestivo y contiene casi todos los nutrientes del quiste. El metanauplio (Instar II) de 12h y 0.7 mm se proporcionó a razón de 0.5.ml⁻¹ a partir de los 24 dde, cuando la larva de *P. maculatofasciatus* mide 8 mm de longitud total y su boca tiene un alto de 0.8 mm. En este estadio, el metanauplio Instar II fue enriquecido con aceite de hígado de calamar "Riken Feed Oil Ika ®" dos horas antes de proporcionarse como alimento. Asimismo, éste fue previamente lavado generosamente para eliminar el aceite impregnado a la superficie de su cuerpo.

4. RESULTADOS

4.1 Producción de huevos.

De acuerdo con la metodología descrita, diariamente se calculó el número promedio de huevos desovados por lote de reproductores y para estandarizar la producción de huevos, los números fueron divididos por la biomasa en kilogramos de hembras de cada lote. En el Cuadro 5, se muestran los resultados del promedio por desove por mes por grupo, en donde se observa una tendencia a incrementarse el número de huevos por desove, de acuerdo con el avance del período reproductivo.

El Análisis de Varianza (ANDEVA) para dos factores con una sola muestra por grupo, señala que no hubo diferencia significativa entre tratamientos, aunque se observa una respuesta más rápida en los grupos alimentados con la dieta C, compuesta por lisa y calamar descongelado (Figura 5). El mismo ANDEVA indica una diferencia significativa entre meses con un valor de $F = 8.949$ y $F_{(4,20) 0.05} = 2.87$ con lo cual se infiere estadísticamente que la producción mensual de huevos por desove por mes varió con una tendencia a incrementarse de acuerdo con el aumento de la temperatura hasta un tope en el cual empieza a disminuir la producción de huevos (Cuadro 5).

Es importante señalar que la producción de huevos que se muestra en el Cuadro 5, solo considera el período de estudio y no todo el período de desove de la especie en la Bahía de La Paz, el cual se puede prolongar hasta más de nueve meses dependiendo de la temperatura del agua (Avilés-Quevedo *et al.*, 1995).

Cuadro 5.- Producción (en miles) de huevos por desove por kilogramo de hembra de *P. maculatofasciatus* alimentadas con tres dietas diferentes (cada número corresponde al promedio mensual \pm la desviación estándar).

MES	D I E T A S					
	A		B		C	
Temperatura Promedio	(A1)	(A2)	(B1)	(B2)	(C1)	(C2)
Ene 20°C	34 \pm 7	41 \pm 7	81 \pm 5	72 \pm 8	79 \pm 7	86 \pm 8
Feb 21°C	54 \pm 8	62 \pm 13	81 \pm 9	88 \pm 6	437 \pm 226	445 \pm 240
Mar 22°C	363 \pm 128	427 \pm 156	381 \pm 113	445 \pm 191	320 \pm 152	256 \pm 103
Abr 23°C	442 \pm 175	529 \pm 282	276 \pm 150	364 \pm 261	345 \pm 117	432 \pm 197
May 24°C	248 \pm 78	170 \pm 46	212 \pm 75	290 \pm 60	124 \pm 87	202 \pm 148
Promedio	228 \pm 181.9	246 \pm 220.5	206 \pm 129.2	252 \pm 166.2	261 \pm 153	284 \pm 154

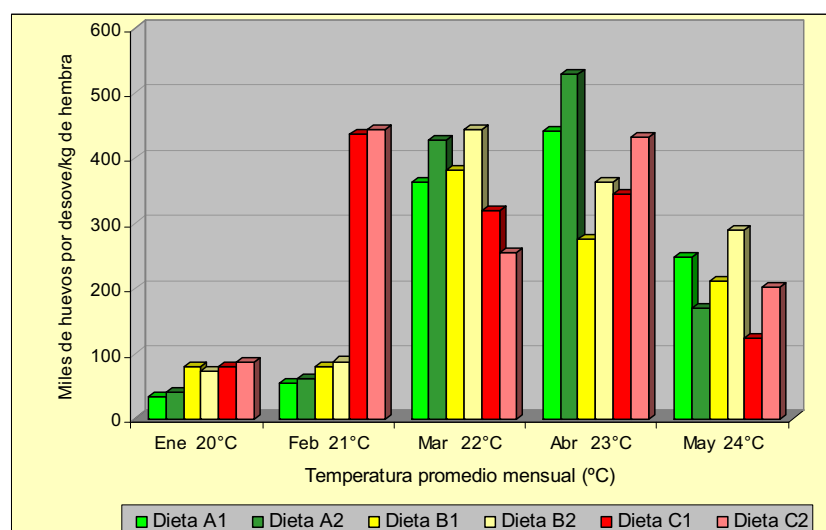


Figura 5.- Producción promedio mensual de huevos por desove por kilogramo de hembra de *P. maculatofasciatus* alimentadas con tres dietas diferentes.

En el análisis del porcentaje de huevos viables no hubo diferencias significativas entre réplicas de acuerdo con el ANDEVA de un solo factor, mientras que el ANDEVA de dos factores con una sola muestra por grupo indica que no hubo diferencias significativas entre los meses observados, pero si se observó una diferencia significativa ($F= 5.61$ y $F_{(5, 20) 0.05}= 2.71$) entre el porcentaje de huevos

viables de cada grupo de reproductores alimentados con diferentes dietas, por lo cual se puede afirmar que el grupo de peces alimentados con el pienso semihúmedo (Dieta A) produjo mayor cantidad de huevos viables con un promedio mensual superior a 88% (Cuadro 6, Figura 6).

Cuadro 6.- Porcentaje de huevos viables de los reproductores de *P. maculatofasciatus* alimentados con tres dietas diferentes (los números en negritas fueron significativamente diferentes).

MES Temperatura promedio	D I E T A S						$(\chi \pm \sigma)$
	A		B		C		
	(A1)	(A2)	(B1)	(B2)	(C1)	(C2)	
Ene 20°C	98 ± 1.5	99 ± 1.0	94 ± 5.1	82 ± 14	66 ± 13	80 ± 14	86 ± 13
Feb 21°C	95 ± 4.5	99 ± 0.9	83 ± 12	99 ± 0.5	70 ± 25	86 ± 12	89 ± 12
Mar 22°C	96 ± 3.0	89 ± 4.0	99 ± 0.9	79 ± 6.3	82 ± 16	65 ± 24	85 ± 13
Abr 23°C	88 ± 7.0	95 ± 3.2	85 ± 18	92 ± 1.8	86 ± 12	68 ± 18	86 ± 9
May 24°C	90 ± 2.5	90 ± 8.1	77 ± 16	67 ± 12	64 ± 34	80 ± 16	78 ± 11
$(\chi \pm \sigma)$	94 ± 4.3	93 ± 3.7	88 ± 9.0	84 ± 12.6	74 ± 9.8	76 ± 8.8	

$(\chi \pm \sigma)$ = Diámetro promedio mensual ± desviación estándar.

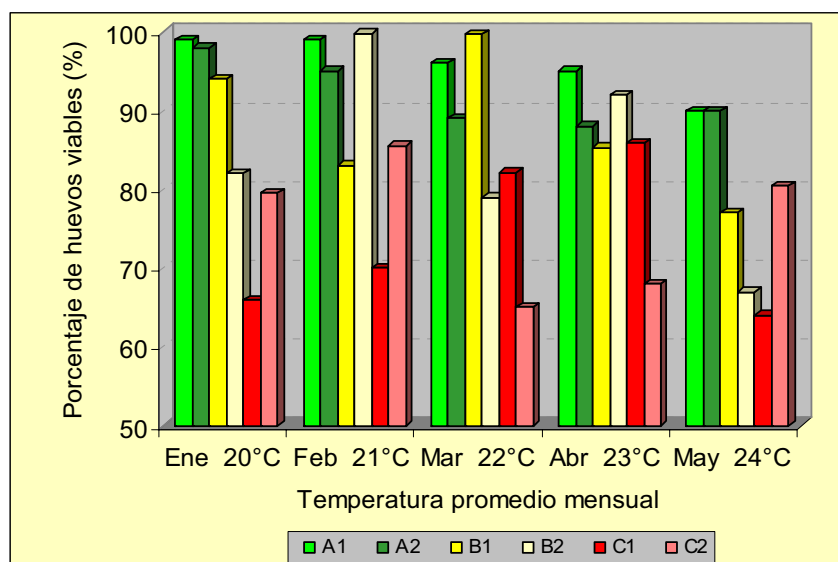


Figura 6.- Porcentaje promedio mensual de huevos viables por desove por kilogramo de hembra de *P. maculatofasciatus* alimentadas con tres dietas diferentes.

4.2 Diámetro de huevos y glóbulo de aceite

Los huevos fertilizados y viables de *P. maculatofasciatus* son flotantes, esférico y transparente con tamaños de 750 a 910 μ . En la evaluación del efecto de la dieta de los reproductores sobre la calidad del huevo en cuanto al tamaño de su diámetro, el ANDEVA entre réplicas mostró que no hubo diferencias, mientras que el ANDEVA de dos factores con una sola muestra a un $\alpha = 0.05$ muestra diferencias significativas entre los meses de acuerdo a los valores de $F = 15.68$ y $F_{(4, 20) 0.05} = 2.87$ y entre dietas ($F = 13.4$ y $F_{(5, 20) 0.05} = 2.71$). Por lo que estadísticamente se evidencia que el grupo alimentado con el pienso semihúmedo (Dieta A) produjo los huevos más grandes y en relación al período de desove se observa un mayor tamaño en los huevos desovados de enero a marzo (Cuadro 7, Figura 7).

Cuadro 7.- Tamaño promedio de los huevos de *P. maculatofasciatus* alimentados con tres dietas diferentes (los números en negritas fueron significativamente diferentes).

MES Temperatura ($\chi \pm \sigma$)	D I E T A S						($\chi \pm \sigma$)
	A		B		C		
	(A1)	(A2)	(B1)	(B2)	(C1)	(C2)	
Ene 20°C	910±10	888±9	850±17	865±11	855±8	863±6	870±20
Feb 21°C	899±15	900±1	849±17	865±12	836±20	856±14	867±27
Mar 22°C	890±8	898±6	875±25	885±7	860±13	847±9	876±19
Abr 23°C	875±12	858±12	814±22	792±16	792±17	775±12	818±40
May 24°C	874±18	856±13	853±15	860±5	810±9	802±6	842±29
($\chi \pm \sigma$)	887±13	880±22	848±22	853±36	830±29	829±38	

($\chi \pm \sigma$) = Diámetro promedio mensual \pm desviación estándar.

Normalmente los huevos de *P. maculatofasciatus* solo tienen un glóbulo de aceite, en estos se concentra la fuente de energía y ácidos grasos esenciales que nutrirán a la larva los primeros días. El tamaño del diámetro de la gota de aceite

en esta especie es de 140 a 190 μ , con un promedio de 165 micras. En este trabajo, el diámetro promedio de la gota de aceite se mantuvo en un rango de 145 μ para los huevos producidos por los reproductores alimentados con la dieta B y de 180 μ para los huevos producidos por los reproductores alimentados con la dieta C (Cuadro 8).

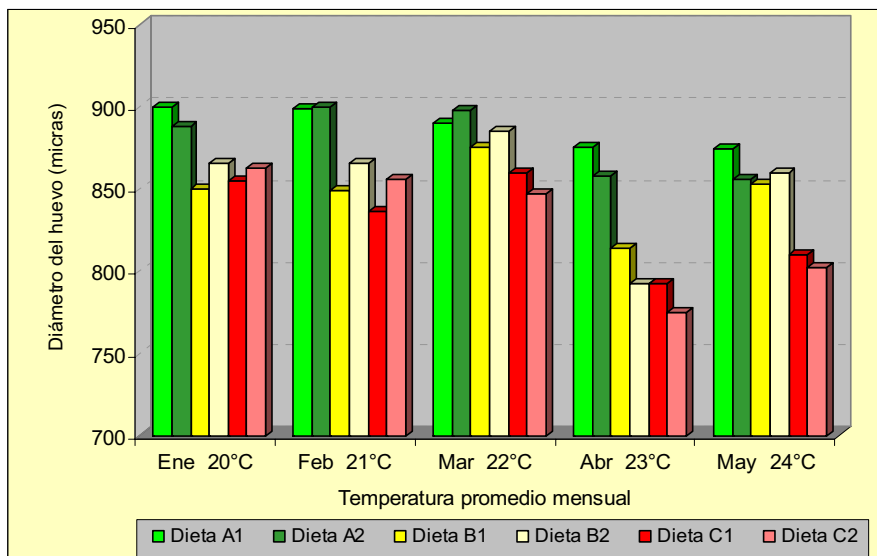


Figura 7.- Promedio mensual del diámetro del huevo (en micras) de *P. maculatofasciatus* alimentadas con tres dietas diferentes.

En la evaluación de la dieta respecto al tamaño de la gota de aceite en los huevos de *P. maculatofasciatus* se encontró que no hubo diferencias significativas entre réplicas de acuerdo al ANDEVA de un solo factor. Mientras que el ANDEVA de dos factores para una sola muestra, indica diferencia significativa entre dietas, por lo que los huevos del lote de reproductores alimentados con la mezcla de lisa y calamar descongelado (dieta C) presentaron un mayor tamaño de gota de aceite (Cuadro 8, Figura 8) de acuerdo con los valores de $F = 11.78$ y $F_{(5, 20) 0.05} = 2.71$. En cuanto a los meses comparados no hubo diferencias significativas en el tamaño de la gota de aceite.

Cuadro 8.- Tamaño promedio de la gota de aceite de los huevos desovados por reproductores de *P. maculatofasciatus* alimentados con tres dietas diferentes (los números en negritas fueron significativamente diferentes).

MES Temperatura ($\chi \pm \sigma$)	D I E T A S						($\chi \pm \sigma$)
	A		B		C		
	(A1)	(A2)	(B1)	(B2)	(C1)	(C2)	
Ene 20°C	163±12	155±6	156±4	150±9	180±9	176±6	163±12
Feb 21°C	171±10	163±6	152±3	146±6	165±4	170±8	161±10
Mar 22°C	167±8	161±1	151±4	156±5	170±2	173±7	158±10
Abr 23°C	161±4	150±1	145±1	147±7	160±1	159±6	155±7
May 24°C	152±3	159±4	145±4	150±5	165±5	164±7	158±9
($\chi \pm \sigma$)	163±7	158±5	151±4	150±5	168±7	173±11	

($\chi \pm \sigma$) = Diámetro promedio mensual \pm desviación estándar

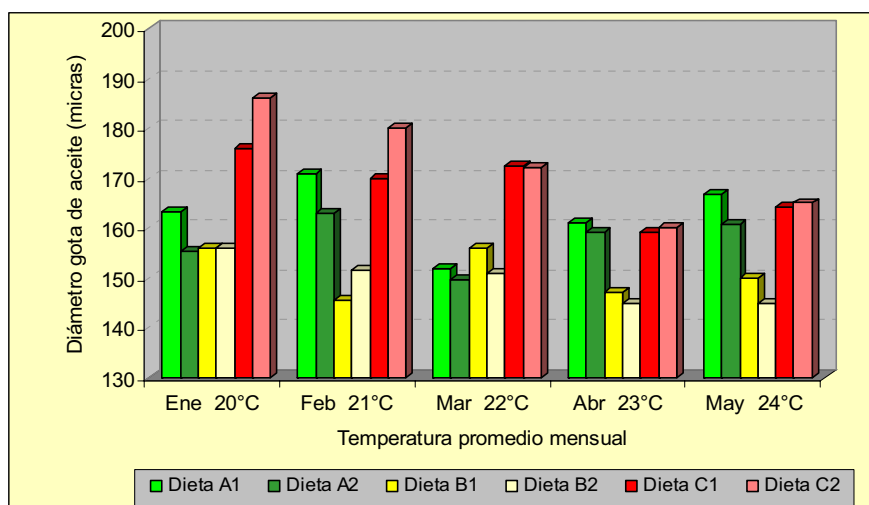


Figura 8.- Promedio mensual del diámetro de la gota de aceite (en micras) del huevo de *P. maculatofasciatus* alimentadas con tres dietas diferentes.

4.3 Tasa de eclosión.

Los resultados de este trabajo indican que el porcentaje de eclosión de los huevos de *P. maculatofasciatus* fue superior al 67%, alcanzando valores máximos promedio del 98%. Aunque, el ANDEVA de dos factores, muestra que no hubo

diferencias significativas en el porcentaje de eclosión entre los tratamientos alimenticios probados en reproductores, ni entre los meses observados, en el (Cuadro 9 y Figura 9 se puede apreciar los valores más altos (92%) en los meses pico de desoves (marzo y abril).

Cuadro 9.- Porcentaje de eclosión de los huevo de tres grupos de reproductores de *P. maculatofasciatus* alimentados con dietas diferentes.

MES Temperatura ($\chi \pm \sigma$)	D I E T A S						($\chi \pm \sigma$)
	A		B		C		
	(A1)	(A2)	(B1)	(B2)	(C1)	(C2)	
Ene 20°C	87 ± 6	79 ± 9	87 ± 9	74 ± 13	77 ± 13	85 ± 6	81 ± 6
Feb 21°C	91 ± 2	88 ± 3	90 ± 8	67 ± 18	73 ± 9	95 ± 3	84 ± 11
Mar 22°C	96 ± 12	79 ± 17	95 ± 2	98 ± 2	93 ± 3	92 ± 3	92 ± 7
Abr 23°C	86 ± 6	95 ± 9	98 ± 1	85 ± 9	90 ± 8	98 ± 2	92 ± 6
May 24°C	88 ± 4	94 ± 6	80 ± 12	92 ± 7	82 ± 5	98 ± 1	89 ± 7
($\chi \pm \sigma$)	90 ± 4	87 ± 8	90 ± 7	83 ± 13	89 ± 5	88 ± 12	

($\chi \pm \sigma$) = Diámetro promedio mensual ± desviación estándar

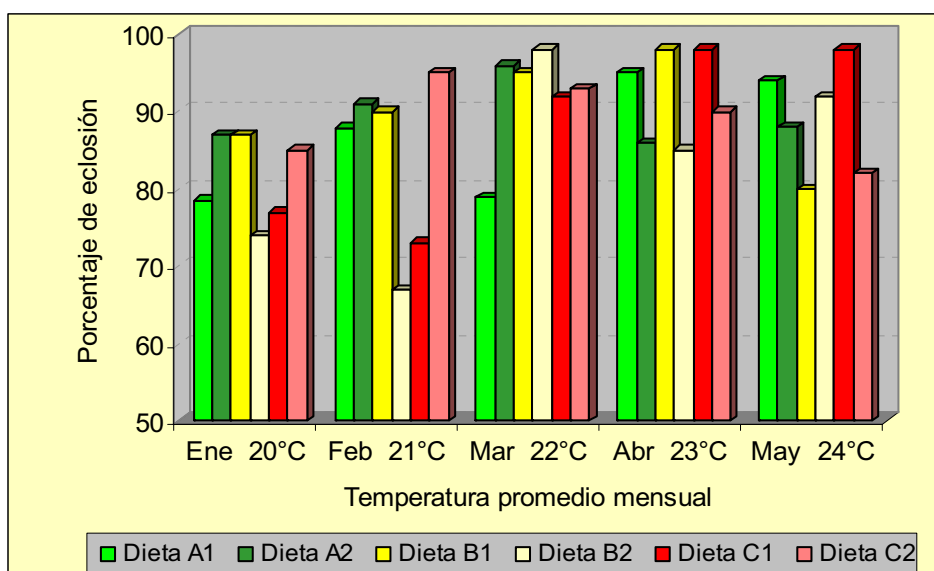


Figura 9.- Porcentaje promedio mensual de la tasa de eclosión del huevo de *P. maculatofasciatus* alimentadas con tres dietas diferentes.

Por otro lado, se observó que la temperatura del agua afectó directamente la tasa de eclosión de los huevos de *P. maculatofasciatus* (Figura 10) de tal forma que la tasa de eclosión óptima se obtuvo entre los 22 y 23°C abajo o arriba de estas temperaturas la tasa de eclosión disminuyó notablemente. Igualmente se observó que la temperatura del agua también afecta el tiempo de incubación, notándose que a temperaturas menores de 17°C y superiores a 30°C la tasa de eclosión fue menor al 50% y las larvas no fueron viables. El tiempo de incubación varió de 25 a 13h en un rango de temperatura de 18 a 30°C (Figura 11).

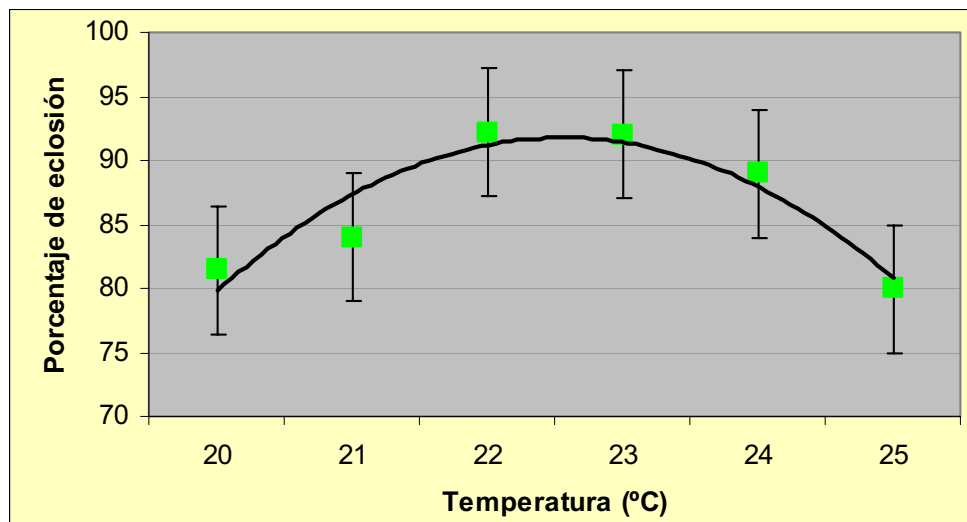


Figura 10.- Relación de la temperatura del agua con la tasa de eclosión del huevo de *P. maculatofasciatus*. Los puntos son valores promedio de 10 observaciones \pm su desviación estándar.

También la salinidad del agua afectó directamente la tasa de eclosión de los huevos de *P. maculatofasciatus*, observándose que en salinidades menores de 30 y mayores de 60 ups la tasa de eclosión es menor del 50% (Figura 12).

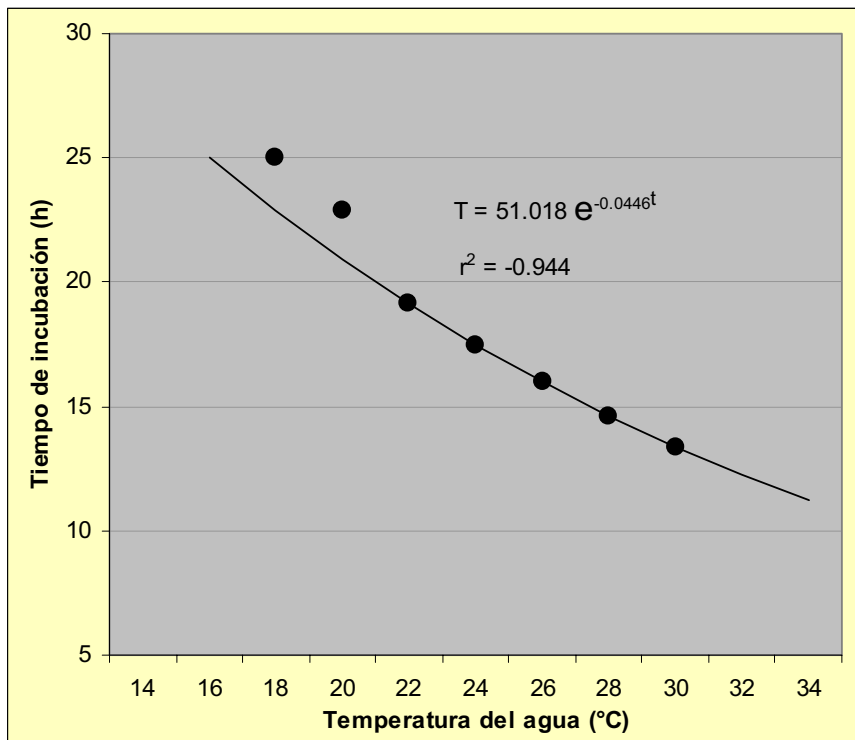


Figura 11.- Relación entre la temperatura del agua y el tiempo de incubación requerido para el 50% de eclosión larval de *P. maculatofasciatus*. (Los puntos son los valores promedio de 10 observaciones).

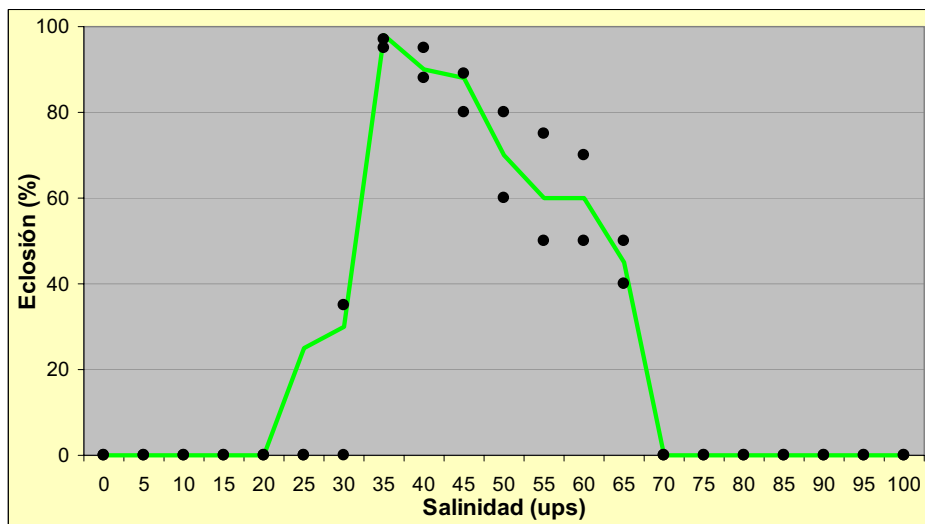


Figura 12.- Efecto de la salinidad en el porcentaje de la tasa de eclosión larval de *P. maculatofasciatus*. (Los puntos son los valores promedio de tres observaciones).

4.4 Índice de mortalidad por inanición.

El índice de mortalidad por inanición, se estimó de acuerdo al “Starvation activity index (SAI)” dos meses y medio después de haber iniciado los tratamientos con una dieta específica en los reproductores de *P. maculatofasciatus*. Los valores altos del SAI (25.04 a 24.24) obtenidos en las larvas de *P. maculatofasciatus* indican que estas fueron sanas (Cuadro 10) y que son factibles de cultivarse. Por otro lado la supervivencia a la inanición (Figura 13) muestra que la condición de la larva es buena ya que sobrevivió al consumo de su reserva vitelina y al consumo de la gota de aceite al 5^{to} día después de la eclosión (dde) en condiciones de $21.7 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 35 ups y 5 mg.l^{-1} de oxígeno disuelto. Sin embargo, aunque los grupos de larvas procedentes de reproductores alimentados con las dietas A y B murieron totalmente al 6^{to} dde y las larvas de reproductores alimentados con la mezcla de lisa y calamar fresco descongelado (dieta C) murieron después de los 7 dde, el análisis de comparación de coeficientes de regresión (Parker, 1979) no mostró diferencias significativas entre los grupos.

Cuadro 10.- Valores del índice de mortalidad por inanición de las larvas de tres grupos de reproductores de *P. maculatofasciatus* alimentados con tres dietas diferentes (los números son valores promedio \pm desviación estándar de diez réplicas).

D I E T A S						
DDE	(A1)	(A2)	(B1)	(B2)	(C1)	(C2)
1	0.78 ± 0.15	0.76 ± 0.17	0.78 ± 0.11	0.72 ± 0.11	0.86 ± 0.13	0.92 ± 0.11
2	1.72 ± 0.32	1.68 ± 0.34	1.84 ± 0.21	1.92 ± 0.18	1.6 ± 0.27	1.52 ± 0.18
3	2.22 ± 0.49	2.16 ± 0.68	2.1 ± 0.32	2.04 ± 0.33	2.52 ± 0.38	2.64 ± 0.33
4	3.36 ± 0.74	3.52 ± 0.72	3.28 ± 0.59	3.36 ± 0.67	3.12 ± 0.45	2.88 ± 0.44
5	4.3 ± 0.48	4.4 ± 0.55	4.3 ± 0.48	4.6 ± 0.55	4.6 ± 0.52	4.6 ± 0.54
6	5.52 ± 0.61	5.52 ± 0.66	5.52 ± 0.62	5.28 ± 0.66	5.52 ± 0.62	5.52 ± 0.65
7	7 ± 0.0	7 ± 0.0	7 ± 0.0	7 ± 0.0	6.58 ± 0.68	6.16 ± 0.77
SAI =	24.9	25.04	24.82	24.92	24.80	24.24

DDE= Días después de la eclosión.

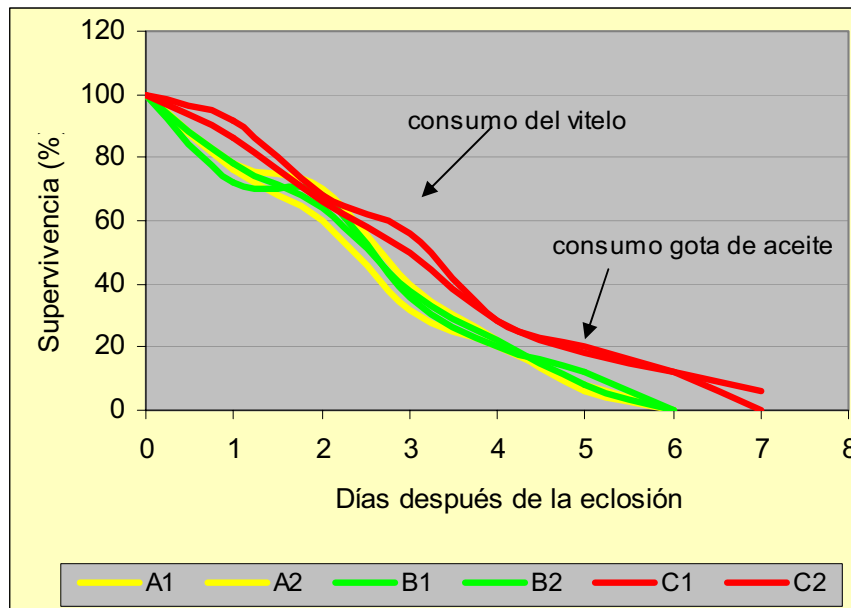


Figura 13.- Supervivencia de larvas de tres grupos de reproductores de *P. maculatofasciatus* alimentados con dietas diferentes y sometidas a inanición en una densidad de 10 larva.500ml⁻¹ (los líneas son valores promedio de diez réplicas).

4.5 Crecimiento y supervivencia larval.

Los resultados del crecimiento de las larvas de *P. maculatofasciatus*, cultivadas en tanques de polietileno negro de 1000 litros y provenientes de reproductores alimentados con tres dietas diferentes, se muestran en el Cuadro 11. Aunque el análisis de comparación múltiple de los coeficientes de regresión (Parker, 1979) indica que no hubo diferencias significativas en los tamaños alcanzados (Cuadro 12), se observa que las larvas provenientes del grupo de reproductores alimentados con el pienso semihúmedo alcanzaron tamaños más grandes, aunque también mostraron mayor dispersión de tallas (Cuadro 11). En la figura 14 se muestra el crecimiento larval ajustado a una regresión exponencial (con coeficiente de correlación r^2 de 0.960 a 0.984) mostrando que la mayor pendiente se dio en las larvas provenientes de los grupos de reproductores alimentados con el pienso semihúmedo (Dieta A).

Cuadro 11.- Crecimiento larval de *P. maculatofasciatus* provenientes de tres grupos de reproductores alimentados con tres dietas diferentes (los números son valores de longitud notocordal y longitud total (mm) \pm la desviación estándar).

Edad (días)	D I E T A E N R E P R O D U C T O R E S					
	A		B		C	
	L _{A1}	L _{A2}	L _{B1}	L _{B2}	L _{C1}	L _{C2}
0	1.9 \pm 0.25	2.0 \pm 0.28	1.9 \pm 0.28	1.9 \pm 0.31	1.6 \pm 0.30	1.9 \pm 0.15
1	2.8 \pm 0.03	2.8 \pm 0.11	2.6 \pm 0.33	2.9 \pm 0.40	2.5 \pm 0.25	2.7 \pm 0.18
5	3.9 \pm 0.39	4.3 \pm 0.83	2.8 \pm 0.5	3.3 \pm 0.62	3.6 \pm 0.44	4.0 \pm 1.05
10	4.6 \pm 2.68	5.3 \pm 1.34	3.9 \pm 0.68	4.6 \pm 1.03	4.5 \pm 2.16	5.1 \pm 1.10
15	7.0 \pm 3.03	8.0 \pm 3.89	6.3 \pm 1.84	8.1 \pm 2.04	5.5 \pm 1.63	7.1 \pm 1.63
20 ⁽¹⁾	9.1 \pm 5.53	11.7 \pm 4.12	7.0 \pm 2.8	9.8 \pm 1.91	6.8 \pm 3.80	9.6 \pm 2.31
25	11.0 \pm 5.87	14.9 \pm 4.09	8.5 \pm 3.04	11.5 \pm 3.12	8.5 \pm 2.98	11.5 \pm 5.13
30 ⁽²⁾	15.4 \pm 5.47	20.8 \pm 4.44	11.7 \pm 3.73	15.4 \pm 4.63	10.5 \pm 4.92	13.9 \pm 4.09
35 ⁽³⁾	25.7 \pm 7.98	33.7 \pm 8.01	14.7 \pm 4.26	18.9 \pm 4.03	14.8 \pm 5.89	20.7 \pm 5.73
40	27.5 \pm 7.63	35.2 \pm 8.34	20.6 \pm 7.40	27.0 \pm 8.97	24.8 \pm 6.51	31.3 \pm 8.15

(1)- Edad en que se inicia la alimentación con nauplios de Artemia

(2)- Edad a la que deja de suministrarse rotíferos, pero se proporcionan metanauplios de Artemia (1.ml⁻¹) e inicia la alimentación inerte (pescado macerado).

(3)- Edad a la que todos los peces se alimentan solo de pescado macerado y pienso semi húmedo.

Cuadro 12.- Resultados del Análisis de Comparación Múltiple de los Coeficientes de Regresión (Parker, 1979) del crecimiento larval de *P. maculatofasciatus* provenientes de reproductores alimentados con tres dietas diferentes (los números son valores de F obtenidos de la comparación de dos grupos).

Cultivo larval	LA1	LA2	LB1	LB2	LC1	LC2
LA1		0.214	5.79	2.796	2.562	3.252
LA2			3.759	1.533	1.392	1.858
LB1				0.248	1.233	0.167
LB2					0.0001	0.942
LC1						1.173
LC2						

El valor obtenido de **F** es significativo a una probabilidad dada si es mayor que el valor que aparece en tablas para $F_{0.05(1, 16)} = 4.49$.

En el Cuadro 13, se muestran los resultados de la supervivencia registrada en cada uno de los tanques de cultivo larval. Generalmente en el cultivo de larvas de peces marinos se presentan varias etapas críticas que generalmente se relacionan con el cambio de alimentación. En el caso de las larvas procedentes de reproductores de *P. maculatofasciatus*, alimentados con pienso semihúmedo (dieta A) lisa fresca descongelada (dieta B) y una mezcla de lisa y calamar fresco descongelado (dieta C) mostraron cinco etapas críticas de mortalidad, las primeras se observan en el momento de la eclosión y su supervivencia en los primeros tres días, cuando la larva ha agotado sus reservas vitelinas y gota de aceite (Fig. 14 y 15) e inicia su etapa de alimentación exógena. En esta etapa la mortalidad puede llegar a ser del 50%. Posteriormente, cuando la larva mide entre 5 y 9 mm de longitud total, entre los 8 y 12 dde cuando se manifiesta la vejiga gaseosa se presenta la tercer etapa crítica. De los 12 a los 20 dde se presenta la cuarta etapa crítica que coincide con indicios de canibalismo. Los indicadores en este caso, fueron la poca presencia de larvas muertas en el fondo, el aumento en la dispersión de tallas y la observación de tres ejemplares muertos por asfixia debido a la ingestión de larvas del mismo tamaño, estos últimos se presentaron en los tanques del cultivo de larvas provenientes de reproductores alimentados con el pienso semihúmedo (Dieta A). De acuerdo con el protocolo de cultivo, al día 20 se inició la alimentación con nauplios de *Artemia* para complementar la dieta de las larvas más grandes.

La quinta etapa crítica se presentó antes de los 30 dde cuando la dispersión de tamaños se hizo más evidente, debido a que unas pocas larvas sobresalieron en tamaño. De acuerdo al protocolo de cultivo (Cuadro 4) a los 30 dde se deja de proporcionar rotíferos, pero se suministran metanauplios de *Artemia* (0.5 ml^{-1}) y se inicia la alimentación inerte (pescado macerado y el alimento semihúmedo de la dieta A). A los 35 dde los organismos cultivados de *P. maculatofasciatus* han tomado la forma de peces juveniles, son más resistentes (muestran una supervivencia < 90 %) y aceptan como alimento solo la dieta inerte a base del pienso semihúmedo (Dieta A) y una dieta particulada.

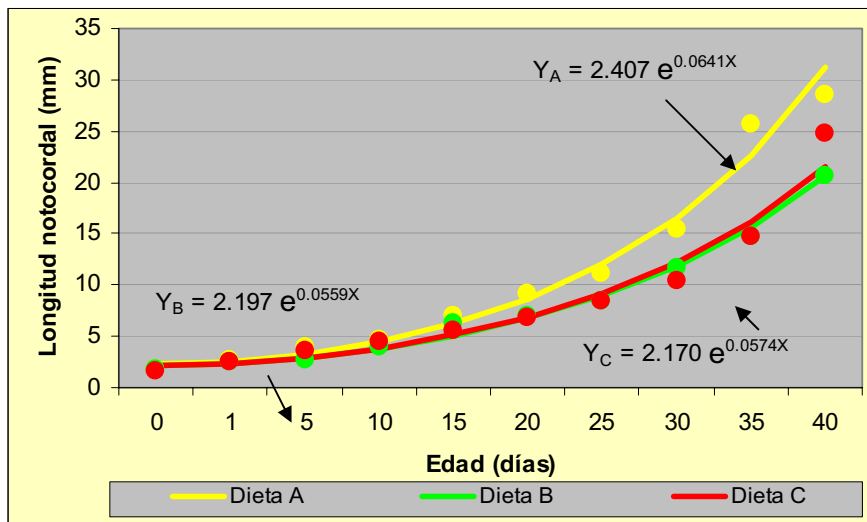


Figura 14.- Ajuste exponencial del crecimiento de larvas de *P. maculatofasciatus* provenientes de reproductores tratados con tres dietas diferentes y cultivados en tanques de 1000 litros.

La supervivencia larval observada del 4.2 al 2.8% en los seis grupos, fue indiferente del origen de la dieta de los reproductores, como lo muestra el ANDEVA entre réplicas y entre tratamientos. Aún así, la mejor supervivencia la presentó el grupo de larvas provenientes de los reproductores alimentados con la dieta semihúmeda que presentaron una supervivencia de 4.2% equivalentes a una producción de 2.1 larvas.L⁻¹ en los tanques de crianza.

Cuadro 13.- Porcentaje de supervivencia de larvas provenientes de tres grupos de reproductores de *P. maculatofasciatus* alimentados con tres dietas diferentes (los números son valores promedio ± desviación estándar de cultivos triplicados en tanques de 1000 litros).

Edad (días)	D I E T A S		
	A	B	C
0	100	100	100
1	84 ± 14.3	82.2 ± 11.2	84.4 ± 14.7
10	45 ± 10.3	41.7 ± 10.5	40 ± 17.5
20	21 ± 9.6	27.4 ± 15.6	14.2 ± 10.3
30	15 ± 6.3	10.1 ± 7.1	9.9 ± 7.9
40	4.2 ± 1.3	3.3 ± 1.5	2.8 ± 1.5

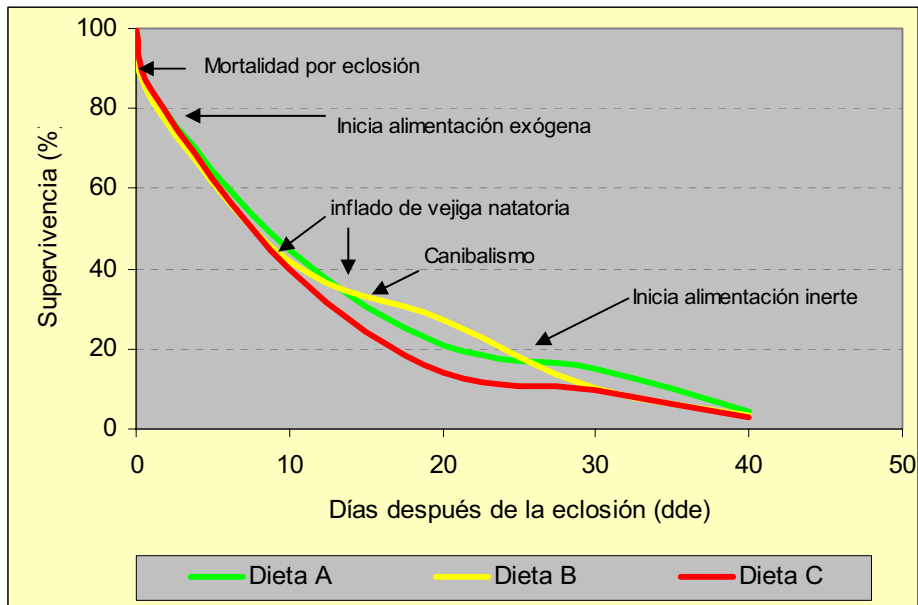


Figura 15.- Supervivencia de larvas provenientes de tres grupos de reproductores de *P. maculatofasciatus* alimentados con tres dietas diferentes (las líneas son valores promedio de cultivos triplicados en tanques de 1000 L).

5. DISCUSIÓN

Actualmente, aún se considera poco el conocimiento que se tiene sobre el control de la reproducción de muchos de los peces cultivados, o acerca de los requerimientos metabólicos y de cultivo de los reproductores, larvas y juveniles, o de los factores que pueden ser manejados para mejorar y mantener una continuidad en el suplemento de huevos y larvas para el cultivo de peces al tamaño comercial (Bromage; 1995, Civera *et al.*, 2002; Sweetman, 2004). Por este motivo se planteó este trabajo con el objetivo de contribuir al conocimiento de *P. maculatofasciatus* precisamente para mejorar la producción de huevos fertilizados, larvas y juveniles (conocidos colectivamente como semilla) lo cual constituye la principal dificultad para proveer y hacer más efectivo el desarrollo de la piscicultura marina de esta especie, considerando que aún ahora, muchas especies cultivadas comercialmente, dependen totalmente de la captura de reproductores silvestres o de semilla colectada de las poblaciones naturales.

El conocimiento del comportamiento de la especie, en condiciones naturales y en cautividad en jaulas flotantes, nos permitió conocer el comportamiento y la biología reproductiva de *P. maculatofasciatus*, con lo cual se pudo comprobar que las especies relativamente sedentarias se adaptan bien a la cautividad y toleran mejor la manipulación que las especies más dinámicas (Ikenoue y Kafuku, 1992).

En el planteamiento de este trabajo, se consideraron los siguientes conceptos:

- a).- La temperatura actúa directamente sobre el metabolismo, la eficiencia alimenticia y la tasa de conversión alimenticia, el fotoperiodo actúa acelerando, retardando o prolongando el proceso de maduración final (Zanuy y Carrillo, 1993).
- b).- En este proceso la vitelogénesis representa el principal acontecimiento funcional del crecimiento del ovocito y comprende la disposición de vitelogenina (lipoglicofosfoproteína) sintetizada en el hígado y liberada a la sangre en

respuesta a los estrógenos circulantes constituyendo el principal precursor de las proteínas del vitelo (Carrillo y Zanuy, 1993).

Considerando las premisas anteriores y basándonos en los estudios específicos sobre alimentación en reproductores que han demostrado que la calidad de la dieta proporcionada a los reproductores afecta profundamente el proceso reproductivo y la calidad del desove (Watanabe *et al.*, 1984), y tomando como referencia que regularmente, en las granjas de peces de Japón se ha observado que los reproductores de peces marinos (*Pagrus major*, *Seriola quinqueradiata* y *Paralichthys olivaceus*) aceptan activamente las dietas compuestas por pescado fresco, krill, misidaceos, camarones, cangrejos, etc., dando como resultados la pigmentación de los ovocitos en unas cuantas horas, lo que sugirió que el valor nutricional de la dieta de los reproductores afecta rápidamente el proceso reproductivo antes y durante el desove. Esto también indicó que los pigmentos y otras sustancias liposolubles en la dieta de los reproductores son fácilmente incorporadas a los ovocitos, por lo que posiblemente pueda mejorarse la calidad de éstos, si se incorpora vitaminas liposolubles y ácidos grasos esenciales en la dieta de los reproductores antes del desove (Watanabe *et al.*, 1984a, b).

Posteriormente, los estudios de Watanabe *et al.* (1985a, b) utilizando diferentes niveles de proteínas en la dieta, seis meses antes de la época del desove, encontraron que los niveles óptimos de proteína en la dieta de los reproductores, para mejorar la calidad de los huevos de *P. major* fue de casi el 45%. También encontraron que mejoró el porcentaje de huevos flotantes, incorporando a la dieta pigmentos como el β -caroteno y asthaxantina poco antes del desove, pero si se suministra Krill descongelado poco antes del desove se obtiene como resultado un mayor número de huevos producidos con un mejor porcentaje de huevos flotantes (98.4%) y un mayor porcentaje de eclosión (90-95%). Por otro lado, los grupos a los que se les sustituyó el aceite de hígado de jibia (cuttlefish) por aceite de maíz en la dieta mostraron un marcada reducción en

el porcentaje de huevos flotantes (30.6%). Estos resultados fueron comprobados también en *P. maculatofasciatus* por Civera *et al.* (2002). Por otro lado, en otros trabajos, Watanabe *et al.* (1984a, 1985b) sugieren que no solamente la cantidad de los huevos, sino también la calidad y la composición química es influenciada por la composición de la dieta proporcionada a los reproductores por un período corto antes del desove y durante el desove.

En resumen, las proteínas como principal constituyente de tejidos y órganos de animales y de otros componentes nitrogenados tales como ácidos nucleicos, enzimas, hormonas, vitaminas, etc., son esenciales para el funcionamiento normal de los tejidos, para el mantenimiento y renovación de las proteínas corporales para su crecimiento. En general, los peces marinos cultivados requieren de niveles altos de proteína en la dieta (con valores de 35 a 55%) cuyo valor es específico para cada especie, variando con la edad y tamaño del pez, con la temperatura del agua y salinidad, con la tasa de alimentación, y disponibilidad y calidad del alimento, sobre todo del contenido de energía digerible y calidad de la proteína de la dieta (Higuera, 1987; Watanabe, 1988 e Higuera y Cardenete, 1993). Por otro lado, aunque Higuera y Cardenete (1993) señalan que aún no está clara la influencia del nivel proteico de la dieta sobre la reproducción de los peces, Watanabe (1988) muestra que en *P. majors* el valor nutricional de la dieta afecta profundamente la reproducción y la calidad de los huevos. Mientras que en *P. maculatofasciatus* y específicamente en este trabajo, el porcentaje de proteína de la dieta de los reproductores con 54% de proteína presentó mayor cantidad de huevos viables y más grandes. Los niveles de proteína probados en este trabajo (54, 66 y 68%, dieta A, B y C respectivamente) fueron particularmente altos, comparados con los valores citados en las dietas de otros peces marinos cultivados.

5.1 Producción de huevos

En este trabajo, las dietas probadas se constituyeron con diferentes porcentajes de proteínas, lípidos y carbohidratos (Cuadro 1) en donde los mejores resultados de la dieta en los reproductores, se obtuvo en los grupo alimentados con la dieta semihúmeda.

Estos peces presentaron el mayor porcentaje de huevos viables (94-93%) huevos más grandes (0.88 mm) mejor crecimiento, alcanzando 28 a 25 mm de longitud total a los 40 dde y mayor supervivencia (4.2%).

Estos resultados no se esperaban, dado que esta dieta tuvo el menor contenido de proteína (53.9%) y lípidos (9.5%), pero contó con la mezcla de vitaminas, minerales y aceite de hígado de calamar que probablemente constituyeron los componentes que compensaron y mejoraron la dieta, lo cual viene a corroborar que más que la cantidad de las proteínas y lípidos, lo que interesa es la calidad de los mismos y su origen, en este caso, el calamar y el aceite de hígado de calamar. Los resultados de Zohar *et al.* (1995) con *Sparus aurata*, muestran también que los componentes de proteína y lípidos de calamar en la dieta de los reproductores, mejoró esencialmente la calidad de los huevos y larvas de esa especie.

Watanabe *et al.*, (1984a, 1984b, 1985a y 1985b) encontraron también que la harina de jibia es mucho mejor fuente de proteína que la harina de pescado blanco en la dieta de los reproductores de *P. major*. Actualmente la dieta tradicionalmente utilizada en las granjas japonesas se compone de pescado picado, camarón, mysidaceos y krill o un extracto de éste para la obtención de una buena calidad de huevos y larvas (Ohno, 1992).

Asimismo, Rainuzzo *et al.* (1997) hacen referencia a que la deficiencia en ácidos grasos n-3 en los reproductores afecta negativamente la fecundidad, tasa

de fertilización y eclosión en los peces marinos. Por lo anterior, concordamos con Civera *et al.* (2002) en que es necesario el estudio de los requerimientos nutricionales de *P. maculatofasciatus* en relación a los ácidos grasos que podrían mejorar la obtención de desoves de mayor calidad, así como optimizar la formulación alimenticia para los reproductores tratando de evitar la dependencia actual del alimento fresco, cuya calidad es muy variable.

En cuanto al contenido lipídico en la dieta de los peces carnívoros, se conoce que estos desarrollan un papel importante como fuente de energía y como fuente de ácidos grasos esenciales, además de servir como vectores de algunas vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y pigmentos, así como para el mantenimiento de la integridad funcional de membranas y estructuras celulares. Si bien, la adición de lípidos en la dieta mejora el crecimiento y ejerce un ahorro en las proteínas, por otro lado, la carencia extrema de grasas en la dieta de los peces, causa erosiones múltiples en la aleta caudal y en casos extremos puede llegar a una exteriorización de la columna vertebral y ocasionalmente puede causar la muerte. Por lo anterior, los piensos comerciales para piscicultura marina contienen lípidos de bajo peso molecular, ricos en n-3 y porcentajes de 6 a 16% (Zamora-Navarro y Pérez-Llamas, 1993; Watanabe, 1987, Watanabe, 1988) valores similares a los utilizados en la dieta de reproductores de *P. maculatofasciatus* con resultados que indican que no hubo diferencias significativas en la producción de huevos por desove por kg de hembra ni en la tasa de eclosión (90-83%) pero si en el porcentaje de huevos viables (93%).

Paralabrax maculatofasciatus es un reproductor asincrónico, con desoves parciales cada 24-48 hrs (Oda *et al.*, 1993, Martínez-Díaz *et al.*, 1994, Avilés-Quevedo *et al.*, 1995, Luch-Cota, 1995) que muestran que la especie tiene una fecundidad parcial de 10,300 ovocitos por desove con una variación del 30%, y las estimaciones de Oda *et al.* (1990, 1993) con datos de 45,000 ovocitos por desove. Estos autores encontraron también, que la fecundidad parcial varía en función del crecimiento, con una tendencia a mayor fecundidad parcial conforme se

incrementa el peso corporal. Los resultados de este estudio, aunque no mostraron una diferencia significativa, presentaron una tendencia a incrementar la producción parcial relativa de 33 992 a 442 228 huevos por desove por kilogramo de hembra (Cuadro 5) en relación al incremento de la temperatura de 20° a 23°C. Estos valores resultaron equivalentes a las estimaciones de Lluch-Cota (1995) quien obtuvo valores de 160 ovocitos por desove por gramo de peso corporal sin gónada con una variación del 26%. Lo cual indica que la fecundidad relativa parcial obtenida en este trabajo, con las dietas utilizadas, fueron buenas en la obtención de huevos, considerando que nuestros resultados se dan en términos de huevos (ovocitos fecundados) y no de ovocitos que posiblemente podrán ser fecundados.

5.2 Diámetro de huevos y glóbulos de aceite

Las especies de peces marinos que más se han trabajado en cuanto a la producción continua de semilla son: *Paralichthys olivaceus* y *Pagrus major* en Japón, y *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata* y *Scophthalmus maximus*, en Europa. De estas especies *P. major* como desovador parcial produce huevos con un diámetro que varía de 0.893-0.920 mm en la primera semana de desove y de 0.837-0.885 mm en las semanas posteriores (Watanabe *et al.*, 1985b). Resultados similares se observaron con *P. maculatofasciatus* quienes iniciaron el desove con huevos de 0.910-0.899 mm de diámetro el primer mes y al quinto mes se redujo a 0.875-856 mm de diámetro. Mientras que en el trabajo de Oda *et al.* (1993) con *P. maculatofasciatus*, *P. nebulifer* y *P. clathratus* reportan tamaños de 0.720 a 0.840 mm para los ovocitos hidratados de estas especies.

La gota de aceite normalmente compuesto de triacilglicéridos: ésteres de glicerol y tres ácidos grasos). Los aminoácidos libres también pueden ser utilizados como fuentes de energía por el embrión y por la larva; aunque después de la eclosión, las especies que tienen una buena reserva de aceite en el huevo, la pueden utilizar como la principal fuente de energía más que la de los aminoácidos libres (Tucker, 1998). Generalmente la calidad de la larva de peces

es determinada por la condición del glóbulo de aceite, la tasa de fertilización, tasa de eclosión y la morfología de la larva.

Dentro de la familia Serranidae se observan datos interesantes como una generalidad en desoves parciales con períodos máximos de 12 meses en *Serranus subligarius* y períodos cortos de desove de dos meses como el de *Epinephelus diacanthus* (Doi *et al.*, 1991 y Tucker, 1998). El tamaños de los huevos es muy variable y normalmente es una característica de la especie, así tenemos huevos que miden desde 1.00 mm (en *Epinephelus amblycephalus*) hasta 0.610 mm (en *Diplectrum formosum*), y fecundidades que van desde 116 a 411 huevos/g por desove. Sobresaliendo *E.morio* con 1.4 millones de huevos y *E. akaara* con 5000 huevos por año. *Paralabrax maculatofasciatus* se caracterizó por un valor promedio de 261 a 285 huevos por desove.g⁻¹ de peso total (Cuadro 15). Estos valores son similares a los reportados por Kennedy y Fitzmaurice (1972) citado por Carrillo *et al.* (1995) para *Dicentrarchus labrax* con fecundidades de 293 a 358 huevos.g⁻¹ de peso total

Cuadro 14.- Tamaño de huevos, fecundidad (en número de huevos por gramo de hembra por desove) y período de desove de algunas especies de la familia Serranidae.

Nombre científico:	Diámetro huevo (micras)	Huevos desovados.g ⁻¹ de hembra	Período de desove	Referencias:
<i>Epinephelus amblycephalus</i>	1000			Tseng y Poon,1983
<i>Paranthias furcifer</i>	947			Tucker, 1998
<i>E. fulvus</i>	944		Ene – Dic	Tucker, 1998
<i>E. guttatus</i>	944		Dic – Mar y May – Jul	Tucker, 1998
<i>E. striatus</i>	920	157	Nov – Sep	Tucker, 1998
<i>Mycteroperca microlepis</i>	920		Nov – May	Roberts y Schlieder, 1983
<i>Centropristis striata</i>	910			Tucker, 1998
<i>E. taurina</i>	750 – 900 (160-200)			Kafuku <i>et al.</i> , 1987
<i>E. morio</i>		~1 469 200*	Ene – May	Moe, 1969
<i>Cromileptes altivelis</i>	890		Oct – Mar	Chao, p.c., 1993
<i>Plectropomus leopardos</i>	875		Sep – Nov	Chen <i>et al.</i> , 1991a
<i>E. malabaricus</i>	852		Sep – Nov	Maneewong <i>et al.</i> ,

<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	910 - 856	261 - 285	Ene - May	1986 Avilés-Quevedo en este trabajo.
<i>Paralabrax nebulifer</i>	850			Gadomski y Caddell, 1996
<i>Paralabrax clathratus</i>	720-840	116	Abr - Oct	Oda <i>et al.</i> , 1993
<i>E. fuscoguttatus</i>	840	264		Kohno <i>et al.</i> , 1990
<i>E. polyphekadion</i>	830		Ene - Dic	Tawada, 1989 ^a
<i>E. chlorostigma</i>			May - Jul	Ghorab <i>et al.</i> , 1986
<i>E. akaara</i>	825	5 000**	Abr - Sep	Ukawa <i>et al.</i> , 1966, Doi <i>et al.</i> , 1991
<i>E. septemfasciatus</i>	820			Kitajima <i>et al.</i> , 1991
<i>Sacura margaritacea</i>	790			Chang <i>et al.</i> , 1994c
<i>P. areolatus</i>	754	272		Tucker y FitzGerlad, 1994
<i>Hypoplectrus spp</i>	~750			Domeier, 1998
<i>Serranus subligarius</i>	662	411***	Ene - Dic	Tucker, 1998
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	660			Suzuki <i>et al.</i> , 1978
<i>Diplectrum formosum</i>	610			Manrique, 1987

* fecundidad de una hembra de 615 mm Ls; ** desoves por año; *** hembra de 60 mm.

Por otro lado, se observa que dentro de este grupo, la información revisada coincide en un tamaño promedio para los pequeños huevos pelágicos, con diámetros de 0.6 a 1.0 mm; aunque el tamaño del huevo, como el tiempo de eclosión están directamente relacionados con la temperatura. Por otro lado, en las especies como *P. maculatofasciatus* que tienen largos períodos de desove, el diámetro de sus huevos es más grande cuando la temperatura del agua es más baja. En el cuadro 4, se muestran los tamaños de los huevos de 910 a 899 micras en los meses de enero, febrero y marzo con temperaturas de 20-22°C y tamaños de 875 a 856 micras en los meses de abril y mayo con temperaturas de 23 a 24°C.

5.3 Tasa de eclosión e índice de mortalidad por inanición.

En la eclosión del huevo interviene especialmente el contenido de la hormona tiroidea, la temperatura, salinidad, el pH interno y la producción de la enzima de la eclosión. Al respecto en el cuadro 16, se muestra información relativa a los tiempos de incubación para especies de la familia *Serranidae* notándose que los valores extremos de la temperatura para incubación son de 21 a 29°C y los

tiempos varían de 13 a 28 h, a excepción de *Centropristis striata* que tiene una incubación de 48 h a 20°C. *Paralbrax maculatofasciatus* cae dentro de un rango intermedio con un periodo óptimo de 13 a 25 h a 20-24°C. Asimismo parece ser un factor común en las especies de la familia serranidae, el hecho de que las larvas recién eclosionadas midan entre 1.6 a 1.9 mm, sobresaliendo *E. malabaricus*, *Centropristis striata* y *Mycteroperca microlepis* con larvas de 2.0 a 2.3 mm (Cuadro 15).

Cuadro 15.- Tiempo de incubación (horas después de la fecundación) y longitud de la larva al eclosionar de algunas especies de la familia *Serranidae*.

Nombre científico:	Tiempo de incubación (h de)	Temperatura de incubación normal (°C)	Longitud de la larva al eclosionar (mm)	Referencias:
<i>Epinephelus amblycephalus</i> x <i>E. akaara</i>	20	28	1.7	Tseng y Poon, 1983
<i>E. fulvus</i>	27	26	1.7	Tucker, 1998
<i>E. guttatus</i>	27	26	1.6	Tucker, 1998
<i>E. striatus</i>	26	26	1.9	Tucker, 1998
<i>Mycteroperca microlepis</i>	22.5	21	2.0	Roberts y Schlieder, 1983
<i>Centropristis striata</i>	48	20	2.1	Tucker, 1998
<i>E. taurina</i>	24	27	1.7	Kafuku <i>et al.</i> , 1987
<i>Plectropomus leopardos</i>	26.6	26	1.6	Chen <i>et al.</i> , 1991a
<i>E. malabaricus</i>	19	29	2.3	Maneewong <i>et al.</i> , 1986
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	20	22	1.8	Avilés-Quevedo <i>et al.</i> , 1995
<i>P. maculatofasciatus</i>	13 a 25	20-24	1.9 -1.6	Avilés-Quevedo en este trabajo.
<i>Paralabrax nebulifer</i>	28.3	24		Gadomski y Caddell, 1996
<i>E. fuscoguttatus</i>	18.5	28	1.3	Kohno <i>et al.</i> , 1990
<i>E. polyphkadion</i>	21.1		1.7	Tawada, 1989 ^a
<i>E. chlorostigma</i>	24	24	1.6	Ghorab <i>et al.</i> , 1986
<i>E. akaara</i>	24	24	1.6	Ukawa <i>et al.</i> , 1966, Doi <i>et al.</i> , 1991
<i>E. coioides</i>	22.6	27	1.7	Kawahara <i>et al.</i> , 1997
<i>E. septemfasciatus</i>	33.6	22	1.8	Kitajima <i>et al.</i> , 1991
<i>Sacura margaritacea</i>	15.4	26	1.5	Chang <i>et al.</i> , 1994c
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	15.8	25	1.2	Suzuki <i>et al.</i> , 1978
<i>Diplectrum formosum</i>	21.1	26	1.1	Manrique, 1987

5.4 Índice de mortalidad por inanición (SAI)

Recientemente se han introducido también el análisis bioquímico y un método útil y práctico para medir el índice de mortalidad por inanición (SAI, Starvation activity index) así, si la larva es saludable, el valor del SAI es alto. En Japón, los valores aceptables del SAI para el cultivo útil de larvas de *Pagrus major*, *Paralichthys olivaceus* y *Seriola quinqueradiata* principales especies de peces marinos cultivados en Japón varía de 15 a 40 (Cuadro 16); mientras que las larvas de *P. maculatofasciatus* procedentes de reproductores alimentados con diferentes dietas obtuvieron valores de 23.6 a 26.4 indicando que estas fueron sanas (Cuadro 10) y que son factibles de cultivarse. Estos valores son similares a los reportados para *P. majors* y *Paralichthys olivaceus* aunque los valores más altos son los observados en *S. quinqueradiata*

Cuadro 16.- Valores aceptables del Índice de mortalidad por inanición (SAI Starvation Activity Index) que muestran el estado de salud de larvas de peces marinos cultivados comercialmente en Japón, comparados con los valores obtenidos en *P. maculatofasciatus*.

Especie	Valores útiles del SAI para el cultivo
<i>Pagrus major</i>	20 - 30*
<i>Paralichthys olivaceus</i>	20 - 40*
<i>Seriola lalandi</i>	15 - 25*
<i>P. maculatofasciatus</i> (A)	24 - 25
<i>P. maculatofasciatus</i> (B)	24 - 25
<i>P. maculatofasciatus</i> (C)	23 - 26

* Fuente: Imaizumi (1993)

Como resultado de los recientes progresos en la mejora de las técnicas de cultivo de los peces marinos, particularmente en lo que se refiere a la producción de huevos, larvas y juveniles, se ha desarrollado la acuicultura integral. Sin embargo, de las más de 300 especies de peces teleósteos que son cultivados, sólo en 60 especies se esta produciendo semilla mediante el control del desove, ya sea con manejo ambiental y/o con tratamientos hormonales (Watanabe, 1988, Nakada, 2000).

5.5 Crecimiento y supervivencia larval

En este trabajo se utilizó la técnica de cultivo en “agua verde” la cual no solo se limitó al puro aspecto nutricional de los rotíferos enriquecidos, sino que también tuvo otras aplicaciones prácticas como las que describe Sweetman (2004):

a).- Las microalgas actúan como agentes antibacteriales (Austin y Day, 1990; Cooper *et al.*, 1983). Además, los polisacáridos de la pared celular de las algas parecen estimular respuestas inmunológicas no específicas en las jóvenes larvas.

b).- Las microalgas han sido reportadas como un filtro biológico, consumiendo los metabolitos nitrogenados del agua. Así como productor de oxígeno a través de la fotosíntesis.

c).- Las microalgas también actúan como un filtro de luz, dando una condición de turbidez al agua que facilita la distribución del alimento vivo y de las larvas dentro del tanque.

d).- Las microalgas también actúan como fondo y promotores para la localización de las presas vivas, jugando un específico e importante papel en el punto crítico de la primera alimentación.

e).- Por otro lado, se ha demostrado que también estimulan la síntesis enzimática en la larva al iniciar la alimentación.

En la revisión bibliográfica, realizada por Tucker (1998), se encontró que en el desarrollo de las larvas de las principales especies cultivadas de la familia *Serranidae* es común observar que entre los 2 y los 3 dde inician su alimentación exógena, con alimento vivo. Este momento coincide también con el momento del consumo total del vitelo. Asimismo se observa que el tiempo promedio para el cambio de alimento vivo a inerte se da entre los 35 y 40 dde. Tomando estas referencias en el protocolo seguido para el cultivo larval de *P. maculatofasciatus* se coincidió con el de sus congéneres.

Durante el cultivo de las larvas de *P. maculatofasciatus* su puso especial cuidado al desarrollo del tubo digestivo, el cual sigue un patrón básico, propuesto inicialmente por Tanaka 1973. Después de la eclosión, el tubo digestivo de la larva, consiste de un tubo simple, cerrado al exterior, igual que la boca. Este se encuentra adherido a la pared anteroventral de la columna, encima del saco vitelino. En este momento, la larva se observa flotando boca arriba en la capa superficial del agua. En el día 2 después de la eclosión, se observa que la larva ha abierto la boca, pero no el ano y aún continúa flotando en la capa superficial debido al glóbulo de aceite y a que no ha desarrollado la vejiga natatoria, pero ya se observan movimientos verticales con ayuda de las aletas pectorales. Para el día 3 después de la eclosión se observan varios cambios en la pequeña larva: se han pigmentando los ojos, y el ano se ha abierto. En este momento aún no se ha consumido totalmente el vitelo, ni la gota de aceite. El 5 dde, se distingue en el tubo digestivo la cavidad bucofaringea, el esófago, intestino anterior e intestino posterior y recto. A los 6 dde se inicia la torción del tubo digestivo. Según Civera *et al.* (2002) es a partir del 16 dde que aparecen las glándulas gástricas en el estómago y el primer ciego pilórico, cuya presencia finaliza el periodo larval e inicia el periodo juvenil.

En el análisis histoquímico de las larvas de *P. maculatofasciatus* Alvarez-González, *et al.* (2001) demostró que las larvas absorben y almacenan carbohidratos complejos a través del intestino anterior y posterior desde el inicio de la alimentación exógena, dada la detección de amilasa durante los primeros días de desarrollo. Por otro lado, Civera *et al.* (2002) encontraron que las proteínas son absorbidas por el intestino posterior desde el segundo día de iniciado el proceso de alimentación exógena, mientras que los lípidos son absorbidos por el intestino anterior. Los estudios de estos autores, han permitido identificar los caracteres morfológicos implicados en el proceso digestivo, con lo cual se podrá deducir el momento adecuado para iniciar el cambio de alimento vivo a alimento inerte, concluyendo que la larva de *P. maculatofasciatus* tiene la

estructura enzimática completa a partir del día 12 después de la eclosión, aunque su máximo es entre los 18 y 25 dde, para iniciar con éxito el cambio temprano de alimento vivo a alimento inerte. Lo cual se verá reflejado en una reducción de costos al minimizar la producción de alimento vivo (Person Le Ruyet *et al.* 1993).

En el cultivo larval, el protocolo de alimentación implicó el suministro continuo de alimento vivo (rotíferos y artemia) los rotíferos fueron proporcionados como dieta inicial por lo menos durante 30 dde y cuando la boca de la larva midió más de 0.5 mm de abertura, la dieta se complementó con nauplios de Artemia. Posteriormente, cuando las larvas más grandes alcanzaron un alto de boca de 0.75 mm se alimentaron con metanauplios de Artemia, de tal forma que cuando la larva alcanzó un tamaño más grande ya se encontraban preparadas para una alimento más complejo como pescado, moluscos, y crustáceos macerados o una dieta artificial que tenga una partícula de 200-300 μ (equivalentes al 60-70% del alto de la boca según Iizawa, 1983) y sea estable en el agua por un tiempo considerable hasta que sea consumida por la larva.

Este proceso de cambio de alimentación larval, de alimento vivo a alimento inerte puede iniciarse desde los 10-50 dde (Cuadro 18) y finalizar cuando el pez se ha convertido en un juvenil. Dependiendo de la adaptabilidad de la especie, el cambio de alimentación puede darse rápidamente o en unos pocos días (un período de 5 días puede ser aceptable). Aunque cuesta más esfuerzo, siempre es mejor que el cambio de alimentación sea gradual para ayudar a que los peces aprendan a comer el alimento inerte e incrementen la supervivencia.

En este caso los resultados de Angua-Vélez *et al.* (2000) y Civera *et al.* (2002) han logrado disminuir a 22 dde, el tiempo de cambio de alimento vivo a alimento inerte en *P. maculatofasciatus* (Cuadro 17) con supervivencias de de 4.6 a 4.24% utilizando dietas microparticuladas a base de hidrolizado de pescado y harina de calamar. Estos niveles de supervivencia son comparables a los obtenidos en este trabajo, en donde se alcanzó una supervivencia de 4.2% con las

larvas obtenidas con reproductores alimentados con la dieta semihúmeda y el protocolo de alimentación del cuadro 4 con un cambio de alimentación a partir del 30 dde. Con lo cual, los resultados de los autores antes mencionados, marcan un notable avance en el desarrollo para la determinación de la tecnología de la producción de semilla de esta especie.

Cuadro 17.- Edad en días después de la eclosión, observado para el cambio de alimento vivo a alimento inerte en peces marinos cultivados comercialmente, comparados con la edad observada en *P. maculatofasciatus* cultivada experimentalmente.

Especie	Días después de la eclosión (dde)	Referencia
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	30	Avilés Quevedo <i>et al.</i> , 1995
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	25 – 30	Anguas-Vélez <i>et al.</i> (2000)
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	22	Civera <i>et al.</i> (2002)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	25 - 30	Person-Le Ruyet <i>et al.</i> , 1991
	20	Person-Le Ruyet <i>et al.</i> , 1993b
	40	Chatain, 1991
<i>Sparus aurata</i>	30 - 35	Zohar <i>et al.</i> , 1995
<i>Coriyyhaena hippurus</i>	25 - 30	Kim <i>et al.</i> , 1993
<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	40 - 50	Doi y Singhagraiwan, 1993
<i>Cynoscion nebulosus</i>	33 - 36	Tucker, 1998
<i>Scophthalmus maximus</i>	14 - 19	Bromley, 1978
	23 - 29	Bromley y Howell, 1983
	36 - 43	Kuhlmann <i>et al.</i> , 1981
<i>Pagrus major</i>	10	Kanazawa <i>et al.</i> , 1989
	30	Kanazawa, 1988
<i>Solea solea</i>	10 - 15	Bromley, 1977; Gatesoupe, 1983

Fuente: Tucker, 1998)

Asociado al tiempo de cambio de alimentación que mencionan Anguas-Vélez *et al.* (2000) y Civera *et al.* (2002), la fase exponencial del crecimiento se presenta a partir de los 14 días después del cambio de dieta, alcanzando tallas de 22.5 mm de Ls o notocordal a los 40 dde. Mientras que los resultados de este trabajo, con el protocolo presentado, se muestra que

alcanzaron tamaños de 27.5 a 35.2 a los 40 dde con las larvas provenientes de reproductores alimentados con la dieta semihúmeda (A).

6. CONCLUSIONES

1.- En este trabajo, se pudo comprobar que *P. maculatofasciatus*, especie relativamente sedentaria, se adaptó rápido a la cautividad tolerando bien el manejo y condición de cautividad en el laboratorio, manteniendo su estadio de madurez y continuando con el desove dentro de su desarrollo normal en el mismo periodo que la población salvaje.

2.- Aunque esta especie tiene una reproducción asincrónica y es un desovador parcial, se observó una tendencia a incrementar el número de huevos por desove de acuerdo al incremento de la temperatura del agua, alcanzando un óptimo entre los 22 y 23°C. A temperaturas mayores a 24°C la cantidad de huevos empezó a disminuir.

3.- De las tres dietas probadas en los reproductores de *P. maculatofasciatus*, el grupo alimentado con la dieta con mayor contenido de proteína (67.5%) mezcla de lisa y calamar (Dieta C), produjeron la mayor cantidad de huevos, con un promedio de 261-284,000 huevos por desove/kg de hembra, durante los cinco meses de observaciones. Sin embargo, dieron el menor porcentaje de huevos viables (74-76%).

4.- Los peces tratados con la dieta semihúmeda (Dieta A) con una composición menor en proteína (53.9%) y en lípidos (9.5%) produjeron el mayor porcentaje de huevos viables con el tamaño más grande (880-887 μ).

5.- Los huevos con glóbulo de aceite mas grande (168-173 μ) fueron producidos por los reproductores alimentados con la dieta de lisa y calamar cuya composición fue alta en proteína (67.5%) y lípidos (16.2%).

6.- El porcentaje de eclosión de los huevos de *P. maculatofasciatus* varió de 83 a 90% independientemente de la dieta que recibieron los reproductores. Este porcentaje fue mayor entre los 22 y 23°C, coincidiendo con las condiciones óptimas de temperatura para el desove.

7.- El período de incubación disminuyó exponencialmente con el incremento de la temperatura, encontrándose que a temperaturas menores de 18°C y mayores de 32°C, no hay eclosión. El tiempo máximo de incubación fue de 25h a 18°C y el mínimo fue de 13h a 30°C. El máximo de eclosión se obtuvo entre los 22 y 23°C.

8.- La salinidad también afectó la tasa de eclosión, observándose en un rango de 35 a 60 ups. Mientras que a salinidades menores de 30ups y mayores de 65ups no hubo eclosión.

9.- El índice de mortalidad por inanición, como indicador de la calidad del huevo fue similar al observado en los estándares de otras especies. En este trabajo no hubo diferencia entre los huevos producidos por reproductores tratados con diferentes dietas y sus larvas murieron por inanición al 6to – 7mo dde.

10.- El crecimiento larval de *P. maculatofasciatus* hasta juvenil mayor de 2 cm, no reflejó ninguna diferencia en relación a las distintas dietas proporcionadas a sus progenitores. Sin embargo, el grupo alimentado con la dieta semihúmeda con la menor composición de proteína (53.9%) y lípidos (9.5%) que produjeron el mayor porcentaje de huevos viables con el mayor tamaño (880-887 μ) produjeron mejor crecimiento larval, alcanzando 2.8 a 3.5 cm de longitud total a los 40 dde con una supervivencia del 4.2% equivalentes a una producción de 2100 juveniles.m⁻³.

Por lo anterior, podemos concluir que asociando una buena dieta en los reproductores y un programa apropiado de alimentación para el cultivo de crías de

P. maculatofasciatus con tiempos de 25-30 dde para el cambio de alimentación se puede determinar una tecnología conveniente para la producción de semilla de esta especie, para apoyar el desarrollo de la actividad piscícola y la diversificación de las especies que actualmente se trabajan en el sector piscícola global.

CAPITULO 4

CULTIVO EN JAULAS FLOTANTES DE JUVENILES DE *Paralabrax maculatofasciatus* (PISCES: SERRANIDAE) PRODUCIDOS EN EL LABORATORIO.

INTRODUCCION

El cultivo en jaulas flotantes es uno de los sistemas más productivos en acuicultura y el más utilizado para el cultivo intensivo de peces marinos. Este arte de cultivo ha sido ampliamente desarrollado en los países con mayor experiencia en piscicultura marina como Noruega con una producción acuícola de 360 536 tm de salmón en 1998. Ese mismo año China registró 1 077 041 tm de peces marinos cultivados; Japón registró 229 365 tm de *Seriola quinqueradiata*, y *Pagrus major* y España sumó 7 838 tm de *Psetta maxima*, *Dicentrarchus labrax* y *Sparus aurata* (FAO, 1999).

De acuerdo con las últimas estadísticas consultadas, la producción acuícola de peces de la Familia Serranidae, se ha incrementado de 1 479 Tm en 1989, a 5 236 Tm en 1998 (FAO, 2000) e incluye a solo seis especies: *Epinephelus akaara*, *E. tauvina*, *Plectropomus leopardus*, *E. areolatus*, *P. maculatus* y *Lateolabrax japonicus*; aunque en el grupo *Epinephelus* con una producción de 4,404 Tm y los *Serranidae* con 55 Tm (FAO, 2000) incluyen la producción acuícola de las especies: *E. aeneus*, *E. coioides*, *E. malabaricus*, *E. lanceolatus*, *E. fuscoguttatus* y *Cromileptes altivelis*. El desarrollo de estos cultivos se circunscribe a seis países asiáticos, aunque a la fecha, Australia, España, Francia e Israel han tenido notables avances en la investigación aplicada a la reproducción y crianza larval de *Epinephelus marginatus*, *E. aeneus*, *E. costae* y *E. caninus* (Glamuzina *et al.*, 2000a y b).

La jaula flotante es el sistema tradicionalmente más utilizado para el cultivo de los peces de esta familia. Esta sistema fue introducido a Malasia en 1973, para el cultivo experimental de *E. salmoides* (actualmente *E. coioides*) y en los últimos años este método ha probado ser factible técnica y

económicamente (Teng y Chua, 1978). Por lo cual, éste es el sistema productivo más utilizados para el cultivo intensivo de estos peces marinos. Aunque la tecnología de cultivo es relativamente simple y similar a la usada en otras partes del mundo, es necesario tener un completo conocimiento del sitio de cultivo y de la biología de la especie, tanto para establecer unas buenas prácticas en el manejo, como para obtener una óptima producción.

En este tipo de cultivo, es indispensable contar con la información adecuada del sitio seleccionado para el cultivo, como de la biología y comportamiento de la especie en cautividad en relación al crecimiento y producción de biomasa, para tener un buen control y manejo del sistema. Considerando que, la producción depende de numerosos factores bióticos y abióticos como el fotoperiodo, la intensidad luminosa, temperatura, contenido de oxígeno disuelto en el agua, densidad de cultivo, cantidad y calidad del alimento, uniformidad de tallas y comportamiento de la especie entre otros muchos factores.

En este trabajo se describen los resultados del experimento del crecimiento de los juveniles de *Paralabrax maculatofasciatus* producidos en La Planta de Producción Experimental de Larvas de Peces Marinos del CRIP-La Paz y engordados en jaulas flotantes bajo cuatro densidades de siembra. El objetivo es determinar la factibilidad técnica para el cultivo de esta especie, en base a su tasa de crecimiento, supervivencia, tasa de conversión alimenticia y producción de biomasa.

ANTECEDENTES

El cultivo de peces marinos en jaulas flotantes, se inició en 1954 con el cultivo de *Seriola quinqueradiata* en Japón (Harada, 1970). En las últimas décadas, este método de cultivo ha sido mejorado y ampliamente utilizado en el cultivo de salmón en Noruega y Chile con producciones de 360 y 248 mil toneladas métricas respectivamente (FAO, 2000).

España en 15 años ha pasado de una prácticamente nula producción a

producir alrededor de 20 000 Tm de las tres principales especies que se cultivan: dorada, \pm 12 000 Tm; lubina \pm 3500 Tm y rodaballo \pm 4 500tm en el 2004 (JACUMAR, 2005). En México, el cultivo experimental de peces marinos en jaulas flotantes se inicia en 1991 con la engorda de *P.maculatofasciatus* (Pisces:Serranidae) en Baja California Sur. El cultivo de peces de esta familia (Serranidae) agrupa a un poco más de ocho especies, mismas que se cultivan principalmente en China (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Estadísticas de la producción acuícola de peces de la familia Serranidea (Fuente FAO, 2000).

Especie	País	Producción (Toneladas métricas)	
		(1995 a	1998)
<i>Epinephelus akaara</i> Mero de pintas rojas, Mérrou rouge tacheté, Grouper	China, Hong Kong	30	-
<i>E. tauvina</i> Mero lutria, Merou loutre, Greasy grouper	China, Hong Kong Malasia	88 834	562 799
<i>E. areolatus</i> Mero areolado, Mérrou aréolé, Areolate grouper	China, Hong Kong	502	474
<i>Epinephelus spp</i> Meros, Mérrous, Groupers.	China, Taiwan Singapur Tailandia	2 104 101 674	2 525 82 805
<i>Plectropomus maculatus</i> Mero con pintas, Vieilli Saint-Silac, Spotted coral grouper.	Singapur	32 (en 1990)	45 (en 1991)
<i>Lateolabrax japonicus</i> Serránido japonés, Bar du Japon, Japanese seabass	Rep. de Korea	266 (en 1996)	0
Serranidae Meros, chernas, Serranidés, Groupers, Seabasses	Filipinas	715	654

La densidad óptima para el cultivo de peces marinos en jaulas flotantes varía de acuerdo con la especie, sitio de cultivo, tamaño de los peces, y tamaño y forma de la jaula. Por ejemplo en el cultivo de especies pelágicas como *S. quinquerediata* la densidad óptima es de 80 a 200 peces.m⁻³ (~ 1.6 kg.m⁻³) cuando tienen un tamaño de 5-10cm (Cardona Pascual, 1993). En el cultivo de *Takifugu rubripes*, la mejor densidad de cultivo en jaulas flotantes es de 0.08-0.5 kg.m⁻³, cuando los peces miden 2.5 cm de longitud (Teng y Chua, 1978). Mientras que en el cultivo de *Pagrus major*, dependiendo de la temperatura, se recomiendan densidades bajas en el primer invierno (4 kg.m⁻³) cuando los peces miden 30-40cm, posteriormente la densidad llega a incrementarse hasta 15-20 kg.m⁻³ en la cosecha. *Dicentrarchus labrax* se

cultiva en jaulas flotantes en densidades iniciales de 0.879 kg.m^{-3} (~ 88 peces. m^{-3}), con peces de 10 g, en jaulas circulares de 10m de diámetro x 10 m de profundidad (Galindo Ortego, 1995). Mientras que la preengorda de *Sparus aurata* se realiza en jaulas de 5 x 5 x 5 m en densidades de 2.8 kg.m^{-3} (283 peces.m^{-3}) para peces de 10 g (Viera Toledo, 1994).

Los peces de la familia Serranidae son carnívoros, activos, crípticos y territoriales que depredan de día sobre crustáceos, calamares, pulpos y peces pequeños. Estos peces demersales, habitan fondos rocosos y arrecifales, aunque también se encuentran en los fondos arenosos próximos a los arrecifes (Lluch-Cota, 1995). En condiciones de cultivo, estos peces permanecen agrupados en el fondo de la jaula, cualidad que marca un alto potencial acuícola debido al poco gasto energético que presentan en cuanto al comportamiento poco activo y tolerancia al hacinamiento. Por lo cual es común encontrar referencias que citan densidades de cultivo en número de peces o gramos por unidad de área, con niveles de producción máximos de 40 kg.m^{-2} y valores mínimos de 1.4 kg.m^{-2} (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Tasa de crecimiento y producción de peces serranidos cultivados.

Especie	Localidad y tamaño de jaula	Densidad de cultivo	Tasa de crecimiento g.mes^{-1}	Producción [peso final (g)] meses de cultivo
<i>Epinephelus tauvina</i> (Greasy grouper)	Malasia, China, Singapur	18 a 25 peces. m^{-2}	50 a 100	18 a 40 kg.m^{-2}
	y Kuwait	45 peces. m^{-2}	101.4	[600-800 g] 6-8 meses
<i>E. salmoides</i> (Estuary grouper)	5 x 5 x 3 y 2 x 4 x 2 m	5 peces. m^{-3}	76-101	[609 g] 5 meses
	Malasia	60 peces. m^{-3}	76 a 86	26 a 29 kg.m^{-3}
<i>E. malabaricus</i> (Malabar grouper)	1.5 x 1.5 x 1.65 m			
	Tailandia, Taiwan y Filipinas	100 peces. m^{-3}	67	[587g] 8 meses
<i>E. itajara</i> (Jewfish)	En jaulas	-----	73	1.4 kg.m^{-2}
	Estanques de 0.1 ha			[1,250 g]
<i>E. itajara</i> (Jewfish)	Jaulas		334	[1788 g] 3 meses
	Tanques circulares		438-563	[12000-13000g] 16 meses

Fuente: Kafuku e Ikenoué, 1987; Chua y Teng, 1980; Teng y Chua, 1978; Tucker, 1998

MATERIAL y METODOS

Los peces utilizados en este experimento provienen de un solo desove de reproductores mantenidos en La Planta de Producción Experimental de Larvas de Peces Marinos del CRIP-La Paz. Estos peces fueron cultivados en tanques de fibra de vidrio de 1m³, de acuerdo con el protocolo descrito en los capítulos anteriores, hasta los 60 días, edad a la que muestran todas las características de los peces adultos y se encuentran aptos para su posterior engorda en jaulas flotantes. A esta edad, los peces aceptan totalmente el alimento inerte, como pescado molido y un alimento balanceado húmedo que se elabora en la Planta del CRIP y que también fue utilizado como dieta en los reproductores.

Para el traslado de los peces, de la planta del CRIP a la unidad de cultivo en jaulas flotantes, primeramente se realizaron las biometrías correspondientes para integrar los grupos de peces por jaula, de tal forma que cada grupo llegara a la unidad de cultivo correspondiente. Los peces se transportaron por agua, en contenedores de polietileno negro de 500 L, equipados con tapa. Dado que el viaje solo duró 35 minutos, no se utilizó aeración, ni oxígeno complementario.

El traslado de los peces se realizó en las primeras horas del día, cuando se registran las temperaturas más bajas del día (22-23°C) y cuando los rayos del sol aún no inciden directamente sobre la superficie del agua. La salinidad fue la misma que la del agua de mar.

La carga y descarga de los peces, de los contenedores a la jaula, se realizó manualmente con cubetas de plástico. En todos los casos no se tuvo mortalidad.

Para la preengorda, se dispuso de 8500 peces juveniles (Cuadro 3) de $1.05 \pm 0.37\text{g}$ y 4.22 ± 0.33 cm de Longitud total y 3.36 ± 0.22 cm de Longitud estándar. El diseño experimental consistió en integrar cuatro grupos por cuadruplicado en jaulas flotantes de 1m^3 con densidades promedio de 200, 400, 600 y 800 g.

Las jaulas fueron suspendidas de una balsa de madera dispuesta de ocho módulos de 3×3 m (Figura 1) ubicada en Bahía de La Paz, Baja California Sur. Para este trabajo solo se utilizaron cuatro módulos, cada uno dispuesto de una jaula de protección de $3 \times 3 \times 2$ m con luz de malla de 6 mm y conteniendo cada una cuatro jaulas experimentales de $1 \times 1 \times 1$ m con luz de malla de 2 mm. En estas condiciones permanecieron los peces hasta que alcanzaron el peso de 10 g. Posteriormente los peces fueron depositados en jaulas de $3 \times 3 \times 2$ m con luz de malla de 6 mm para iniciar la etapa de engorda que finalizó cuando los peces alcanzaron los 450g. El tamaño de la luz de malla de la red de la jaula, dependió del tamaño de los peces (Cuadro 4) cuando estos midieron 15-20 cm la malla fue de 12mm y cuando los peces midieron más de 20 cm la luz de malla fue de 25 mm de acuerdo al protocolo citado por Avilés-Quevedo *et al.* (1995).

Cuadro 3.- Diseño experimental para la preengorda en jaulas flotantes de los juveniles de *Paralabrax maculatofasciatus* producidos en el laboratorio.

Tiempo (meses)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Densidad (peces. m^{-3})	Luz de malla (mm)	Dimensiones jaula (m)
0-1	3-5	1-2	200-800	2	1 x 1 x 1
1-2	5-8	8	200-800	2	1 x 1 x 1
2-3	+ 8	10	200-800	2	1 x 1 x 1



Figura 1.- Ubicación de cuatro jaulas de 1 m³ con luz de malla de 2 mm dentro de una jaula de 3x 3x2 m. Todas las jaulas fueron cubiertas con una malla sombra de 75% para evitar la depredación por aves y controlar la entrada de luz.

Durante la preengorda, los peces fueron alimentados diariamente con una ración del 4-3% de su biomasa dos veces al día con el alimento semihúmedo elaborado en el CRIP-La Paz. Asimismo se registró la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH del agua, y cada 2 semanas se realizó el cambio de jaulas, aprovechándose para contar los peces vivos y muertos y hacer la biometría de 50 peces por jaula. Normalmente la biometría se realizó en día lunes (contando con el domingo de ayuno) y sin utilizar anestésicos. Las mediciones de los peces se realizaron con un ictiómetro manual de 1.0 mm de precisión y una balanza digital con precisión de 0.1 g.

La engorda se realizó en jaulas de 3x3x2 m, a partir de juveniles de 10 g y 8-10 cm de Ls (Cuadro 4). Las densidades de siembra, en esta etapa fueron de 1.5 y 2.0 kg.m⁻³ y dado que las dimensiones de las jaulas fueron más grandes solo se dispuso de una cantidad limitada de peces para hacer dos réplicas. En esta etapa el número de peces utilizados fue de 4000.

Cuadro 4.- Diseño experimental para la engorda en jaulas flotantes de los juveniles de *Paralabrax maculatofasciatus* producidos en el laboratorio.

Tiempo (meses)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Densidad (kg.m ⁻³)	Luz de malla (mm)	Dimensiones jaula (m)
1	10	10	5 – 10	6	3 x 3 x 2
4	15	100	20 – 25	12	3 x 3 x 2
6	20	200	30 – 35	25	3 x 3 x 2
8	+25	400	40 - 45	25	3 x 3 x 2

A partir de los datos obtenidos en cada etapa, se determinó la tasa de crecimiento en longitud y peso, el factor de condición, la tasa de conversión alimenticia y el porcentaje de eficiencia alimenticia para cada uno de los grupos de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

Tasa de crecimiento (TC): expresado como una relación exponencial del incremento en peso en relación a la edad de los individuos en cultivo.

$$Y = a.e^{bx}$$

En donde:

Y = peso en gramos

a = intercepción (exponencial de la intercepción)

b = pendiente del logaritmo natural del peso

x = edad en días

Factor de Condición (FC): Indicador del estado de salud del pez que se expresa como una relación isométrica en función del peso y la longitud

$$FC = (P_t / L_t^3) * 1000$$

En donde:

P_t = Peso total del pez

L_t = Longitud total del pez

Tasa de Conversión Alimenticia (TCA): Relación entre el consumo de alimento y el incremento en biomasa. Indicador de la cantidad de alimento aprovechada en el incremento de biomasa.

$$TCA = P_a / (B_t - B_o)$$

En donde:

P_a = Peso del alimento (en base seca) consumido por los peces en el período de observación.

B_o = Biomasa inicial.

B_t = Biomasa al concluir el período de observación.

Eficiencia Alimenticia (EA): Indicador del porcentaje de alimento que fue convertido en biomasa en el pez.

$$EA = ((B_t - B_o) / P_a) * 100$$

En donde:

P_a = Peso del alimento (en base seca) ingerido por los peces en el período de observación.

B_o = Biomasa inicial

B_t = Biomasa al término del período de observación.

RESULTADOS

PREENGORDA

Los resultados indican que durante el periodo de la preengorda, no se observaron diferencias significativas entre las cuatro densidades de siembra (200, 400, 600 y 800g) en cuanto al crecimiento en talla (cm) y peso total (g) (Cuadros 5a y 5b). Las diferencias se observaron en el incremento en biomasa,

(Cuadro 5c) de acuerdo al análisis de comparación múltiple de la tasa de incremento en biomasa, con una $P > 0.05$ (Cuadro 6).

Cuadro 5.- Resultados del crecimiento de los cuatro grupos de densidad de juveniles de *Paralabrax maculatofasciatus* producidos en el laboratorio y evaluados en jaulas flotantes durante la preengorda.

5a).- Incremento en longitud estándar (cm)

Edad (meses)	DENSIDAD (g.m^{-3})			
	200	400	600	800
2	3,36±0,22	3,36±0,22	3,36±0,22	3,36±0,22
2.5	4,00±0,18	4.07±0.12	3.99±0.19	4.19±0.78
3	5,45±0,18	5.30±0.64	5.43±0.5	5.75±0.59
4	6,62±0,48	6.59±0.42	6.70±0.21	6.43±0.45

5b).- Incremento en peso total (g)

Edad (meses)	DENSIDAD (g.m^{-3})			
	200	400	600	800
2	1,048±0,37	1,048±0,37	1,048±0,37	1,048±0,37
2.5	2,07±0,34	2.12±0.19	2.15±0.27	2.44±0.73
3	5,1±0,62	4.87±1.52	5.11±1.25	5.84±1.87
4	8,66±1,76	8.92±1.16	9.26±1.56	8.40±2.37

5c).- Incremento en biomasa g/m^3

Edad (meses)	DENSIDAD (g.m^{-3})			
	200	400	600	800
2	209.6	419.2	628.8	838.4
2.5	414	848	1290	1952
3	1020	1948	3066	4672
4	1732	3568	5556	6720

Cuadro 6.- Resultados de la tasa de incremento en longitud estándar, peso total y biomasa de los cuatro grupos de densidad de juveniles de *Paralabrax maculatofasciatus* producidos en el laboratorio y evaluados en jaulas flotantes durante la preengorda.

DENSIDAD (g.m^{-3})	Ls (cm/mes)	Pt (g/mes)	Incremento en Biomasa (Kg.m^{-3} /mes)
200	1.69 ± 0.02 a	3.97 ± 0.18 a	0.79 ± 0.21 ^a
400	1.65 ± 0.08 a	4.08 ± 0.24 a	1.63 ± 0.43 b
600	1.73 ± 0.19 a	4.27 ± 0.61 a	2.56 ± 0.99 c
800	1.57 ± 0.19 a	3.82 ± 0.42 a	3.05 ± 1.09 d

Las letras distintas son significativamente diferentes a una $P > 0.05$

La supervivencia en las cuatro densidades fue mayor del 86.7% y no fueron significativas las diferencias entre réplicas ni entre los grupos de distintas densidades (Figura 2). Tampoco se observaron diferencias estadísticas en la evaluación del FC, TCA y EA entre grupos (Cuadro 7).

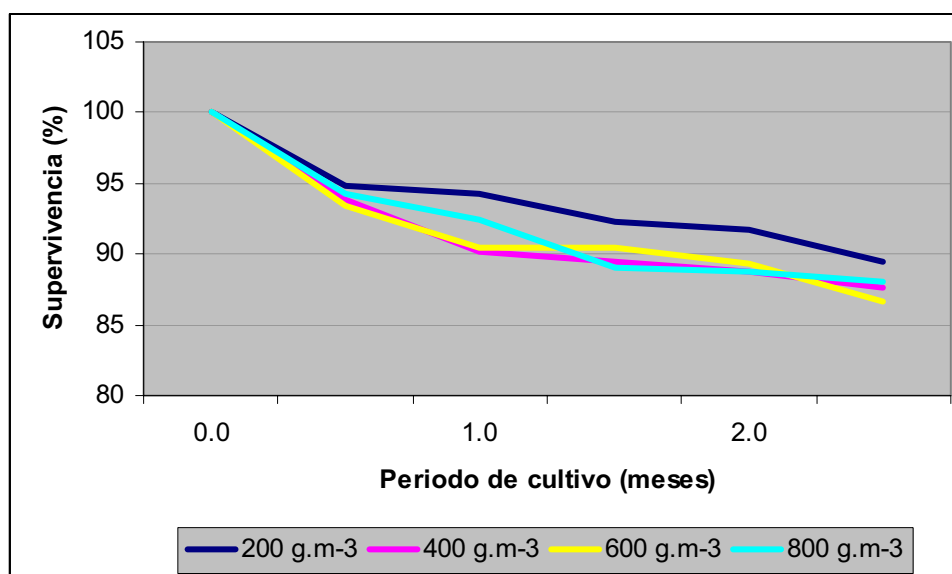


Figura 2.- Supervivencia en porcentaje de los grupos de *Paralabrax maculatofasciatus* cultivados en jaulas flotantes experimentales de 1 m³ con luz de malla de 2mm durante la preengorda.

Cuadro 7.- Resultados del análisis del Factor de Condición (FC) Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) y Eficiencia Alimenticia (EA) entre los cuatro grupos de densidad de juveniles de *Paralabrax maculatofasciatus* producidos en el laboratorio y mantenidos en jaulas flotantes durante la preengorda.

DENSIDAD (g.m ⁻³)	FC	TCA	EA
	200	15.05 ± 0.91	1.95 ± 0.26
400	14.98 ± 0.81	1.90 ± 0.13	52.70 ± 3.66
600	15.06 ± 0.92	1.89 ± 0.17	53.07 ± 5.09
800	15.13 ± 0.93	2.10 ± 0.63	50.04 ± 12.75

Los factores ambientales medidos no presentaron variaciones marcadas, solo la temperatura varió en un rango de 24 a 26°C, mientras que la salinidad permaneció en 35.5 ± 0.5 ups, el oxígeno disuelto en 6.24 ± 1.2 mg.L⁻¹ y el pH en 8-8.2.

ENGORDA

La etapa de engorda de *P. maculatofasciatus* fue de ocho meses, periodo en el que alcanzó el tamaño mínimo comercial en la región (450g de peso total). En este estudio se analizaron dos densidades de siembra 1.5 y 2.0 Kg.m⁻³ y no se observaron diferencias en el crecimiento ni en el incremento en biomasa (Cuadro 8a, b y c).

Cuadro 8.- Resultados del crecimiento de los dos grupos de densidad de juveniles de *Paralabrax maculatofasciatus* producidos en el laboratorio y evaluados en jaulas flotantes de 3x3x2m durante su engorda en Bahía de La Paz, B.C.S., Mex..

8a).- Incremento en longitud estándar (cm)

Tiempo de cultivo (meses)	DENSIDAD de SIEMBRA	
	1.5 kg.m ⁻³	2.0 kg.m ⁻³
1	8.52 ± 0.33	7.92 ± 0.19
2	10.80 ± 0.39	9.96 ± 0.22
3	13.71 ± 0.48	12.52 ± 0.36
4	17.39 ± 0.57	15.73 ± 0.60
5	22.05 ± 0.68	19.77 ± 0.94
6	24.00 ± 0.71	21.0 ± 1.41
7	25.8 ± 0.49	22.98 ± 1.52
8	26.7 ± 0.21	25.7 ± 0.51

Los números son valores promedio de la longitud estándar, más, menos su desviación estándar.

8b).- Incremento en peso total (g)

Tiempo de cultivo (meses)	DENSIDAD de SIEMBRA	
	1.5 kg.m ⁻³	2.0 kg.m ⁻³
1	12.60 ± 2.88	11.46 ± 0.81
2	24.98 ± 4.94	23.63 ± 0.95
3	55.83 ± 9.10	55.34 ± 0.35
4	86.58 ± 12.52	88.03 ± 1.02
5	105.52 ± 14.39	108.52 ± 2.12
6	151.41 ± 18.42	159.01 ± 5.38
7	280.10 ± 27.21	304.85 ± 17.49
8	414.49 ± 33.95	461.47 ± 27.42

Los números son valores promedio del peso total más, menos su Desviación estándar.

Los factores ambientales medidos no presentaron variaciones marcadas, solo la temperatura varió en un rango de 24-30°C, mientras que la salinidad permaneció en 35.5 ± 0.5 ups, el oxígeno disuelto en 6.24 ± 1.2 mg.L⁻¹ y el pH en 8-8.2.

8c).- Incremento en biomasa kg/m³

Tiempo de cultivo (meses)	DENSIDAD de SIEMBRA	
	1.5 kg.m ⁻³	2.0 kg.m ⁻³
1	26.68 ± 8.09	12.60 ± 27.43
2	31.97 ± 9.53	24.98 ± 30.44
3	61.83 ± 3.48	55.83 ± 7.58
4	93.85 ± 10.24	86.58 ± 9.83
5	100.69 ± 21.23	94.97 ± 10.99
6	141.97 ± 13.75	136.27 ± 13.39
7	229.38 ± 17.96	252.09 ± 19.50
8	333.00 ± 33.22	373.04 ± 27.42

La supervivencia en los grupos estudiados fue mayor del 91.8% y no fueron significativas las diferencias entre réplicas ni entre los grupos de distinta densidad. Tampoco se observaron diferencias estadísticas en la evaluación de las tasas de crecimiento, incremento en peso e incremento en biomasa ni entre los indicadores de la TCA, EA y FC entre grupos (Cuadro 9).

Cuadro 9.- Resultados del análisis de la tasa de crecimiento en longitud y peso, incremento en biomasa, supervivencia y cálculos de la Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) de la Eficiencia Alimenticia (EA) y del Factor de Condición (FC) de dos grupos de *Paralabrax maculatofasciatus* producidos en el laboratorio y engordados en jaulas flotantes hasta su tamaño mínimo comercial.

ANALISIS	1.5 kg.m ⁻³	2.0 kg.m ⁻³
Tasa de crecimiento en longitud estándar (cm.mes ⁻¹)	2.83 ± 0.71	2.60 ± 1.99
Tasa de incremento en peso total (g.mes ⁻¹)	58.35 ± 33.95	53.32 ± 27.21
Incremento en biomasa en jaula (kg.mes ⁻¹)	37.00 ± 4.26	41.45 ± 4.15
Supervivencia (%)	91.8 ± 2.5	93.5 ± 3.4
TCA	1.29 ± 0.19	1.15 ± 0.16
EA	64.43 ± 13.56	77.65 ± 17.25
FC	20.79 ± 6.07	22.36 ± 4.95

DISCUSION

Paralabrax maculatofasciatus presenta buenas cualidades para el cultivo en jaulas flotantes, como lo muestran los resultados obtenidos en este trabajo, en donde se obtuvieron supervivencias mayores del 86.7% durante la preengorda y más del 91.8% durante la engorda. En condiciones similares *Epinephelus tauvina* muestra una supervivencia de 90 a 95% (Ikenoue y Kafuku, 1992) . Mientras que *Seriola quinqueradiata*, pez marino del que se obtiene la mayor producción acuícola, muestra una supervivencia del 80% (Tsujigado, 1992) y 90% *Dicentrarchus labrax* (Galindo-Ortega, 1995).

De acuerdo con los antecedentes en el cultivo de especies de la familia *Serranidae*, con *Epinephelus tauvina*, *E. salmoides* y *E. malabaricus* (Cuadro 2) se observa que nuestros resultados son comparables a los obtenidos con estas especies. Excluyendo a *E. itajara*, las especies antes mencionadas se caracterizan por un buen crecimiento que va de 50 a 100 g.mes⁻¹, con un promedio de 75.6 g.mes⁻¹. En este estudio *P. maculatofasciatus* incrementó el peso en 58.4 g.mes⁻¹, alcanzando el tamaño mínimo comercial de 450 g en diez meses de cultivo, incluyendo los dos meses del periodo de preengorda. Estos valores son similares a los obtenidos con *Dicentrarchus labrax* y *Sparus aurata* que alcanzan 600g y 500g respectivamente el primer año de cultivo (Galindo-Ortega, 1995; Viera-Toledo, 1994).

La densidad de cultivo a la cosecha de las especies más cultivadas en el mundo, como *S. quinqueradiata* tienen una producción de 20 kg.m⁻³ (con un peso final de 2 kg el primer año) *Dicentrarchus labrax* tiene una producción de 17 kg.m⁻³ (600 g peso final al primer año) (Tsujigado, 1992; Galindo-Ortega, 1994). *Sparus aurata* se cosecha a partir de los 9-12 meses de engorda en jaulas, alcanzando un peso final de 450-500g con una producción de 20 kg.m⁻³ (Viera-Toledo, 1994). Mientras que los peces de la familia *Serranidae*, como *E. malabaricus*, alcanza un peso final de 572 g con una producción de ~ 2.8 kg.m⁻³ o se obtienen peces de 478g con una densidad de ~ 18.2 kg.m⁻³ (Tucker, 1998). En este estudio se trabajó con una densidad de 1.5 y 2.0 kg.m⁻³ para obtener peces

de 450 g en diez meses de cultivo.

En China, Malasia, Singapur y Kuwait se cultiva *Epinephelus tauvina* a pequeña escala en jaulas, utilizando como alimento pescado barato en trozos con una tasa de conversión alimenticia de 4.5:1 (Kafuku *et al.*, 1987). En este estudio la TCA fue de 1.15 a 1.29. Mientras que en el cultivo de *E. malabaricus* se calcula que la TCA con alimento seco es de 2.4:1 y en *E. striatus*, la TCA es de 0.9 a 1.8 (Teng y Chua, 1978; Tucker, 1998).

CONCLUSIONES

1.- El periodo de preengorda de *Paralabrax maculatofasciatus* es de dos meses. En este periodo, los juveniles del laboratorio con un peso inicial de 1.05g alcanzaron los 10 g de peso total.

2.- En este periodo el crecimiento fue de 1.73 cm.mes⁻¹ y 4.27 g. mes⁻¹, con una supervivencia de 86.7 a 89.5%, sin que se observaran diferencias significativas entre las cuatro densidades probadas (200, 400, 600 y 800g.m⁻³).

3.- Los indicadores del aprovechamiento del alimento: FC con valores de: 14.98 a 15.13; TCA, con valores de: 1.9 a 2.1:1 y EA, con valores de 50.04 a 53.07%, también fueron indistintas.

4.- El periodo de engorda de *P. maculatofasciatus* en jaulas flotantes fue de diez meses incluyendo los dos meses de la preengorda. En este tiempo los peces alcanzaron un peso de 450g.

5.- En el periodo de engorda, el crecimiento fue de 2.83 cm.mes⁻¹ y 58.35 g. mes⁻¹, con una supervivencia de 91.8 a 93.5%, sin que se observaran diferencias significativas entre las dos densidades probadas (1.5 y 2.0 kg.m⁻³).

6.- En la etapa de engorda, los indicadores del aprovechamiento del alimento también fueron indistintos con valores de FC de 21.57, TCA con

1.22:1 y EA con 71.04%.

7.- Aunque no hubo diferencia entre los grupos con las diferentes densidades probadas, se observó una mayor producción (41.45 Kg.m^{-3}) en el grupo con la densidad de siembra de 2.0 Kg.m^{-3} .

8.- Con los resultados obtenidos en este estudio, se puede ver que es factible técnicamente el cultivo de *Paralabrax maculatofasciatus*, siempre que se optimice la densidad de cultivo y se mejore la calidad y presentación de la dieta para un mejor aprovechamiento.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES GENERALES

1.- *Paralabrax maculatofasciatus* en Bahía de La Paz, se caracteriza por ser un reproductor asincrónico con un largo periodo reproductivo que se prolonga de Enero a Junio cuando la temperatura se mantiene en rangos de 20 a 23°C y el fotoperiodo en 12.25 a 14.25 horas-luz/día.

2.- La población estudiada se distingue por mostrar algunos caracteres que la identifican como una especie hermafrodita protogínico que muestra hembras más pequeñas (167 ± 28.3 mm de Ls) que los machos (189 ± 27.9 mm de Ls), la presencia de individuos en transición, con proliferación de tejido testicular y regresión de tejido ovárico. Histológicamente, se observó en los testículos de estos peces, un lumen central que no es utilizado en el transporte de espermatozoides, la estructura de un epitelio lamelar y las criptas espermáticas que contienen los espermatozoides.

3.- La transformación sexual mostró una temporalidad marcada a los meses de Julio a Noviembre, cuando se presenta la menor actividad sexual y mayor temperatura (27-29°C).

4.- El tamaño de primera madurez para las hembras de esta especie en Bahía de La Paz fue de 117.5 ± 6.4 mm de Ls y para los machos 144.7 ± 11.2 mm de Ls; aunque la hembra madura más pequeña midió 115 mm de Ls y el macho maduro más pequeño 130 mm de Ls. En general, fue evidente la casi total superposición en la distribución de tamaños por sexos, detectándose que las hembras dominan en las clases iniciales, con una proporción de 1.55:1.

5.- El hecho de observar hembras en las clases más grandes, es considerado como un protoginismo incompleto.

6.- En la relación peso longitud, se observó que el peso de las hembras fue más alto que el peso de los machos de tal manera que ejemplares con una

misma talla, por ejemplo de 24 cm de Ls pueden pesar 271 g si es macho, y 411g si es hembra.

7.- El IGS de los machos generalmente permaneció alto gran parte del año a excepción de los meses con temperaturas menores de 20°C y superiores a 27°C. El valor del IGS de las hembras (2.8 ± 1.4) fue más alto que el de los machos (1.7 ± 2.2).

8.- El FC de las hembras (3.75 ± 0.96) fue estadísticamente más alto que el de los machos (2.17 ± 0.70).

9.- En este trabajo, se pudo comprobar que *P. maculatofasciatus*, especie relativamente sedentaria, se adaptó rápido a la cautividad tolerando bien el manejo y condición de cautividad en el laboratorio, manteniendo su estadio de madurez y continuando con el desove dentro de su desarrollo normal en el mismo periodo que la población salvaje.

10.- *Paralabrax maculatofasciatus* es una especie con reproducción asincrónica y desoves parciales diarios con una producción óptima entre los 22 y 23°C.

11.- Los reproductores alimentados con la dieta de mayor contenido de proteína (67.5%) y lípidos (16.3%) mezcla de lisa y calamar, produjeron la mayor cantidad de huevos (284,000 huevos por desove/kg de hembra), durante los cinco meses de observaciones. Sin embargo, dieron el menor porcentaje de huevos viables (74-76%).

12.- Los peces tratados con la dieta semihúmeda (Dieta A) con una composición menor en proteína (53.9%) y en lípidos (9.5%) produjeron el mayor porcentaje de huevos viables con el tamaño más grande (880-887 μ).

13.- La eclosión de los huevos de *P. maculatofasciatus* varió de 83 a 90% independientemente de la dieta que recibieron los reproductores. La tasa de eclosión óptima se dio entre los 22 y 23°C, coincidiendo con las condiciones

óptimas de temperatura para el desove. El tiempo de incubación máximo fue 25h a 18°C y el mínimo de 13h a 30°C y a 35 – 50 ups se obtuvo una tasa de eclosión superior al 80%.

14.- El índice de mortalidad por inanición, como indicador de la calidad del huevo fue similar al observado en los estándares de otras especies. En este trabajo, todas las larvas murieron por inanición al 6to – 7mo dde.

15.- La dieta semihúmeda con composición de proteína (53.9%) y lípidos (9.5%) más el componente de vitaminas y minerales proporcionada a los reproductores de *P. maculatofasciatus* dio el mayor porcentaje de huevos viables, con el mayor tamaño (880-887 μ) presentando una edad de 25-30 dde para el cambio de alimentación y mejor crecimiento larval, alcanzando 2.8 a 3.5 cm de longitud total a los 40 dde con una supervivencia del 4.2% equivalentes a una producción de 2100 juveniles.m⁻³.

16.- El periodo de cultivo de *P. maculatofasciatus* en jaulas flotantes fue de diez meses incluyendo los dos meses de preengorda. En este tiempo los peces alcanzaron un peso de 450g, mostrando una tasa de crecimiento de 2.83 cm.mes⁻¹ y 58.35 g. mes⁻¹, con una supervivencia de 93.5% a una densidad de 2.0 kg.m⁻³, en condiciones de cultivo en jaulas flotantes con temperaturas de 24 a 30°C, 35.5 ups y niveles de oxígeno disuelto superiores a 5 mg.L⁻¹ obteniéndose un FC de 21.57, una TCA de 1.22:1 y una EA de 71.04%.

Con los resultados de este estudio, y la información que se esta generando actualmente, es posible determinar la factibilidad técnica del cultivo de *Paralabrax maculatofasciatus*, siempre que se optimice la densidad de cultivo y se mejore y estandarice la calidad de la dieta.

BIBLIOGRAFIA

- ABITIA-CÁRDENAS L.A., J. RODRÍGUEZ-ROMERO, F. GALVÁN-MAGAÑA, J. DE LA CRUZ-AGUERO y H. CHAVEZ-RAMOS. 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de Bahía de La Paz, B.C.S., México. Ciencias Marinas Vol 20(2): 159-181.
- ALLEN, L.G., T. HOVEY, M. LOVE, and T. SMITH 1995. The life history of the spotted sand bass (*Paralabrax maculatofasciatus*) within the Southern California Bight. CalCOFI Reports 36: 193-203.
- ÁLVAREZ GONZÁLEZ, C.A. 1999. Optimización del proceso de producción de semilla de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae) en sistemas de circulación cerrada. Tesis de maestría CICIMAR-IPN.
- ÁLVAREZ GONZÁLEZ, C.A. 2003. Actividad enzimática digestiva y evaluación de dietas para el destete de larvas de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae). Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN.
- ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C.A., CIVERA-CERECEDO, R., ORTIZ-GALINDO, J.L., DUMAS, S., MORENO-LEGORRETA, M., y GRAYEB-DEL ALAMO, T. 2001. Effect of dietary protein level on growth and body composition of juvenile spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* fed practical diets. Aquaculture. 194 (1-2): 151-159.
- ANGUAS VÉLEZ, B. 2001: Estudio sobre los requerimientos en proteína y energía de juveniles de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) (Osteichthyes: Serranidae). Tesis de doctorado, CICIMAR-IPN.
- ANONIMO. 1986. Manual on floating netcages fish farming in Singapore's Coastal Waters. Prim. Prod. Dept., Singapore, 17 p.
- ANUARIO ESTADÍSTICO DE PESCA. 1997 SEMARNAP, México 241p.
- ANUARIO ESTADÍSTICO DE PESCA. 1998 SEMARNAP, México 244p.
- ANUARIO ESTADÍSTICO DE PESCA. 1999. SEMARNAP, México 271p.
- ANUARIO ESTADÍSTICO DE PESCA. 2000. SAGARPA, México 275p.
- ANUARIO ESTADÍSTICO DE PESCA. 2001. SAGARPA, México 280 p.
- ANUARIO ESTADÍSTICO DE PESCA. 2002. SAGARPA, México 282 p.

- AVILES-QUEVEDO, A. y M. IIZAWA. 1993. Manual para la construcción, instalación y operación de jaulas flotantes para el cultivo de peces marinos. SEPESCA/INP/JICA (eds.). 29p.
- AVILES-QUEVEDO, A., U. MCGREGOR-PARDO, R. RODRIGUEZ-RAMOS, O. HIRALES-COSIO, M.A. HUERTA-BELLO y M.IIZAWA. 1995. Biología y cultivo de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868). Subsecretaría de Pesca/INP/JICA (eds.) 85p.
- AVILÉS-QUEVEDO, A., R. RODRÍGUEZ-RAMOS, U. MCGREGOR-PARDO y M. IIZAWA. 1996a. Indices de la condición de una población de *Paralabrax maculatofasciatus* (steindachner, 1868) silvestre y en cautiverio en Bahía Falsa, Baja California Sur, México. 0-025, Resúmenes XI Simposium Internacional de Biología Marina. La Paz, B.C.S., México 18-22 de nov. de 1996.
- AVILÉS-QUEVEDO, A., U. MCGREGOR-PARDO, R. RODRÍGUEZ-RAMOS y M. IIZAWA. 1996b. Desove y producción de huevos de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) en condiciones de cautiverio. 0-082, Resúmenes XI Simposium Internacional de Biología Marina. La Paz, B.C.S., México 18-22 de nov. de 1996.
- AVILÉS-QUEVEDO, A., C. ZÚÑIGA-PACHECO, R. RODRÍGUEZ-RAMOS, U. MCGREGOR-PARDO y M. IIZAWA. 1996c. Clasificación de la madurez gonádica en hembras de *Paralabrax maculatofasciatus* (Pisces:Serranidae) en Bahía Falsa, B.C.S., México (1992-93). 0-083, Resúmenes XI Simposium Internacional de Biología Marina. La Paz, B.C.S., México 18-22 de nov. de 1996.
- AVILÉS, A., L. REYES, U. MCGREGOR, O. HIRALES, R. RODRÍGUEZ y M. IIZAWA. 1996d. Cultivo experimental del pargo amarillo *Utjanus argenteiventris* (Peters, 1869) y pargo raicero *Laratus* (Gunther, 1864) en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B.C.S., México. 240-243 En: A. Silva y G. Merino (eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373p.
- AVILÉS, A., L. REYES, S. VALDÉS, O. HIRALES, R. RODRÍGUEZ, U. MCGREGOR y M. IIZAWA. 1996e. Manejo de reproductores y producción de huevos de pargo amarillo *Utjanus argenteiventris* (Peters, 1869) bajo condiciones de cultivo. 244-247 En: A. Silva y G. Merino (eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373p.
- AVILÉS, A., L. REYES, O. HIRALES, R. RODRÍGUEZ y U. MCGREGOR. 1996f. Resultados preliminares en el cultivo del huachinango del Pacífico *Utjanus ru* (Nichols y Murphy, 1922) en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B.C.S., México. 248-250. En: A. Silva y G. Merino (eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373p.

- AVILÉS-QUEVEDO, A., R. RODRIGUEZ-RAMOS y L. MENDEZ-LÓPEZ. 2002. Evaluación de *Bachonius jicatilis* cultivado con cinco dietas de fitoplancton y levadura, en el crecimiento y mortalidad de larvas de *Paralabrax maculatofasciatus*. *Acta científica de Baja Paz*. La Paz, Baja California Sur, México. 1: 11-17.
- AVILÉS-QUEVEDO, A. y F. CASTELLÓ-ORVAY. 2004. Manual para el cultivo de jurel. Instituto Nacional de la Pesca, México. ISBN 968-800-580-0. 47p.
- BACA HOVEY, C., L.G. ALLEN y T.E. HOVEY. 2002. The reproductive pattern of barred sand bass (*Paralabrax nebulifer*) CalCOFI (43): 174-181
- BALDWIN, C.C. y G.D. JOHNSON. 1993. Phylogeny of the Epinephelinae (Teleostei:Serranidae). Bull. Mar. Sci. 52(1): 240-283
- BOCANEGRA-CASTILLO, N., L.A. ABITIA-CÁRDENAS, V.H. CRUZ-ESCALONA, F. GALVÁN-MAGAÑA y L. CAMPOS-DÁVILA. 2002. Food habits of the spotted san bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) from Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Bull. Suth Calif. Academy of Sciences. Resumen.
- BROMAGE, N.R. 1995. Broodstock management and seed quality. General considerations. 1-25. En: N.R. Bromage y R.J. Roberts (eds.) Broodstock management and egg and larval quality. 423p.
- BROMLEY, P.J. 1977. Methods of weaning juvenile hatchery reared sole (*Solea solea* (L)) from live food to prepared diets. *Aquaculture* 12:337-347
- BROMLEY, P.J. 1978. The weaning of hatchery reared turbot larvae (*Scophthalmus maximus*) on a dry diet. *Aquaculture* 13:339-345
- BROMLEY, P.J. y B.R. HOWELL. 1983. Factors influencing the survival and growth of turbot larvae *Scophthalmus maximus* L., during the change from live to compound feeds. *Aquaculture* 31: 31-40
- BRUGÈRE C. y N. RIDLER. 2004. Global aquaculture outlook in the next decades: an analysis of national aquaculture production forecasts to 2030. FAO Fisheries Circular No. 1001. 47p.
- BRUSCA R.C., 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. 2a Ed. Univ. Arozona Press, Tucson, EEUU: 513 pp.
- CARRASCO CHÁVEZ, V. 2004: Efecto del nivel de lípidos sobre el crecimiento y composición lipídica de juveniles de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Stein,1868) (Osteichthyes:Serranidae). Tesis maestría, CICIMAR-IPN
- CARRILLO, M. y S. ZANUY. 1993. Fisiología de la reproducción de los teleosteos. 125-142. En: Castelló-Orvay, F. (coord.). Acuicultura Marina: Fundamentos Biológicos y tecnología de la producción. Universidad de Barcelona, Barcelona, España. 739p.

- CARTA NACIONAL PESQUERA, 2004. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca-SAGARPA, México.
- CASTELLO-ORVAY, F. 1993. Acuicultura: historia, evolución y situación actual. 13-24. En: Castelló-Orvay, F. (coord.). Acuicultura Marina: Fundamentos Biológicos y tecnología de la producción. Universidad de Barcelona, Barcelona, España. 739p.
- CASTELLO-ORVAY, F. 2001. Estado actual del cultivo de peces en el mundo. 7-13 En. A. Silva (ed) Curso Interamericano: Cultivo de Peces Marinos. Univ. Católica del Norte, Coquimbo, Chile. 205p.
- CERDÁ, J., M. CARRILLO, S. ZANUY y J. RAMOS. 1994a. Effect of food ration on estrogen and vitellogenin plasma levels, fecundity and larval survival in captive sea bass, *Dentracbs labrax* : preliminary observations. *Aq. Ling. Res.*, 7:255-266
- CERDÁ, J., M. CARRILLO, S. ZANUY, J. RAMOS y M. de la HIGUERA. 1994b. Influence of nutritional composition of diet on sea bass, *Dentracbs labrax* L., reproductive performance and egg and larval quality. *Aquaculture* 128:345-361
- CERDÁ, J., S. SANUY, M. CARRILLO, J. RAMOS y R. SERRANO. 1995. Short and long term dietary effects on female sea bass (*Dentracbs labrax*): seasonal changes in plasma profiles of lipids and sex steroids in relation to reproduction. *Om p. Bcbm . Pbiol.* IIIC (1):83-91
- CHAMBERLAIN, G. 1993. Aquaculture trends and feed projections. *World Aquaculture* 24(1):19-29
- CHAMBERLAIN, G. y H. ROSENTHAL. 1995. Aquaculture in the next century. Opportunities for growth challenges of sustainability. *World Aquaculture* 26(1):19-29
- CHATAIN, B. 1991a. Morpho-anatomical quality of sea bass and sea bream fry cultured in intensive conditions. Abstract of 13th Conference of ESCPB on Research for Aquaculture: Fundamental and applied Aspects. No.148.
- CHATAIN, B. 1991b. Latest improvements in intensive seabass and seabream fry production: the French technique. *Eur. Aquac. Soc. Spec. Pub.* (15): 382
- CHAVEZ, H. y J. ARVIZU. 1972. Estudio de los peces demersales del Golfo de California, 1968-1969. III. Fauna de acompañamiento del camarón (peces finos y "basura"). *E. J. Carranza* (ed) Mem. IV. Cong. Nal. Oceanog., México, D.F., 361- 378

- CHIRICHIGNO, N. 1982. Catálogo de especies marinas de interés económico actual o potencial para América Latina. Parte II. Pacífico centro y suroriental. FAO, Roma. 588 p.
- CHUA, T.E. y S.K. TENG. 1980. Economic production of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, reared in floating net cages. *Aquaculture*, 20: 187-228.
- CIVERA, R., J.L., ORTIZ, S. DUMAS, H. NOLASCO, A. ÁLVAREZ, B. ANGUAS, R. PEÑA, M. ROSALES, V. CARRASCO, R. GARCÍA y E. GOYTORTÚA. 2002. Avances en la nutrición de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*. 352-406. En: Cruz-Suárez, L., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, G. Gaxiola-Cortés y N. Simoes (Eds). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún Quintana Roo, México.
- DeMARTINI, E.E. 1987. Tests of ovary subsampling options and preliminary estimates of batch fecundity for two *Paralabrax* species. *CalOFI Rep.*, vol. XXVIII, 168-170.
- FAO. 2000. FAO Anuario. Estadísticas de pesca. Producción de Acuicultura 1998. Vol.86/2, Roma. 169p.
- FAO. 2001. FAO Anuario. Estadísticas de pesca. Producción de Acuicultura 1999. Vol.92/2, Roma. 173p
- FAO. 2003. Review of the state of world aquaculture. Circular No. 886 Rev.2 Roma. 95p.
- GALINDO-ORTEGO, J. 1994. Engorde de lubina en jaulas flotantes. Proyecto de acuicultura. Universidad de Barcelona. Universitat de Barcelona. 72 p.
- GARRAT, A.P. 1986. Prothogynous hermaphroditism in the slinger, *Goblebs pnicep* (Glichrist y Thompson, 1908) (Teleostei:Sparidae). *J. Fish. Biol.* 28:297-306
- GATESOUBE, F.J. 1983. Weaning of *Solea solea*, before metamorphosis, achieved with high growth and survival rates. *Aquaculture* 32: 401-404
- GHISELIN, M.T. 1969. The evolution of hermaphroditism among animals. *Quart. Rev. Biol.* 44: 189-208
- GLAMUZINA, B., N. GLAVIC, V. KO UL, P. TUTEAN y B. SAKARAMUCA. 2000. Preliminary result on artificial spawning and early stages characteristic of goleen grouper *Epinephelus costae*. (S21) 240 En: Flos, R. y L. Creswell (compiladores) Responsible aquaculture in the new

- millennium. Abstracts at the international Conference Aqua 2000. European Aquaculture Society Special Publication No. 28, Bélgica. 834p.
- GLAMUZINA, B., V. KO UL, N. GLAVIC, P. TUTEAN y B. SAKARAMUCA. 2000. Hybridisation between Mediterranean groupers. (S15) 241 En: Flos, R. y L. Creswell (compiladores) Responsible aquaculture in the new millennium. Abstracts at the international Conference Aqua 2000. European Aquaculture Society Special Publication No. 28, Bélgica. 834p.
- GRACIA-LOPEZ, V. 1996. Estudio de la biología y posibilidades de cultivo de diversas especies del género *Megalops*. Tesis Doctorado, Universitat de Barcelona, España. 279p.
- GRACIA-LÓPEZ, V. 2004. Cultivo potencial de la cabrilla sardinera (leopard grouper) *Megalopterus rosacea*. Panorama Acuícola Magazine Vol. 10, No.1, 76p.
- GUILLARD, R.R.L. 1972. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. 29-60. En: Smith W.L. Y M.H. Chanley (eds). Culture of marine invertebrate animals. N.Y., USA.
- HARADA, T. 1970. The present status of marine cultivation research in Japan. Helgol. Wiss. Meeresunters., 20:594-601.
- HAREL, M., A. TANDLER, G.W. KISSIL Y S.A. APPLEBAUM. 1994. The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) females and subsequent effect on egg composition and egg quality. British Journal of Nutrition 72:45-58
- HASTINGS, A.P. y C. W. PETERSEN. 1986. A novel sexual pattern in serranid fishes: simultaneous hermaphrodites and secondary males in *Serranus fasciatus*. Envir. Biol. Fish. 15:59-68.
- HASTINGS, A.P. 1989. Protogynous hermaphroditism in *Paralabrax maculatofasciatus* (Pisces:Serranidae). Copeia 1:184-188
- HIGUERA, M. DE LA. 1987. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. 53- 86 En: J. Espinoza de los Monteros y U. Labarta (eds.) Nutrición en acuicultura II. Publ. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Madrid, Esp. 318 p.
- HIGUERA, M. DE LA y G. CARDENETE. 1993. La proteína en la nutrición de los peces. 195-225 En: F. Castelló-Orvay (Coord). Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Universitat de Barcelona. Esp. 739 p.
- HOLGUIN-QUIÑONEZ, O.E. 1976. Catálogo de especies marinas de importancia comercial en Baja California Sur. S.I.C., Subsecretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca y Estación de Investigación Pesquera en La Paz, B.C.S. (Ed.), 117p.

- HOVEY, T.E. y L.G. ALLEN. 2000. Reproductive patterns of six populations of the spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, from Southern and Baja California. *Copeia*, 2000(2): 459-468.
- HOVEY, T.E. y L.G. ALLEN. 2001. Spotted sand bass. California Department of Fish and Game Report. 226-227.
- HUERTA-MUZQUIZ L. y A. C. MENDOZA-GONZALES. 1985. Algas marinas de la parte sur de la Bahía de La Paz, B.C.S. *Phytologia*, Vol 59(1): 35-57.
- IIZAWA, M. 1983. Ecologie trophique des larves du loup *Dentex labrax* (L) en élevage. Tesis de doctorado. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 140p.
- IMAIZUMI, K. 1993. Recent progress of Japan Sea-Farming Association in marine finfish hatchery activities. En: C.S. Lee, M.S. Su y I.C. Liao (eds). *Finfish Hatchery in Asia Tungkang Mar. Lab. Conf. Proc.* (3): 173-177
- JIMÉNEZ-ILLESCAS, A.R. 1983. Aplicación de un modelo hidrodinámico numérico a la Ensenada de La Paz, B.C.S. Tesis de maestría CICESE, Ensenada, B.C. 115p.
- JIMÉNEZ-ILLESCAS, A.R., M. OBESO-NIEBLAS y D.A. SALAS-DE LEÓN. 1997. Oceanografía física de la Bahía de La Paz, B.C.S. 31-41 En: Urbán R.J. y M. Ramírez (eds) *La Bahía de La Paz, investigación y conservación*. UABCS, CICIMAR, SCRIPPS. 345p.
- KAFUKU, T., H. IKENOUE y T. SAKAMOTO. 1987. Aquaculture organisms of the world. Kanagawa Intl. Fish. Training Centre y Japan Intl. Coop. Agency. 235p.
- KANAZAWA, A., S. KOSHIO y S.I. TESHIMA. 1989. Growth and survival of larval red sea bream *Pagrus major* and Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed microbound diets. *J World Aquac. Soc.* 20:31-37
- KIM, B.G., A.C. OSTROWSKY y C. BROWNELL. 1993. Review of hatchery design and techniques used at the Oceanic Institute for intensive culture of the mahimahi (*Opibeta spurus*) on a commercial scale. En: C.S. Lee & I.C. Liao (eds). *Finfish Hatchery in Asia*. Tungkang Mar. Lab. Conf. Proc. (3):179-190
- KUHLMANN, D., G. QUANTZ & U. WITT. 1981. Rearing of turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) on cultured food organisms and postmetamorphosis growth on natural and artificial food. *Aquaculture* 23: 183-196.
- LIM, L.C. 1991. Larviculture of the greasy grouper (*Megaparus tauina* F.) and brown-marbled grouper (*Efuscoguttatus* F.) in Singapore. *J World Aquac.* 24:262-274

- LLUCH COTA, D.B. 1995. Aspectos reproductivos de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Pisces:Serranidae) en Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. Tesis Maestría en Ciencias, CICIMAR-IPN. 174p.
- MATSUURA, S., M. MATSUYAMA, Y. OUCHI y T. HIDAKA. 1987. Maturity classification and group maturity of the red sea bream *Pagrus major*. II. Male maturity. *Marine Biology* 96: 169-172.
- MATSUYAMA M., S. MATSUURA, Y. OUCHI y T. HIDAKA. 1987. Maturity classification and group maturity of the red sea bream *Pagrus major*. I. Female maturity. *Marine Biology* 96: 163-168.
- NAKADA, M. 2000. Yellowtail and related species culture. 1007-1035 *En*: Stickney, R.R. (ed) *Encyclopedia of Aquaculture*. New York. John Wiley & Sons.
- OHNO A. 1992. Red Seabream (*Pagrus major*). 119-130. *En*: H. Ikenoue y T. Kafuku (eds.) *Modern methods of aquaculture in Japan* 2nd ed. Elsevier, Tokyo. 272p.
- ORDONIO-AGUILAR, R.S. 1995. Survival mechanisms of tropical marine fish larvae during changeover from endogenous to exogenous feeding. Tesis de doctorado. Tokyo University of Fisheries. 322 p.
- PARKER, R.E. 1979. Introductory statistics for biology. 2nd ed. Inst. Of Biology. Studies in Biology No. 43. A. Edwards, Great Britain. 122p.
- PECHMANEE, T., J. PONGMANEERAT y M. IIZAWA. 1986. Effect of food density on food consumption for larval seabass, *Lates calcarifer* *en* Rep. Thailand and Japan Joint Coastal Aqua Res. Proj. JICA No. 2: 1-14.
- PERSON-Le RUYET, J. F. BAUDIN-LAURENCIN, N. DEVAUCHELLE, R. METAILLER, J.L. NICOLAS, J. ROBIN & J. GUILLAUME. 1991. Culture of turbot (*Scophthalmus maximus*). *h*: J.P. McVey (ed) CRC Handbook of Mariculture: Vol.II Finfish Aquaculture. CRC Press, Boca Ratón Fl. 21-41
- PONDELLA II, D.J., M.T. CRAIG y J.P.C. FRANCK. 2003. The phylogeny of *Paralabrax* (Perciformes:Serranidae) and allied taxa inferred from partial 16S and 12S mitochondrial ribosomal DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. (29): 176-184. Elsevier Science USA. Academia Press.
- POLOVINA, J.J. y S. RALSTON. 1987. Tropical snapper and groupers: Biology and fisheries management. Westview Press, USA. 659 p.
- ROSALES-VELAZQUEZ, M.O., R. MARTINEZ-PECERO, B. ANGUAS-VELEZ, M. CONTRERAS-OLGUIN y E.O. RODRIGUEZ-MORALES. 1992. Inducción al desove de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*

- (Steindachner) (Pisces:Serranidae) mantenida en el laboratorio. III Congr. Nal. de Ictiología. Oaxtepec, Mor., Mex. 18.
- RIMMER, M. 1998. Grouper aquaculture in Australia 10-17. En: Rimmer, M.A., K.C. William y M.J. Phillips (eds.) Proceedings of the Grouper Aquaculture Research Workshop. Bangkok, Thailand, 7-8 abril.1998. ACIAR, NACA. 67p.
- RIMMER, M.A., K.C. WILLIAM y M.J. PHILLIPS. 1998. Introduction grouper aquaculture research workshop. 1-2. En: Rimmer, M.A., K.C. William y M.J. Phillips (eds.) Proceedings of the Grouper Aquaculture Research Workshop. Bangkok, Thailand, 7-8 abril.1998. ACIAR, NACA. 67p.
- RODRÍGUEZ DE LA CRUZ, M.C., M.R. PALACIOS-FEST, R. CRUZ-SANTABALBINA y C.I. DÍAZ-PULIDO. 1994. Atlas pesquero de México. SEPESCA, INP, México. 234p.
- RODRIGUEZ-GUTIERREZ, M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica de peces. AGT. Editor, S.A., México. 79p.
- ROJAS, J.R. y G. PEQUEÑO. 2001. Revisión taxonómica de especies de las subfamilias *Megalinae* y *Serraninae* (Pisces:Serranidae) de Chile. Rev. Biol. trop. Vol 49 No. 1:1-13
- RUANGPANIT, N. 1998. A review of grouper culture (*Megalops* sp) in Thailand. 33-42. En: Rimmer, M.A., K.C. William y M.J. Phillips (eds.) Proceedings of the Grouper Aquaculture Research Workshop. Bangkok, Thailand, 7-8 abril.1998. ACIAR, NACA. 67p.
- SAUER, W.H. y M.R. LIPÍŃSKI. 1990. Histological validation of morphological stages of sexual maturity in chokker squid *Bligocheilus Reynaudii* D'orb (Cephalopoda:Loliginidae). S. ~~A.~~ *JMar. Sci.* 9: 189-200.
- SAYONG, D.R. 1981. A preliminary report on the observation of grouper (*Megalops* ~~m~~ *erra*, *E summ ana*, ~~Oplo~~ *pis pichentron* and *Aprodon leucoaramicus*) comparative growth rate of the four species of lapu-lapu culture at Barangay Diit Seafarm, Tacloban city. BFAR Region No. 8, Rep. of The Philippines. 3: 12 p.
- SERGIO-FERREIRA, A.N. 1979. Ciclo reproductor de hembras de *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) y su importancia para la acuicultura. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., mex. 94p.
- SHOKITA, S., K. KAKAZU, A. TOMORI Y T. TOMA (trans. By M. YAMAGUCHI). 1991. Aquaculture in Tropical Areas. Midori Shobo, Tokyo, 360 p.
- SMITH C.L. y P.H. YOUNG. 1966. Gonad structure and the reproductive cycle of the kelp bass, *Paralabrax clathatus* (Girard), with comments on the

- relationships of the serranid genus *Paralabrax*. Calif. Fish and Game 52(4):283-292
- STEPIEN, C.A., R.H. ROSENBLATT y B.A. BARGMEYER. 2001. Phylogeography of the spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*: divergence of Gulf of California and Pacific coast populations. *Evolution* 55(9): 1852-1862
- SWEETMAN J., W. 1993. Perspectives and critical success factors in the present farming of fish. 26-28 En: Carrillo, M., L. Dahle, J. Morales, P. Sorgeloos, N. Svenneving y J. Wyban (eds.) From discovery to Commercialization. Special Publ. European Aquacult. Soc. No. 19. 288p.
- SWEETMAN J. 2004. European aquaculture: Recent developments in marine hatchery technologies. The second hatchery feeds and technology workshop, Sydney. 34-42
- TACON, A.J. 2003. Aquaculture production trends analysis. In FAO Inland water resources and aquaculture Service Review of the state of the world aquaculture. FAO 2003. 95p.
- TAKANO, K. 1974. Maturation process of gonad. 18-30 *h*: Koseisha-Koseikaku (ed). Maturation and spawning in fish. Japan. Soc. Sci. Fish. Tokyo.
- TANAKA, M. 1973. Studies on the structure and function of the digestive system of teleost larvae. Ph.D. Thesis. Kyoto University, Japan. 136p.
- TENG, S.-K. y T.-E., CHUA. 1978. Effect of stocking density on the growth of estuary grouper, *Megalops salmoides* Maxwell, cultured in floating net-cages. *Aquaculture* , 15: 273-287.
- TENG, S.-K. y T.-E., CHUA. 1979. Use of artificial hides to increase the stocking density and production of estuary grouper, *Megalops salmoides* Maxwell, reared in floatingnet cages. *Aquaculture* . 16: 219-232.
- THOMSON, D.A., L.T. FINDLEY y A.N. KERSTITCH. 1987. Reef fishes of the Sea of Cortez. University of Arizona Press. U.S.A. 302p.
- TOLEDO, J.D., A. NAGAI y D. JEVELLANA. 1993. Successive spawning of grouper, *Megalops suillus* (Valenciennes), in a tank and a floating net cage. *Aquaculture* , 115:361-367.
- TRANAH G.J. y L.G. ALLEN 1999. Morphologic and genetic variation among six populations of the spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, from Southern California to the upper Sea of Cortez. Bull. So. Calif. Acad. Sci 98(3): 103-118

- TRUE, D.C., N. CASTRO-CASTRO, G. SANDOVAL-GARIBALDI y C. MORALES-ORTIZ. 2001. Reproducción controlada de Totoaba macdonaldi (Gilbert). Mem. VIII Congr. de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, A.C. y II Simp. Internacional sobre el Mar de Cortés.
- TUCKER, J.W. jr. y D.E. JORY. 1991. Marine fish culture in the caribbean region. *World aquaculture* , 22(1) 10-27.
- TUCKER, J.Jr. 1998. Marine Fish Culture. Kluwer Academic Publishers., USA. 750 p.
- TSUJIGADO, A. 1992. Yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). 131-143 En: IKONOUE, H. y T. KAFUKU (eds.) Modern Methods of Aquaculture in Japan. Kodansha Ltd. Elsevier. Tokyo. 272p
- VIERA TOLEDO, Ma. 1994. Preengorde y engorde de dorada en jaulas en la Isla de Gran Canaria. Selección de sitio, diseño y evaluación del sistema. Proyecto de fin de Master. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. 45 p.
- WATANABE, T., A. ITOH, A. MURAKAMI, Y. TSUKASHIMA, C. KITAJIMA y S. FUJITA. 1984a. Effect of nutritional quality of diets given to broodstock on the verge of spawning on reproduction of red sea bream. Bull. of Japanese Society of Scientific Fisheries. 50(6): 1023-1028
- WATANABE, T., T. ARAKAWA, C. KITAJIMA y S. FUJITA. 1984b. Effect of nutritional quality of broodstock diet on reproduction of red sea bream. Bull. of Japanese Society of Scientific Fisheries. 50(3): 495-501
- WATANABE, T., A. ITOH, S. SATOH. C. KITAJIMA y S. FUJITA. 1985a. Effect of dietary protein levels and feeding period before spawning on chemical components of eggs production by red sea bream broodstock. Bull. of Japanese Society of Scientific Fisheries 51(9): 1501-1509
- WATANABE, T., T. KOIZUMI, H. SUZUKI, S. SATOH, T. TAKEUCHI, N. YOSHIDA, T. KITADA y Y. TSUKASHIMA. 1985b. Improvement of quality of red sea bream eggs by feeding broodstock on a diet containing cuttlefish meal or on raw krill shortly before spawning. Bull. of Japanese Society of Scientific Fisheries 51(9): 1511-1521
- WATANABE, T. 1987. Requerimientos de ácidos grasos y nutrición lipídica en los peces. 99-166. En: J. Espinoza de los Monteros y U. Labarta (eds.) Nutrición en acuicultura II. Publ. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Madrid, Esp. 318 p.
- WATANABE, T. 1988. Fish nutrition and mariculture. JICA Textbook. T. Watanabe (ed.) Tokyo University of Fisheries, Japan. 233 p.

- WATANABE T. 1993. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *Journal of the world aquaculture soc.* 24: 152-161
- ZAMORA-NAVARRO, S. y F. PEREZ LLAMAS. 1993. Requerimientos de energía y glúcidos en los peces. 227-274. En: F. Castelló-Orvay (Coord). Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Universitat de Barcelona. Esp. 739 p.
- ZANUY, S y M. CARRILLO. 1993. Técnicas de control de la reproducción en los teleósteos. 143-156. En: F. Castelló-Orvay (Coord). Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Universitat de Barcelona. Esp. 739 p.
- ZOHAR, Y., M. HAREL, S. HASSIN y A. TANDLER. 1995. Gilt-head sea bream (*Sprus aurata*). 94-117. En: N.R. Bromage y R.J. Roberts (eds). Broodstock management and egg and larval quality. Institute of Aquaculture. Blackwell Science. 424 p.
- ZOHAR, Y. y C.C. MYLONAS. 2001. Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture* 197: 99-136