



Comparison of fatty acids profile of the gonads and eggs of *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) obtained from wild and captive broodstock.

*Comparación del perfil de ácidos grasos de las gónadas y huevos de *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) obtenidas de reproductores silvestres y de cautiverio*

*Comparaçãõ do perfil de ácidos graxos das gônadas e ovos de *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) obtidos de animais reprodutores silvestres e em cativeiro*

Jonathan Chacón-Guzmán

jonathan.chacon.guzman@una.ac.cr

Pacific Marine Park Program

Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8449-2334>

Milagro Carvajal-Oses

Milagro.carvajal.oses@una.ac.cr

Pacific Marine Park Program

Universidad Nacional

Heredia, Costa Rica

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8294-9863>

Pedro Toledo-Agüero

ptoledo@ucn.cl

Departament of Aquaculture

Universidad Católica del Norte

Coquimbo, Chile

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3844-1824>

Héctor Flores-Gatica

hflores@ucn.cl

Departament of Aquaculture

Universidad Católica del Norte

Coquimbo, Chile

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8020-8076>

Received: 18/set/2019 • Accepted: 25/feb/2019 • Published: 31/jan/2020

Abstract

The proportions of fatty acids present in eggs and gonads of wild and captive *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) were evaluated to assist in obtaining nutritional information necessary to improve the diets provided in aquaculture production centers of this species. Samples of eggs and gonads were obtained from broodstock (1.0±0.1 kg) kept in the Pacific Marine Park (PMP), Costa Rica, and from individuals caught by fishermen in their natural environment. The samples were taken in triplicate during the period spanning from August to September 2015. Captive snappers were fed a fresh diet. Spawns and gonads were obtained from two groups of 16 specimens each of captive and wild fish, both groups having a sex ratio of 1:1 male to female. Gonads from females were selected according to their maturity stage, and male gonads were sampled based on the quantity, viscosity and color of semen. There were no statistically significant differences ($p \geq 0.05$) between egg diameters and oil droplets size; viability rates, expressed as percentages, were considered to be high and appropriate for comparison (91.2% captive, 86.1% wild).



There were also no statistically significant differences in the fatty acid composition of eggs obtained from wild and captive females ($p=0.2188$), or in gonads from males ($p=0.6179$) and wild and captive females ($p=0.1153$). The presence of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) was observed in all of the samples analyzed, while arachidonic acid (ARA) was found in amounts ranging from 0.38 to 5.07% and was not present in the eggs of wild females or in the gonads of captive females.

Keywords: Fatty acids; Eggs; Gonads; Wild; Captivity.

Resumen

Se evaluaron las proporciones de ácidos grasos presentes tanto en huevos como en gónadas de *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) silvestres y en cautiverio, con el fin de brindar la información nutricional necesaria para mejorar las dietas aplicadas en los centros de producción acuícola de esta especie. Las muestras de huevos y gónadas fueron obtenidas tanto de reproductores (1.0 ± 0.1 Kg) mantenidos en el Parque Marino del Pacífico, Costa Rica; como de los capturados, en el medio natural, por los pescadores. Las muestras fueron tomadas durante el periodo comprendido entre agosto y septiembre del 2015 y por triplicado. Los pargos en cautiverio fueron alimentados con base en dieta fresca. Los desoves y gónadas fueron obtenidos de lotes de 16 ejemplares en cautiverio y silvestres, ambos con una proporción de 1:1 macho y hembra. Las gónadas muestreadas de las hembras se seleccionaron de acuerdo con el estado de madurez; y la de los machos según la cantidad, viscosidad y color del semen. No existieron diferencias, estadísticamente significativas, ($p \geq 0.05$) entre los diámetros de los huevos y las gotas de aceite; los porcentajes de viabilidad se consideraron altos y aptos (91.2 % cautiverio, 86.1 silvestres) para la comparación. No se dieron diferencias, estadísticamente significativas, en la composición de ácidos grasos en los huevos obtenidos de hembras silvestres y de cautiverio ($p=0.2188$), ni en gónada de machos ($p=0.6179$) y hembras silvestres y de cautiverio ($p=0.1153$). Se observó la presencia del ácido eicosapentanoico (EPA) y del ácido docosahexanoico (DHA) en todas las muestras analizadas y el ácido araquidónico (ARA) se encontró en valores que variaron entre 0.38 y 5.07 %, y no estuvo presente en huevos silvestres ni en la gónada de hembras cautivas.

Palabras claves: Ácido graso; huevos; gónadas; silvestres; cautiverio.

Resumo

Foram avaliadas as proporções dos ácidos graxos presentes tanto em ovos quanto em gônadas *Lutjanus Guttatus* (Steindachner, 1869) silvestres e em cativeiro, de modo a fornecer informações nutricionais para melhorar a alimentação aplicada nos centros de produção de aquicultura da espécie. As amostras de ovos e gônadas foram obtidas de reprodutores ($1,0 \pm 0,1$ kg), mantidos no Parque Marinho do Pacífico, na Costa Rica, e dos capturados, no ambiente natural, por pescadores. As amostras foram coletadas no período de agosto a setembro de 2015 e em triplicado. Os pargos em cativeiro foram alimentados com dieta fresca. A desova e as gônadas foram obtidas de lotes de 16 exemplares cativos e silvestres, ambos com uma proporção de 1: 1 macho e fêmea. As gônadas amostradas das fêmeas foram selecionadas de acordo com o estado de maturidade; e a dos machos de acordo com a quantidade, viscosidade e cor do sêmen. Não houve diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$) entre os diâmetros dos ovos e as gotas de óleo; as porcentagens de viabilidade foram consideradas altas e adequadas (91,2% em cativeiro, 86,1 silvestres) para a comparação. Não houve diferenças estatisticamente significativas na composição de ácidos graxos nos ovos obtidos a partir de fêmeas silvestres e em cativeiro ($p = 0,2188$), ou em gônadas



de machos ($p = 0,6179$) e de fêmeas silvestres e em cativeiro ($p = 0,1153$). Observou-se a presença de ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosahexaenoico (DHA) em todas as amostras analisadas e ácido araquidônico (AA) encontrado em valores que variaram entre 0,38 e 5,07% e não estava presente em ovos silvestres e nem em gônada de fêmeas cativas.

Palavras-chave: Ácido graxo; ovos; gônadas; silvestre; cativeiro.

For several decades, species of the genus *Lutjanus* have been successfully cultivated, especially in Asia and Australia; while in America, mass production of artificially reared fingerlings and large-scale commercial cultivation began in the second half of the 2000s thanks to advances made with *Lutjanus guttatus* (Doi, Kohno, Taki, Ohno and Singhagraiwa, 1994; Emata, Eullaran and Bagrinao, 1994; Avilés et al., 1996, Field, 1997; Watanabe et al., 1998; Herrera-Ulloa, Chacón-Guzmán, Zúñiga-Calero, Fajardo-Espinoza and Jiménez-Montealegre, 2009; Abdo De la Parra, Rodríguez-Ibarra, Rodríguez-Montes de Oca and Velasco-Blanco, 2015).

L. guttatus known as rose spotted snapper (pargo manchado, flamingo or lunarejo in Spanish), has been one of the species of greatest interest for marine pisciculture in Latin America, its distribution in the Pacific Ocean ranges from Mexico to Peru; it possesses biological characteristics that potentiate its natural reproduction in captivity and farming in floating cages; it holds a high demand in international markets, especially in the United States, where crop specimens are sold whole (approx. 400 g) or in butterfly fillet at 5 to 8 USD/pound (Allen, 1995; Fischer et al., 1995; Herrera-Ulloa et al., 2009; Chacón-Guzmán, 2010).

In several countries, this potential crop species has encouraged research aimed at comprehending and controlling the different aspects of its life cycle in captivity (Abdo-De

la Parra, Rodríguez-Ibarra, Rodríguez-Montes de Oca, Velasco-Blanco and Ibarra-Castro, 2015). In Costa Rica, the first large-scale productions were recorded since 2005, farming in floating cages in 2006, national Market fresh produce sales in 2007 and export in 2009 (Herrera-Ulloa et al., 2009; Herrera-Ulloa, Chacón-Guzmán, Zúñiga-Calero and Jiménez-Montealegre, 2010).

However, despite significant progress, the larval stage remains one of the critical phases in the artificially reared fingerlings production process as this stage presents the highest mortality rate (Abdo-De la Parra et al., 2010). To increase survival at this stage, the nutrition of the broodstock plays a preponderant role due to its effect on the fertility rate and the quality of eggs (Watanabe, Arakawa, Kitajuma and Fajita, 1984).

In its natural environment *L. guttatus* is described as a carnivorous species that feeds mainly on fish and crustaceans (Rojas, 1997; Rojas-Herrera and Chiappa-Carrara, 2002; Rojas, Maravilla y Chicas, 2004). In captivity, the natural diet has been imitated by using marine species such as sardines, shrimp, squid, tuna and other fish, which has resulted in floating eggs of acceptable quality, viability and hatching rates above 90% (Herrera-Ulloa et al., 2009).

However, one must consider that egg quality; regarding its biochemical content to meet the nutritional demand of the embryo; is related to the nature and content of pigments, vitamin C, inorganic substances



(phosphorus, iron and calcium), organic compounds (polyunsaturated fatty acids or PUFAs), among others; and the age of the female. Therefore, under these premises, fresh diets do not always offer the same proportions of nutrients found in the natural environment diet, as is the case with PUFAs, required for proper growth and development; the most important being docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) and eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3). (Kjørsvik, Mangor-Jensen and Holmefjord, 1990; Sargent, McEvoy and Bell, 1997).

Thus, when *L. guttatus* are farmed in captivity it is necessary to include in their diet the required n-3 and n-6 polyunsaturated acids as these are necessary for sound biological function and adequate cellular structure (Sargent et al., 1995); they are precursors to prostaglandins (Murdoch, Hansen and McPherson, 1993) and contribute in the reproductive phases in females, influence gonadal development, fecundity and egg quality (Navas et al., 1997; Bruce et al., 1999).

The objective of the present study is to determine and compare the proportions of fatty acids present in the eggs and gonads of wild and captive rose spotted snappers, with the purpose of acquiring data to improve the diets supplied to *L. guttatus* broodstock in captivity.

Methodology

Samples of eggs and gonads (1.0 ± 0.1kg) from *L. guttatus* broodstock were collected between August and September of 2015, both from specimens held in captivity in the Pacific Marine Park (PMP), Puntarenas, Costa Rica, and wild specimens caught by artisanal fishermen using the longline technique in the Gulf of Nicoya, Costa Rica.

Captive broodstock (n=16) were captured 22 months prior to initiating the

investigation at 9°46'05"N and 84°52'16"E coordinates in the Gulf of Nicoya. They were marked with nano transponders [Trovan®, ID-100A (1.25), purchased from Inversiones Ekida Inc., 420-2050, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica] and then acclimatized in indoor rooms exposed to dim artificial light and natural light (approximate natural photoperiod of 12 hours light per 12 hours of darkness). Natural spawning (n=3) took place in 20 m³ circular fiberglass tanks equipped with a Pentair Aquatic Eco-System® recirculation system (double UV-65 watt sterilizers lamps, RK2 foam fractionator, biological filter and mechanical filter) with used water replacement of 40 L/min and 5% daily exchange with previously filtered (5µm) and UV sterilized (UV-128 watts, TT PE 4250 HO Astral®) water. The broodstock were fed squid (*Illex argentinus*) (38% m/m), Pacific thread herring (*Opisthonema libertate*) (58% m/m) and crystal shrimp (*Farfatepenaeus brevirostris*) (4% m/m) at a ration (BW/day) equivalent to 4% of their body weight (BW), once a day, 5 times a week except Sundays and Thursdays.

Wild broodstocks (n=16) were captured at 9°49'05"N and 84°50'26"E coordinates in the Gulf of Nicoya, 5 km from the area where the fish held in captivity were caught. On the same day of capture, ten specimens were induced to spawn using human chorionic gonadotropin (hCG) according to the methodology described by Herrera-Ulloa et al. (2009), and placed in 10 m³ circular fiberglass tanks, provided with the same type of recirculation system as employed with the captivity broodstock.

In both groups (captive and wild), spawns occurred between 03:00 and 05:00 a.m. The eggs were diverted through a superficial lateral tube to a 150 L harvesting



tank having a 500 μm central sieve drain, nine hours later eggs were collected and individually counted in a 1 L graduated glass cylinder. Eggs were counted by the volumetric displacement method: after introducing the eggs, five minutes were given for floating eggs to separate from non-floating ones. To determine the number of floating eggs per mL, three one-milliliter samples were counted. The total number of eggs, floating and non-floating, was determined by multiplying the quantity of eggs per mL by the total milliliters equivalent to the egg column measured in the graduated glass cylinder.

From the column of floating eggs, 3 samples ($n=30$) were taken and examined under a microscope to determine the diameter of the egg and oil droplet size as well as the survival rate as defined based on the criteria established by [Silva and Castelló \(2005\)](#).

To obtain the gonad samples, six fish from each group were sacrificed (3 males and 3 females). 5 mL of clove oil (*Syzygium aromaticum*) was used to surgically sedate the fish prior to dissection.

Gonads sampled from females were selected according to their maturity stage, with predominance of oocytes with average diameters of $425 \pm 25 \mu\text{m}$ and that of males according to the quantity, viscosity and color of the semen.

For its preservation, both eggs and gonads were washed with distilled water and preserved under vacuum at -40°C . Each gonad sample was taken from three broodstock specimens, according to their origin and gender.

Fatty acids analysis: for total lipids extraction, the sample mass was directly measured in a 250 mL glass centrifuge tube, 50 mL of petroleum ether was added and vortexed for 1 minute, then centrifuged for 10 minutes at 4000 rpm. The product was decanted in a 250 mL glass flask and the organic extract evaporated to dryness in a rotary evaporator at 40°C and the residue weighed.

Subsequently, fatty acid profiling was performed by gas chromatography using a Shimadzu GC-2014-FID gas chromatograph equipped with AOC-20i auto injector and an open tubular column (Varian CP-SIL 88 fused silica WCOT, 100 m x 0.25 mm $\text{df}=0.2 \mu\text{m}$).

Egg diameter and oil droplet size data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) to detect differences between spawns ($p < 0.05$). To statistically compare the fatty acids content in eggs and gonads (both sexes), the Kruskal-Wallis non-parametric test was used ([Zar, 1999](#)).

Results

Because the manipulation of fish while in captivity, prior to natural spawning, can induce excessive stresses that prevent the final detonation of eggs, it was decided to perform ovarian biopsies only to wild females and abdominal massages to wild males for obtaining semen (see Table 1). Semen quality was determined by macroscopic inspection.



Table 1.
Characteristics of the ovarian samples of wild broodstock used for spawning and extraction of gonads.

Fish ID	Weight (kg)	Sex	Oocytes size (µm)	Semen quality	Destined Use*
1	0.96	Male	-----	Normal **	Spawn
2	1.01	Male	-----	Normal	Spawn
3	0.98	Male	-----	Normal	Spawn
4	0.99	Male	-----	Normal	Spawn
5	1.05	Male	-----	Normal	Spawn
6	1.04	Female	400	-----	Spawn
7	0.9	Female	425	-----	Spawn
8	0.91	Female	425	-----	Spawn
9	1.05	Female	450	-----	Spawn
10	1.04	Female	450	-----	Spawn
11	1.09	Male	-----	Normal	Gonad
12	1.00	Male	-----	Normal	Gonad
13	1.03	Male	-----	Normal	Gonad
14	0.92	Female	425	-----	Gonad
15	0.91	Female	400	-----	Gonad
16	1.09	Female	425	-----	Gonad

Notes: * Destined use: indicates the use that was given to the fish, either for reproduction (spawn) or gonad extraction; ** Normal: white, creamy and abundant semen. Only males having semen with these characteristics were selected.

Source: Own elaboration from present study data

The compared spawns did not show significant statistical differences ($p \geq 0.05$) with respect to egg diameter and oil droplet size. Viability rates (percentages) were

similar in captive fish spawns but lower in the induced spawns of wild fish, although wild fish produced a greater number of total eggs (see Table 2).

Table 2.
Spawn quantity and quality from fish held in captivity and wild fish induced with hCG hormone.

	Captive 1		Captive 2		Captive 3		Captive \bar{x}		Wild	
		VR ¹ (%)		VR (%)		VR (%)		VR (%)		VR (%)
Spawn quantity	234,000		198,000		103,000		178,333		360,000	
Viable eggs	206,000	88.0	189,000	95.5	93,000	90.3	162,667	91.2	310,000	86.1
Defective eggs	28,000	12.0	11,000	4.6	15,000	9.7	18,000	8.8	50,000	13.9
Egg diameter (µm)	750.0±25.4		751.7±22.7		750.0±25.4		750.0±24.5		750.0±19.7	
Oil droplet size (µm)	0.117±0.02		0.118±0.02		0.117±0.02		0.117±0.02		0.116±0.02	

Notes: ¹VR= viability rate expressed as a percentage.

Source: Own elaboration from present study data



The number of fatty acids detected was lower in the gonad of wild *L. guttatus* females than in the rest of the sampled specimens; palmitic acid is present in the highest proportion followed by oleic acid which was only found in wild and male captive specimens (see Table 3). On the other hand, 18:2n-6 acid was present in all samples of captive fish and in the eggs of wild fish. No trend was observed in relation to the abundance and presence of this fatty acid, there were no statistically significant differences in its abundance in the eggs of wild and captive females ($p=0.2188$), nor in male gonads ($p=0.6179$) and wild and captive female gonads ($p=0.1153$).

With respect to n-3 fatty acids (see Table 3), 18:3n-3 was present in the samples of reproductive tissues and eggs of captive fish with low levels in the male and female gonad, and higher level in the eggs. The presence of EPA was observed in all analyzed samples. Samples obtained from wild fish showed lower EPA values than those from captive fish tissue (see Table 3). The gonads of wild males contained 63.3% of the value of EPA found in captive males.

DHA was the HUFA (highly unsaturated fatty acid) found in greater proportion in all analyzed samples, with values ranging from 10.01 to 15.89%. The lowest values

are found in the gonads of wild and captive males (see Table 3), however, eggs also showed high concentrations of this HUFA.

Arachidonic acid (ARA) was found in values that ranged from 0.38 to 5.07% and was absent in wild eggs and in captive *L. guttatus* female gonads (see Table 3).

Saturated fatty acids predominated in all analyzed samples, and their sum totaled values close to 50%. Regarding n-3 and n-6, a greater presence of n-3 series fatty acids was observed in all the samples analyzed, with the highest levels found in captive fish. On the other hand, the proportion of PUFAs was found to range from 17 to 27%, being lower in the gonads of both captive and wild *L. guttatus* males. The gonads of females and eggs of wild females had the highest proportions of PUFAs. In relation to HUFAs, males had the lowest values of total HUFAs while the values of females and eggs varied between 20.26 and 24.38%. The gonads of wild females had the highest value of these fatty acids (see Table 1).

The EPA: ARA ratio varied in all samples, with a high value in eggs obtained from captive females, compared to the DHA: EPA ratio where similar values were observed throughout all analyzed samples (see Table 3).



Table 3.

Fatty acids profile (% of total fatty acids) of eggs and gonads of wild and captive L. guttatus from the analysis of unified samples, taken from three specimen categories: H-S= wild females; H-C= captive females; M-S= wild males; M-C= captive males, --= Undetected.

Fatty acid	Eggs H-S	Eggs H-C	Gonad M-S	Gonad M-C	Gonad H-S	Gonad H-C
13:00	--	--	0.39	0.01	1.91	--
12:00	--	0.04	0.18	--	--	--
14:00	2.83	2.72	3.06	7.74	2.96	4.11
15:00	--	0.25	1.21	0.52	--	--
16:00	26.51	24.49	27.39	28.05	26.59	28.39
16:1n-7	6.39	6.72	4.75	7.21	6.84	5.74
17:00	1.5	0.55	2.04	0.73	--	0.77
17:1n-7	1.19	--	0.9	--	--	--
18:00	11.25	11.6	15.8	8.72	12.31	11.12
18:1 cis (Mixture of oleic acid, vaccenic acid, petroselinic acid)	--	3.01	--	--	--	23.78
18:1n-9	22.23	--	24.75	21.17	21.9	--
18:2n-6	2.21	0.17	--	3.17	--	0.14
18:4n-6	--	--	--	0.55	2.96	--
18:3n-3	--	0.52	--	0.24	--	0.24
18:2n-7 conjugated	--	0.43	--	--	--	1.12
20:00	--	0.16	--	--	--	0.09
20:3n-9	3.81	0.17	--	--	--	0.11
20:2n-6	--	--	0.57	0.37	--	--
20:4n-6	--	0.38	2.64	1.35	5.07	--
20:1n-9,cis-5	--	--	0.5	0.38	--	--
20:1n-9,cis-11	--	--	1.31	2.06	--	--
20:5n-3	6.07	7.32	3.9	6.16	5.49	6.62
22:00	--	2.37	--	--	--	2.03
22:6n-3	13.37	15.89	10.01	11.36	13.82	13.53
Saturated	42.45	42.43	50.07	45.77	43.77	46.51
Monoinsaturated	29.81	31.73	30.4	30.82	28.74	29.79
n-3	19.44	23.73	13.91	17.76	19.31	20.39
n-6	2.21	0.55	3.21	5.44	8.03	0.14
n-3 HUFA	19.44	23.21	13.91	17.52	19.31	20.15
EPA:ARA	--	2.18	1.48	4.56	1.08	--
DHA:EPA	2.20	2.17	2.56	1.84	2.51	2.04
PUFAs	27.70	25.31	17.12	23.20	27.34	24.11
HUFAs	23.25	23.76	16.55	18.87	24.38	20.26

Source: Own elaboration from present study data



Discussion

In nature or under culture conditions, the quality fish gametes can be variable as a consequence of the influence of a significant number of external factors (Bobe and Labbé, 2010). In this context, the quality of eggs and larvae of *L. guttatus* would be related to the nutritional quality of the diet with which the broodstock are fed and conditioned. In captivity the effective management of the methods employed in obtaining sexual products is another factor that can condition the results.

Hormone-induced spawning, although capable of providing direct control over the final stages of the fish's reproductive cycle, as well as being an adequate source of eggs of good quality, is more variable and unpredictable when compared to natural spawning (Marte 1989; Papanikos et al. 2003). Natural spawning guarantees a constant supply of fertile eggs with which constant production of artificially reared fingerlings can be developed for commercial purposes (Dumas et al., 2004). However, according to Tamaru, Carlstrom, Fitzgerald y Ako (1996) the percentage of fertilization in hormone-induced spawning can vary considerably from 32.6 to 99.9%. In the present study, the viability rate, despite being lower in wild fish (86.1%) compared to captive fish (91.2%), is considered suitable in terms of quality. The results given in Table 1 and 2 show that the quality characteristics of spawns and gonads based on the stages of maturity of the fish were similar and did not show significant differences ($p \geq 0.05$) in aspects that generally infer differences in the quality of the eggs such as diameter and oil droplet size. The values obtained for these variables were close to those previously

reported for the same specie (Lagos 2000; Mejía-Narváez et al., 2009).

Terán et al. (2004) indicate that oocytes of 300 to 400 microns in diameter are in the process of final vitellogenesis and require exogenous gonadotropin for ovulation in *Lutjanidae*. Hence, the stage of gonadal maturity (oocyte diameter) of wild females in this study were considered suitable to induce spawning to obtain the samples and compare them to captive broodstock that spawned good quality fertile eggs which reached maturation stages earlier and consequently their development advanced faster than other seeds. Similarly, the macroscopic quality of male semen was considered normal. It can be inferred that the stage of maturity and the quality of sexual products was similar.

Studied *L. guttatus* broodstock were fed a fresh diet obtained from the Pacific coast of Costa Rica. Thus, it was necessary to study and determine its nutritional quality prior use as feed in order to obtain optimal production of viable larvae and juveniles, as has been done for other marine fish species (Benetti et al., 2008).

It has already been mentioned that in marine fish, adequate supplementation of essential fatty acids in the diet of broodstock is important for good egg quality (Navas et al., 1997; Bruce et al., 1999). This supplementation should be carried during vitellogenesis due to the direct relationship that exists between the quality of the lipids present in the oocyte and the composition of fatty acids in the diet the broodstock (Fernández-Palacios et al., 1995; Wilson, 2009; Tocher, 2010). In this study, no differences are observed in the levels of PUFAs in gonad and eggs of *L. guttatus*.

Lipid sources in fish eggs are the chorion (lipoproteic layer), the vitelli that also



contains glycogen and free amino acids and used mainly as an energy source (Fyhn and Govoni, 1995), the lipid globule that contains triglycerides and used as a source of energy and fatty acids (Parra, Rønnestad and Yúfera, 1999). These nutrients are the main sources of energy from the formation of the gastrula to the hatching stage of the embryo (Vetter, Houdson and Arnold, 1983).

Under these considerations it is necessary to approach the natural feeding condition of *L. guttatus* broodstock to achieve a quality of gametes suitable for the successful intensive production of larvae and juveniles. One way to realize this is by utilizing analytical information obtained from samples of the natural environment of the species intended for reproduction management under controlled conditions and to compare with data obtained under captivity conditions as has been practiced for *Spondyllosoma cantharus* (Rodríguez et al., 2004), *Seriola dumerili* (Rodríguez-Barreto et al., 2012) or *Cynoscion parvipinnis* (González-Félix, Urquidez-Bejarano, Perez-Velazquez, Castro-Longoria and Vazquez-Boucard, 2017).

The focus in fish reproduction management has centered around lipid quality due to the importance of these nutrients in tissue formation and as a source of energy in the larval stages of fish development. Of all PUFAs the most important are 18:3n-3, ARA, EPA, and DHA (Civera-Cerecedo, Álvarez-González and Moyano-López, 2004). Due to the above, the lip content of broodstock feed must be suitable to guarantee the transfer of these nutrients to the offspring via the gametic route, as was considered in this study by selecting fresh feeds with adequate levels of these fatty acids as defined in the literature. In cultivation experiences carried out with *Diplodus sargo* (Sparidae), when comparing ovarian fatty acids content

in wild and captive fish, it was recognized that the diet supplied to the broodstock was inappropriate (Cejas et al., 2003). Likewise, Mourente and Odriozola (1990) showed that the composition of fatty acids in eggs of *Sparus aurata* (Sparidae) had significant differences due to the influence of fatty acid levels in broodstock diet.

According to the metabolic interactions of PUFAs, the nutritional requirements of DHA, EPA and ARA cannot be considered independently, on the contrary, it is important to consider the proportion of DHA:EPA and DHA:ARA (Sargent, Bell, McVoy, Tocher and Estévez, 1999). In marine fish the content of ARA and the DHA: EPA ratio correspond to important factors that influence egg viability and possibly also its symmetry (Pickova, Dutta, Larsson and Kiessling, 1997). The results obtained show such proportions to be similar in eggs procured from the natural environment and under captivity conditions, which could indicate the potential viability of *L. guttatus* larvae and juveniles.

The optimal dietary ratio of DHA: EPA for sea bass larvae is 2:1 and that of EPA: ARA is 1:1; in turbot and halibut larvae the DHA: EPA ratio is 2:1, but EPA: ARA in these species is 10:1 or greater (Sargent et al., 1999).

In *Paralichthys adspersus* (Paralichthyidae) eggs the amount of n-3 HUFA increases with the addition of a greater amount of fatty acids in the diet of broodstock, while the proportions of DHA:EPA and EPA:ARA are 2:1 and 4:1, respectively. These criteria were associated with egg quality (Wilson, 2009).

The results of this study on *L. guttatus* show that the DHA: EPA ratio in eggs from wild broodstock was 2.2:1 and 2.17:1 from captive broodstock; these values resemble



those reported for marine fish. The EPA: ARA ratio was significantly lower in wild eggs (1.6:1) and very high in captive eggs (19.3:1). Wilson (2009) recommends the incorporation of n-3 HUFA in the diet of broodstock at levels of 4.1% of total lipids, and a total fatty acid content of 20 to 25% as this allows an adequate quality of spawns and improves the fertilization rate.

It is necessary to investigate the levels of vitamins, such as E and C, and amino acids required by larvae and juveniles of *L. guttatus*. On the other hand, to improve egg quality and larvae viability, efforts need to be directed to improving the proportion of DHA: EPA and ARA: EPA in feed, which allow good neural and visual function, eicosanoids promote achieving efficient physiological functions (Bell, Farndale, Bruce, Navas and Carrillo, 1997).

When analyzing the sexual products obtained in this study, it was determined that both broodstock groups generated sexual products suitable for the comparison of fatty acids in eggs and gonads of wild *L. guttatus*. It can be concluded that it is necessary to know the proportions of DHA: EPA and ARA: EPA required for adequately feeding specimens in captivity. In addition, it's suggested to study and determine their nutritional quality prior to use as feed to achieve optimal larval and juvenile production. Finally, it is mandatory to investigate and define the nutritional needs of marine fish broodstock to ensure highly viable offspring, and on the other hand, to optimize the use of nutrients of high cost and reduced access such as fishmeal and fish oil, which have suitable fatty acids profiles for marine fish.

References

- Abdo-De la Parra, M. I.; Rodríguez-Ibarra, E.; Campillo-Martínez, F.; Velasco-Blanco, G.; García-Aguilar, N.; Álvarez-Lajonchère, L. y Voltolina, D. (2010). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia larval del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(1), 141-146. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572010000100014>
- Abdo-De la Parra, M. I.; Rodríguez-Ibarra, L. E.; Rodríguez-Montes de Oca, G.; Velasco-Blanco, G. e Ibarra-Casto, L. (2015). Estado actual del cultivo de larvas del pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(3), 415-423. Recuperado de <http://lajar.ucv.cl/index.php/rlajar/article/view/vol43-issue3-fulltext-3>
- Allen, G. R. (1995). Lutjanidae. En W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. Niem (Eds.), *Guía FAO para identificación de especies para fines de la pesca* (pp. 1231-1244). Italia, Roma: FAO.
- Avilés, A.; Reyes, L.; McGregor, U.; Hirales, O.; Rodríguez, R. y Lizawa, M. (1996). Cultivo experimental del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) y pargo raicero *L. aratus* (Günther, 1864) en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B. C. S., México. En A. Silva y G. Merino (Eds.), *IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2.º Simposio Avances y Perspectivas de la Acuicultura en Chile* (pp. 240-243). Universidad Católica del Norte, Chile: Asociación Latinoamericana de Acuicultura.
- Bell, J. G.; Farndale, B. M.; Bruce, M. P.; Navas, J. M. y Carrillo, M. (1997). Effects of broodstock dietary lipid on fatty acid compositions of eggs from sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 149(1-2), 107-119. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01436-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01436-6)
- Benetti, D.; Orhum, M.; Sardenberg, B.; O'Hanlon, B.; Welch, A.; Hoenig, R.; Zink, I.; Rivera, J.; Denlinger, B.; Bacoat, D.; Palmer, K. y Cavalin, F. (2008). Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 39(7), 701-711. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01922.x>
- Bobe, J. y Labbé, C. (2010). Egg and sperm quality in fish. *General and Comparative*



- Endocrinology*, 165(3), 535-548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yggen.2009.02.011>
- Bruce, M.; Oyen, F.; Bell, G.; Asturiano, J. F.; Farn-dale, B.; Ramos, J.; Bromage, N.; Carrillo, M. y Zanuy, S. (1999). Development of brood-stock diets for the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) with special emphasis on the importance of n-3 and n-6 highly unsaturated fatty acid to reproductive performance. *Aquaculture*, 177(1-4), 85-97. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00071-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00071-X)
- Cejas, J. R.; Almansa, E.; Villamandos, J. E.; Badía, P.; Bolaños, A. y Lorenzo, A. (2003). Lipid and fatty acid composition of ovaries from wild fish and ovaries and eggs from captive fish of white sea bream (*Diplodus sargus*). *Aquaculture*, 216(1-4), 299-313. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00525-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00525-2)
- Chacón-Guzmán, J. (2010). *Efectos de la tecnología de cultivo del pargo manchado Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (pisces: lutjanidae) en jaulas flotantes en el Golfo de Nicoya, Costa Rica (Tesis de Maestría). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Civera-Cerecedo, R.; Álvarez-González, C. A. y Moyano-López, F. J. (2004). Nutrición y alimentación de larvas de peces marinos. En: L.E., Cruz Suárez, D., Ricque Marie, M.G., Nieto López, D., Villarreal Cavazos, U., Scholz, M.L. González Félix, y M. Pérez Velázquez, (Eds). *Avances en nutrición acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola* (pp. 8-94). México: Universidad Autónoma de México. Recuperado de https://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/VII/archivos/3RobertoCivera.pdf
- Doi, M.; Kohno, H.; Taki, Y.; Ohno, A. y Singha-graiwan, T. (1994). Morphological development of eggs, larvae and juveniles of the red snapper, *lutjanus argentimaculatus* (pisces: lutjanidae). *Journal of Tokio University of Fisheries*, 8(2), 135-153.
- Dumas, S.; Rosales-Velásquez, M.; Contreras-Olguín, M.; Hernández-Ceballos, D. y Silverberg, N. (2004). Gonadal maturation in captivity and hormone-induced spawning of the Pacific red snapper *Lutjanus Perù*. *Aquaculture* 234(1-4), 615-623. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.022>
- Emata, A.; Eullaran, B. y Bagarinao, T. (1994). Induced Spawning and Early Life Description of the Mangrove Red Snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Aquaculture*, 121(1-4), 381-387. doi: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90272-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90272-0)
- Fernández-Palacios, H.; Izquierdo, M. S.; Robaina, L.; Valencia, A.; Salhi, M. y Vergara, J.M. (1995). Efecto de n-3HUFA level in brood-stock diets on egg quality of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 132(3-4), 325-337. doi: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00345-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00345-0)
- Field, G. (1997). Golden Record! Australians Make Snapper Breakthrough. *Fish Farming International*, 24(7), 1-4.
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K. E. y Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico Centro Oriental* (Volumen I). Roma, Italia: FAO e Instituto de Investigación Senckenberg. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Friedhelm_Krupp/publication/292139039_Guia_FAO_para_la_identificacion_de_especies_para_los_fines_de_la_pesca_Pacifico_centro-oriental_vol_1/links/56a9ced308ae2df821653fb6/Guia-FAO-para-la-identificacion-de-especies-para-los-fines-de-la-pesca-Pacifico-centro-oriental-vol-1.pdf
- Fyhn, H. J. y Govoni, J. J. (1995). Endogenous nutrient mobilization during egg and larval development in two marine fishes, Atlantic menhaden and spot. *ICES Mar. Sei. Symp*, 201, 64-69. Recuperado de <http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Marine%20Science%20Symposia/ICES%20Marine%20Science%20Symposia%20-%20Volume%20201%20-%201995%20-%20Part%2012%20of%2067.pdf>
- González-Félix, M.; Urquidez-Bejarano, P.; Perez-Velazquez, M.; Castro-Longoria, R. y Vázquez-Boucard, C. (2017). Biochemical composition and fatty acid profile of gonads from wild and cultured shortfin corvina (*Cynoscion parvipinnis*) during the early maturation stage. *Arch Biol Sci.*, 69(3), 491-501. Recuperado de <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-4664/2017/0354-46641600124G.pdf>
- Herrera-Ulloa, A.; Chacón-Guzmán, J.; Zúñiga-Calero, G.; Fajardo-Espinoza, O. y Jiménez-Montealegre, R. (2009). Acuicultura de pargo la mancha *Lutjanus guttatus*



- (Steindachner, 1869) en Costa Rica dentro de un enfoque ecosistémico. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 1, 197-213. doi: <https://doi.org/10.15359/revmar.1.11>
- Herrera-Ulloa, A.; Chacón-Guzmán, J.; Zúñiga-Cale-ro, G. y Jiménez-Montealegre, R. (2010). Spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) aquaculture research and development as socio-economic alternative for Costa Rican fishing communities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(2), 20-22. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/235638071_Spotted_rose_snapper_Lutjanus_guttatus_aquaculture_research_and_development_as_socio-economic_alternative_for_Costa_Rican_fishing_communities
- Kjørsvik, E.; Mangor-Jensen, A. y Holmefjord, I. (1990). Egg Quality in Fishes. *Advances in Marine Biology*, 26, 71-113. doi: [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60199-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60199-6)
- Lagos, V. (2000). *Incubación y cultivo de Lutjanus guttatus; pargo manchado (Pisces: Lutjanidae)*. (Tesis de maestría), p. 89. Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile.
- Marte, C. L. (1989). Hormone-Induced spawning of cultured tropical finfishes. *Avances in Tropical Aquaculture, Tahiti, Acuacop Ifremer, Actes de Colloque*, 9, 519-539. Recuperado de <http://fisheries.tamu.edu/files/2013/09/Hormone-induced-spawning-of-cultured-tropical-finfishes.pdf>
- Mejía-Narváez, L.; Rodríguez-Araujo, C.; López-Macías, M. (2009). Evaluación de la Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) a diferentes dosis, en la reproducción inducida de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*, Steindachner 1869) en condiciones de cautiverio. *Vet. zootec.* 3(2), 28-40. Recuperado de <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v3n2a03.pdf>
- Mourente, G. y Odriozola, J. M. (1990). Effect of broodstock diets on lipid classes and their fatty acid composition in eggs of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, 8 (2), 93-101. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00004436>
- Murdoch, W. J.; Hansen, T. R. y McPherson, L. A. (1993). A review-role of eicosanoids in vertebrate ovulation. *Prostaglandins*, 46(2), 85-115. doi: [https://doi.org/10.1016/0090-6980\(93\)90037-8](https://doi.org/10.1016/0090-6980(93)90037-8)
- Navas, J. M.; Bruce, M.; Thrush, M.; Farndale B. M.; Bromage, N.; Zanuy, S.; Carrillo, M.; Bell, J. G. y Ramos J. (1997). The impact of seasonal alternation in the lipid composition of broodstock diets on egg quality in the European sea bass. *Journal of Fish Biology*, 51(4), 760-773. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01997.x>
- Papanikos, N.; Phelps, R.; Williams, K.; Ferry, A. y Maus, D. (2003). Egg and larval quality of natural and induced spawns of red snapper, *Lutjanus campechanus*. *Fish Physiology and Biochemistry* 28(1-4), 487-488. Doi <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000030636.08228.4e>
- Parra, G.; Rønnestad, I. y Yúfera, M. (1999). Energy metabolism in eggs and larvae of the Senegal sole. *Journal of Fish Biology*, 55(sA), 205-214. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1999.tb01056.x>
- Pickova, J.; Dutta, D.; Larsson, P. y Kiessling, A. (1997). Early embryonic cleavage pattern, hatching success, and egg-lipid fatty acid composition: comparison between two cod (*Gadus morhua*) stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(10), 2410-2416. doi: <https://doi.org/10.1139/f97-148>
- Rodríguez, C.; Acosta, C.; Badía, P.; Cejas, J.; Santamaría, F. y Lorenzo, A. (2004). Assessment of lipid and essential fatty acids requirements of black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) by comparison of lipid composition in muscle and liver of wild and captive adult fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part, 139*(4), 619-629. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2004.07.013>
- Rodríguez-Barreto, D.; Jerez, S.; Cejas, J.; Martín, M.; Acosta, N.; Bolaños, A. y Lorenzo, A. (2012). Comparative study of lipid and fatty acid composition in different tissues of wild and cultured female broodstock of greater amberjack (*Seriola dumerili*). *Aquaculture*, 360-361, 1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.013>
- Rojas, R. (1997). Fecundidad y épocas de reproducción del “pargo mancha” *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 44(3)/45 (1), 477-487. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/30656/30526>
- Rojas-Herrera, A. & Chiappa-Carrara, X. (2002). Feeding habits of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) in the



- coast of Guerrero, Mexico. *Ciencias Marinas*, 28(2), 133-147. doi: <https://doi.org/10.7773/cm.v28i2.219>
- Rojas, R.; Maravilla, E. y Chicas, F. (2004). Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Los Cóbano y Puerto La Libertad, El Salvador. *Revista Biología Tropical*, 52(1), 163-170. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/14820/14107>
- Sargent, J.; Bell, J.; Bell, M.; Henderson, R. y Tocher, D. (1995). Requirement criteria for essential fatty acids. *J. Appl. Ichthyol*, 11, 183-198. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1995.tb00018.x>
- Sargent, J. R.; McEvoy, L. y Bell, J. G. (1997). Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155(1-4), 117-127. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00122-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00122-1)
- Sargent, J.; Bell, G.; McVoy, L.; Tocher, D. y Estévez, A. (1999). Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*, 177(1-4), 191-199. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00083-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00083-6)
- Silva, A. y Castelló, F. (2005). Técnicas de producción de huevos y larvas de peces marinos. En A. Silva (Ed.). *Cultivo de peces marinos*, (pp. 159-184). Coquimbo, Chile.: Universidad Católica del Norte.
- Steindachner, F. (1869). *Ichthyologische Notizen*. Berlín, Alemania: Sitzber. Akad. Wiss. Wien.
- Tamaru, C.; Carlstrom-Trick, C.; Fitzgerald Jr, W.; Ako, H. (1996). Induced final maturation and spawning of the marbled groupers *Epinephelus microdon* captured from spawning aggregations in the Republic of Palau, Micronesia. *Journal of the world Aquaculture Society*, 27(4), 363-372. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1996.tb00621.x>
- Terán, P.; Rosales, M.; Dumas, S.; Cortés, H. P. y Alcántar, J. P. (2004). Características reproductivas del huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*) en cautiverio. *Panorama Acuicola Magazine*, 3(20), 3-29.
- Tocher, D. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research*, 41(5), 717-732. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x>
- Vetter, R.; Houdson, R. & Arnold, C. (1983). Energy metabolism in a rapidly developing marine fish egg, the red drum (*Scienops ocellata*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40(5), 627-634. doi: <https://doi.org/10.1139/f83-082>
- Watanabe, T.; Arakawa, T.; Kitajuma, C. & Fujita, S. (1984). Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of red sea bream. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 50(3), 495-501. Recuperado de https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan1932/50/3/50_3_495/_pdf/-char/en
- Watanabe, W.; Ellis, E.; Ellis, S.; Chaves, J.; Manfredi, C.; Hagood, R.; Sparsis, M. & Arneson, S. (1998). Artificial Propagation of Mutton snapper *Lutjanus analis*, a New Candidate Marine Fish Species for Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 29(2), 176-187. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1998.tb00977.x>
- Wilson, R. (2009). Dietary effects of n-3 highly unsaturated fatty acid levels on egg and quality, and the fatty acid composition of the eggs of Chilean flounder *Paralichthys adspersus* broodstock. *Aquaculture Research*, 40(12), 1400-1409. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02238.x>
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall.



Comparison of fatty acids profile of the gonads and eggs of *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) obtained from wild and captive broodstock. (Jonathan Chacón-Guzmán, Milagro Carvajal-Oses, Pedro Toledo-Agüero, Héctor Flores-Gatica) in *Uniciencia* is protected by Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-NC-ND 3.0)



Comparación del perfil de ácidos grasos de las gónadas y huevos de *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) obtenidas de reproductores silvestres y de cautiverio

Comparison of fatty acid profiles of the gonads and eggs of Lutjanus Guttatus (Perciformes: Lutjanidae) obtained from wild and captive breeding animals

Comparaçãõ do perfil de ácidos graxos das gônadas e ovos de Lutjanus guttatus (Perciformes: Lutjanidae) obtidos de animais reprodutores silvestres e em cativeiro

Jonathan Chacón-Guzmán

jonathan.chacon.guzman@una.cr

Programa del Parque Marino del Pacífico
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8449-2334>

Milagro Carvajal-Oses

Milagro.carvajal.oses@una.cr

Programa del Parque Marino del Pacífico
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8294-9863>

Pedro Toledo-Agüero

ptoledo@ucn.cl

Departamento de Acuicultura
Universidad Católica del Norte
Coquimbo, Chile

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3844-1824>

Héctor Flores-Gatica

hflores@ucn.cl

Departamento de Acuicultura
Universidad Católica del Norte
Coquimbo, Chile

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8020-8076>

Received: 18/set/2018 • Accepted: 25/feb/2019 • Published: 31/jan/2020.

Resumen

Se evaluaron las proporciones de ácidos grasos presentes tanto en huevos como en gónadas de *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) silvestres y en cautiverio, con el fin de brindar la información nutricional necesaria para mejorar las dietas aplicadas en los centros de producción acuícola de esta especie. Las muestras de huevos y gónadas fueron obtenidas tanto de reproductores (1.0±0.1 Kg) mantenidos en el Parque Marino del Pacífico, Costa Rica; como de los capturados, en el medio natural, por los pescadores. Las muestras fueron tomadas durante el periodo comprendido entre agosto y septiembre del 2015 y por triplicado. Los pargos en cautiverio fueron alimentados con base en dieta fresca. Los desoves y gónadas fueron obtenidos de lotes de 16 ejemplares en cautiverio y silvestres, ambos con una proporción de 1:1 macho y hembra. Las gónadas muestreadas de las hembras se seleccionaron de acuerdo con el estado de madurez; y la de los machos según la cantidad, viscosidad y color del semen. No existieron diferencias, estadísticamente significativas, ($p \geq 0.05$) entre los diámetros de los huevos y las gotas de



aceite; los porcentajes de viabilidad se consideraron altos y aptos (91.2 % cautiverio, 86.1 silvestres) para la comparación. No se dieron diferencias, estadísticamente significativas, en la composición de ácidos grasos en los huevos obtenidos de hembras silvestres y de cautiverio ($p=0.2188$), ni en gónada de machos ($p=0.6179$) y hembras silvestres y de cautiverio ($p=0.1153$). Se observó la presencia del ácido eicosapentanoico (EPA) y del ácido docosahexanoico (DHA) en todas las muestras analizadas y el ácido araquidónico (ARA) se encontró en valores que variaron entre 0.38 y 5.07 %, y no estuvo presente en huevos silvestres ni en la gónada de hembras cautivas.

Palabras claves: Ácido graso; huevos; gónadas; silvestres; cautiverio

Abstract

The proportions of fatty acids present in eggs and in gonads of wild and captive *Lutjanus Guttatus* (Steindachner, 1869) were evaluated to assist in obtaining nutritional information necessary to improve the diets provided in aquaculture production centers of this species. Samples of eggs and gonads were obtained from both broodstock (1.0 ± 0.1 kg) kept in the Marine Park of the Pacific, Costa Rica, and from individuals caught by fishermen in their natural environment. The samples were taken during the period between August and September 2015, in triplicate. Captive snappers were fed a fresh diet. Spawn and gonads were obtained from groups of 16 captive and wild specimens, both with a sex ratio of 1:1 male and female. Gonads from females were selected according to their maturity, and male gonads were sampled based on the amount, viscosity and color of semen. There were no statistically significant differences ($p \geq 0.05$) between the diameters of the eggs and oil drops; percentages of viability were considered to be high and appropriate for comparison (91.2% captive, 86.1 wild). There were also no statistically significant differences in the fatty acid composition of eggs obtained from wild and captive females ($p=0.2188$), or in gonads from males ($p=0.6179$) and wild and captive females ($p=0.1153$). The presence of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) was observed in all of the samples analyzed, while arachidonic acid (ARA) was found in amounts ranging from 0.38 to 5.07%, and was not present in the eggs of wild females or in the gonads of captive females.

Keywords: Fatty acid; eggs; gonads; wild; captivity

Resumo

Foram avaliadas as proporções dos ácidos graxos presentes tanto em ovos quanto em gônadas *Lutjanus Guttatus* (Steindachneri, 1869) silvestres e em cativeiro, de modo a fornecer informações nutricionais para melhorar a alimentação aplicada nos centros de produção de aquicultura da espécie. As amostras de ovos e gônadas foram obtidas de reprodutores ($1,0 \pm 0,1$ kg), mantidos no Parque Marinho do Pacífico, na Costa Rica, e dos capturados, no ambiente natural, por pescadores. As amostras foram coletadas no período de agosto a setembro de 2015 e em triplicado. Os pargos em cativeiro foram alimentados com dieta fresca. A desova e as gônadas foram obtidas de lotes de 16 exemplares cativos e silvestres, ambos com uma proporção de 1: 1 macho e fêmea. As gônadas amostradas das fêmeas foram selecionadas de acordo com o estado de maturidade; e a dos machos de acordo com a quantidade, viscosidade e cor do sêmen. Não houve diferenças estatisticamente significantes ($p \geq 0,05$) entre os diâmetros dos ovos e as gotas de óleo; as porcentagens de viabilidade foram consideradas altas e adequadas (91,2% em cativeiro, 86,1 silvestres) para a comparação. Não houve diferenças estatisticamente significativas na composição de ácidos graxos nos ovos obtidos a partir de fêmeas silvestres e em cativeiro ($p = 0,2188$), ou em gônadas



de machos ($p = 0,6179$) e de fêmeas silvestres e em cativeiro ($P = 0,1153$). Observou-se a presença de ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosahexaenoico (DHA) em todas as amostras analisadas e ácido araquidônico (AA) encontrado em valores que variaram entre 0,38 e 5,07% e não estava presente em ovos silvestres e nem em gônada de fêmeas cativas.

Palavras-chave: Ácido graxo; ovos; gônadas; silvestre; cativeiro

Introducción

Desde hace varias décadas, especies del género *Lutjanus* han sido cultivadas con éxito, especialmente en Asia y Australia; mientras que en América, la producción masiva de alevines y cultivo comercial, en gran escala, se inició a partir de la segunda mitad de la década del 2000, gracias a los avances obtenidos con el *Lutjanus guttatus* (Doi, Kohno, Taki, Ohno y Singhagraiwa, 1994; Emata, Eullaran y Bagrinao, 1994; Avilés *et al.*, 1996, Field, 1997; Watanabe *et al.*, 1998; Herrera-Ulloa, Chacón-Guzmán, Zúñiga-Calero, Fajardo-Espinoza y Jiménez-Montealegre, 2009; Abdo De la Parra, Rodríguez-Ibarra, Rodríguez-Montes de Oca y Velasco-Blanco, 2015).

L. guttatus conocido como pargo manchado, flamenco o lunarejo (rose spotted snapper), ha sido una de las especies de mayor interés para la piscicultura marina en América Latina, se distribuye en el océano Pacífico, desde México hasta Perú; cuenta con características biológicas potenciales para su reproducción natural en cautiverio y cultivo en jaulas flotantes; presenta alta demanda en mercados internacionales, especialmente en Estados Unidos, donde los ejemplares de cultivo se comercializan enteros (aprox. 400 g) o en filete mariposa entre 5 y 8 USD/libra (Allen, 1995; Fischer *et al.*, 1995; Herrera-Ulloa *et al.*, 2009; Chacón-Guzmán, 2010).

En varios países, esta especie de cultivo potencial ha fomentado la investigación dirigida a conocer y controlar diferentes aspectos de su ciclo de vida en cautiverio (Abdo-De la Parra, Rodríguez-Ibarra, Rodríguez-Montes de Oca, Velasco-Blanco e Ibarra-Castro, 2015). En Costa Rica se registraron las primeras producciones masivas desde el año 2005, el engorde en jaulas flotantes desde el 2006, la venta del producto fresco en el mercado nacional en el 2007 y la exportación en el 2009 (Herrera-Ulloa *et al.*, 2009; Herrera-Ulloa, Chacón-Guzmán, Zúñiga-Calero y Jiménez-Montealegre, 2010).

Sin embargo, a pesar de los significativos avances, la etapa larval sigue siendo una de las fases críticas del proceso de producción de alevines, ya que es la fase donde se presentan los mayores porcentajes de mortalidad (Abdo-De la Parra *et al.*, 2010). Para aumentar la supervivencia en esta etapa, la nutrición de los reproductores juega un papel preponderante, por su efecto en la tasa de fecundidad y calidad de los huevos (Watanabe, Arakawa, Kitajuma y Fajita, 1984).

En el medio natural *L. guttatus* es descrita como una especie carnívora que se alimenta principalmente de peces y crustáceos (Rojas, 1997; Rojas-Herrera y Chiappa-Carrara, 2002; Rojas, Maravilla y Chicas, 2004). En cautiverio se ha tratado de simular la dieta natural al emplear especies marinas como sardina, camarón, calamar, atún y otros peces, lo que ha conducido a la



obtención de huevos flotantes con aceptable calidad, viabilidad y tasas de eclosión por sobre el 90 % (Herrera-Ulloa *et al.*, 2009).

No obstante, se debe considerar que la calidad de los huevos; en su contenido bioquímico para satisfacer la demanda del embrión; se relaciona con pigmentos, vitamina C, componentes inorgánicos (fosforo, hierro y calcio), componentes orgánicos (ácidos grasos poliinsaturados o PUFAs), entre otros; y la edad de la hembra. Por lo anterior y bajo estas premisas, las dietas frescas, no siempre ofrecen las mismas proporciones de nutrientes que se encuentran en el medio ambiente, como es el caso de los PUFAs, requeridos para un adecuado crecimiento y desarrollo, siendo los más importantes el ácido docosahexaenoico DHA, 22:6n-3 y el ácido eicosapentanoico EPA, 20:5n-3. (Kjørsvik, Mangor-Jensen y Holmefjord, 1990; Sargent, McEvoy y Bell, 1997).

Por lo tanto, cuando los peces se encuentran en cautiverio es necesario brindar en la dieta los lípidos requeridos, ácidos poliinsaturados de la cadena n-3 y n-6 son necesarios para la función, estructura celular de los organismos (Sargent *et al.*, 1995); son precursores de las prostaglandinas (Murdoch, Hansen y McPherson, 1993) y contribuyen en la reproducción de las hembras, influyen en el desarrollo gonadal, fecundidad y calidad del huevo (Navas *et al.*, 1997; Bruce *et al.*, 1999).

El objetivo de este trabajo es determinar y comparar las proporciones de ácidos grasos presentes en huevos y gónadas de pargos silvestres y de cautiverio, con el propósito de contar con información para mejorar las dietas aplicadas a reproductores de *L. guttatus* en cautiverio.

Metodología

Muestras de huevos y gónada de reproductores de *L. guttatus* (1.0±0.1kg) fueron colectadas entre agosto y septiembre del año 2015, tanto de organismos mantenidos en cautiverio en el Parque Marino del Pacífico (PMP), Puntarenas, Costa Rica, como de ejemplares silvestres capturados por pescadores artesanales con línea de palangre en el Golfo de Nicoya, Costa Rica.

Los reproductores en cautiverio (n=16) se capturaron 22 meses antes de la investigación a 9°46'05"N. y 84°52'16"E., Golfo de Nicoya. Se marcaron con Nano Transponder (ID-100A (1.25) TROVAN, Inversiones Ekida Inc. 420-2050 San-Pedro, Montes de Oca, Costa-Rica) y fueron aclimatados en salas bajo techo con luz tenue y natural (fotoperiodo natural ≈ 12 horas luz/oscuridad). Los desoves naturales (n=3) se dieron en tanques circulares de fibra de vidrio de 20 m³, provistos de un sistema de recirculación Pentair Aquatic Eco-System® (doble UV-65 watts, fraccionador de espuma RK2, filtro biológico y filtro mecánico) con un recambio de 40 L-min y una reposición diaria del 5 % con agua nueva previamente filtrada a 5µm e irradiada (UV-128 watts TT PE 4250 HO Astral®). Los reproductores se alimentaron con calamar (*Illex argentinus*) (38 %), sardina gallera (*Opisthonema libertate*) (58 %) y camarón pinki (*Farfatepenaeus brevirostris*) (4 %). La ración fue de 4 % de su peso corporal al día PC/día, se alimentaron una vez al día 5 veces a la semana (domingo y jueves no se alimentó).

Los reproductores silvestres (n=16) se capturaron a 9°49'05"N. y 84°50'26"E., Golfo de Nicoya, a 5 km de la zona donde se capturaron los peces mantenidos en cautiverio. El mismo día de su captura diez ejemplares fueron inducidos al desove con



la hormona coriónica humana (HCG) según la metodología descrita por [Herrera-Ulloa et al. \(2009\)](#), y colocados en tanques circulares de fibra de vidrio de 10 m³, provistos del mismo tipo de sistema de recirculación que los reproductores mantenidos en cautiverio.

En ambos grupos (cautiverio y silvestres) los desoves se presentaron entre las 03:00 y 05:00 a. m. Los huevos fueron desviados a través de un tubo lateral y superficial a un tanque cosechador de 150 L con un tamiz central de drenaje de 500 µm., nueve horas después fueron colectados y contados cada uno en una probeta de vidrio graduada de 1 L. Los huevos se contaron por el método de desplazamiento volumétrico: luego de introducirlos se esperaron cinco minutos para que los huevos flotantes se separaran de los no flotantes. Para determinar cuántos huevos flotantes había por mL se contaron tres muestras de un mL. El total de huevos, flotantes y no flotantes se determinó al multiplicar la cantidad de huevos de cada mL por el total de mL obtenidos en la columna de la probeta.

De la columna de huevos flotantes se tomaron 3 muestras (n=30) y se revisaron en el microscopio, para determinar el diámetro del huevo y su gota de aceite, así como, el porcentaje de viabilidad, definida con base en los criterios establecidos por [Silva y Castelló \(2005\)](#).

Para obtener las muestras gonadales, seis peces de cada grupo fueron sacrificados (3 machos y 3 hembras). Se utilizó 5 mL de aceite de clavo (*Syzygium aromaticum*) para sedar quirúrgicamente a los peces y posteriormente se diseccionaron.

Las gónadas muestreadas de las hembras se seleccionaron de acuerdo a su estado de madurez, con predominancia de ovocitos con diámetros promedio de 425±25µm y la de machos de acuerdo a la cantidad, viscosidad y color del semen.

Para su preservación tanto huevos como gónadas fueron lavados con agua destilada y preservados al vacío a una temperatura de -40° C. Cada muestra de gónada se tomó de tres reproductores, según su procedencia y género.

Análisis de ácidos grasos: para la extracción de los lípidos totales se midió la masa de la muestra directamente en un tubo de centrifuga de 250 mL, se agregó 50 mL de éter y se agitó en vortex por un 1 min, posteriormente se centrifugó durante 10 min a 4000 rpm. El producto se decantó en un matraz de 250 mL. Finalmente, se colocó el matraz con el extracto orgánico en un rotavapor a una temperatura de 40° Cy se evaporó a sequedad para su posterior pesaje.

Posterior se realizó el perfil de ácidos grasos en un Cromatógrafo SHIMADZU GC-2014-FID con auto inyector AOC-20i, Columna cromatográfica: Varian wcot fused silica CP-SIL 88, 100 m x 0.25 m x 0.2 mm.

Los datos de diámetro del huevo y gota de aceite se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, para detectar diferencias entre los desoves (p < 0.05). Para comparar estadísticamente los contenidos de ácidos grasos en huevos y gónadas (ambos sexos), se utilizó el *test* no paramétrico de Kruskal-Wallis ([Zar, 1999](#)).

Resultados

Debido a que la manipulación de los peces en cautiverio, previo a los desoves naturales, puede incidir en excesos de estrés que impidan la detonación final de las puestas, se optó por realizar solamente biopsias ováricas a las hembras silvestres y masajes abdominales a los machos silvestres para la obtención del semen (ver Tabla 1). La calidad del semen se determinó por observación macroscópica.



Tabla 1
Resultado de las muestras ováricas de los reproductores silvestres utilizados para el desove y extracción de gónadas

Pez	Peso (kg)	Sexo	Ovocitos (µm)	Semen	Fin*
1	0.96	Macho		normal **	Desove
2	1.01	Macho		normal	Desove
3	0.98	Macho		normal	Desove
4	0.99	Macho		normal	Desove
5	1.05	Macho		normal	Desove
6	1.04	Hembra	400		Desove
7	0.9	Hembra	425		Desove
8	0.91	Hembra	425		Desove
9	1.05	Hembra	450		Desove
10	1.04	Hembra	450		Desove
11	1.09	Macho		normal	Gónada
12	1.00	Macho		normal	Gónada
13	1.03	Macho		normal	Gónada
14	0.92	Hembra	425		Gónada
15	0.91	Hembra	400		Gónada
16	1.09	Hembra	425		Gónada

Nota: Fuente propia de la investigación

*Fin: indica el uso que se le dio al pez, para reproducirlo o extraer la gónada.

**Normal: semen blanco, cremoso y abundante. Solamente se seleccionaron machos con estas características.

Los desoves obtenidos no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) respecto al diámetro del huevo y la gota oleosa. Los porcentajes de viabilidad fueron similares en los desoves de los peces

en cautiverio, mientras que fueron menores en el desove inducido de los peces silvestres, aunque este produjo un número mayor de huevos totales (ver Tabla 2).

Tabla 2
Cantidad y calidad de los desoves obtenidos de peces mantenidos en cautiverio y peces silvestres inducidos con la hormona HCG

	Cautiverio 1		Cautiverio 2		Cautiverio 3		Cautiverio \bar{x}		Silvestre	
	%		%		%		%		%	
Desove	234 000		198 000		103 000		178 333		360 000	
Huevos viables	206 000	88.0	189 000	95.5	93 000	90.3	162 667	91.2	310 000	86.1
Huevos malos	28 000	12.0	11 000	4.6	15 000	9.7	18 000	8.8	50 000	13.9
Diámetro del huevo (µm)	750.0±25.4		751.7±22.7		750.0±25.4		750.0±24.5		750.0±19.7	
Diámetro gota (µm)	0.117±0.02		0.118±0.02		0.117±0.02		0.117±0.02		0.116±0.02	

Nota: Fuente propia de la investigación



El número de ácidos grasos detectados fue menor en la gónada de hembras silvestres de *L. guttatus*, que en el resto de las muestras; y el ácido Palmítico es el que se presenta en mayor proporción seguido por el ácido Oleico que solo se encontró en las muestras de peces silvestres y de machos en cautiverio (ver Tabla 3). Por otra parte, el 18:2n-6 estuvo presente en todas las muestras de los peces de cautiverio y en huevos de animales silvestres. No se observó una tendencia en relación con los niveles y presencia de este ácido graso, no existieron diferencias estadísticamente significativas su la composición, en huevos obtenidos de hembras silvestres y de cautiverio ($p=0.2188$), ni en gónada de machos ($p=0.6179$) y hembras silvestres y de cautiverio ($p=0.1153$).

Respecto a los ácidos grasos n-3 (ver Tabla 3), el 18:3n-3 estuvo presente en las muestras de tejidos reproductivos y huevos de los peces de cautiverio con bajos niveles en la gónada de machos y hembras, y mayor nivel en los huevos. Se observó la presencia del EPA en todas las muestras analizadas. Las muestras obtenidas de los peces silvestres presentaron menores valores de EPA que las de tejido de peces en cautiverio (ver Tabla 3). La gónada de machos silvestres presentó el 63.3 % del valor de EPA encontrado en machos cautivos.

El DHA fue el HUFAs (ácido graso altamente insaturado) que se encontró en mayor proporción en todas las muestras analizadas, con valores que fluctuaron entre 10.01 a 15.89%. Los valores menores los

encontramos en la gónada de machos silvestres y de cautiverio (ver Tabla 3), pero los huevos presentaron concentraciones altas de este HUFAs.

El ácido graso ARA, se encontró en valores que oscilaron entre 0.38 y 5.07, y no estuvo presente en huevos silvestres ni en la gónada de hembras de *L. guttatus* cautivas (ver Tabla 3).

Los ácidos grasos saturados predominaron en todas las muestras analizadas, y en la suma se acercaron a valores del 50 %. Respecto al n-3 y el n-6 se observó mayor presencia de ácidos grasos de la serie n-3 en todas las muestras analizadas, donde los mayores niveles los encontramos en las muestras de peces cautivos. Por otra parte, existió una proporción de PUFAs entre el 17 y 27 %, siendo menor en la gónada de machos de *L. guttatus* tanto de cautiverio como silvestres. La gónada de hembras y huevos de hembras silvestres presentaron las mayores proporciones de PUFAs. En relación con los HUFAs lo machos presentaron los menores valores de la sumatoria de HUFAs, y los valores de las hembras y huevos de *L. guttatus* variaron entre 20.26 y 24.38 %. La gónada de hembras silvestres presentó el mayor valor de estos ácidos grasos (ver Tabla 1).

La relación EPA/ARA varió en las diferentes muestras, con una alto valor en la muestra de huevos obtenidos de hembras cautivas, en comparación con la relación DHA/EPA donde se observó valores similares en todas las muestras analizadas (ver Tabla 3).



Tabla 3
Perfil de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) de huevos y gónadas de L. guttatus silvestres y mantenidos en cautiverio

Ácido graso	Huevos	Huevos	Gónada	Gónada	Gónada	Gónada
	H-S	H-C	M-S	M-C	H-S	H-C
13:00	--	--	0.39	0.01	1.91	--
12:00	--	0.04	0.18	--	--	--
14:00	2.83	2.72	3.06	7.74	2.96	4.11
15:00	--	0.25	1.21	0.52	--	--
16:00	26.51	24.49	27.39	28.05	26.59	28.39
16:1n-7	6.39	6.72	4.75	7.21	6.84	5.74
17:00	1.5	0.55	2.04	0.73	--	0.77
17:1n.7	1.19	--	0.9	--	--	--
18:00	11.25	11.6	15.8	8.72	12.31	11.12
18:1 cis (mezcla oleica, vaccenico petroselenico)	--	3.01	--	--	--	23.78
18:1n-9	22.23	--	24.75	21.17	21.9	--
18:2n-6	2.21	0.17	--	3.17	--	0.14
18:4n-6	--	--	--	0.55	2.96	--
18:3n-3	--	0.52	--	0.24	--	0.24
18:2n-7 conjugado --	--	0.43	--	--	--	1.12
20:00	--	0.16	--	--	--	0.09
20:3n-9	3.81	0.17	--	--	--	0.11
20:2n-6	--	--	0.57	0.37	--	--
20:4n-6	--	0.38	2.64	1.35	5.07	--
20:1n-9,cis-5	--	--	0.5	0.38	--	--
20:1n-9,cis-11	--	--	1.31	2.06	--	--
20:5n-3	6.07	7.32	3.9	6.16	5.49	6.62
22:00	--	2.37	--	--	--	2.03
22:6n-3	13.37	15.89	10.01	11.36	13.82	13.53
Saturado	42.45	42.43	50.07	45.77	43.77	46.51
Monoinsaturado	29.81	31.73	30.4	30.82	28.74	29.79
n-3	19.44	23.73	13.91	17.76	19.31	20.39
n-6	2.21	0.55	3.21	5.44	8.03	0.14
n-3 HUFA	19.44	23.21	13.91	17.52	19.31	20.15
EPA/ARA	--	2.18	1.48	4.56	1.08	--
DHA/EPA	2.20	2.17	2.56	1.84	2.51	2.04
PUFAs	27.70	25.31	17.12	23.20	27.34	24.11
HUFAs	23.25	23.76	16.55	18.87	24.38	20.26

Nota: Fuente propia de la investigación

Análisis de muestras unificadas, tomadas de tres ejemplares por categoría: H-S=hembras silvestres, H-C=hembras de cautiverio, M-S=machos silvestres, M-C=machos de cautiverio, -- =no detectado



Discusión

En la naturaleza o bajo condiciones de cultivo, la calidad de los gametos de los peces puede ser variable, producto de la influencia de un número significativo de factores externos (Bobe y Labbé, 2010). En este contexto, la calidad de los huevos y de las larvas de *L. guttatus* estará relacionada con la calidad nutricional de la dieta con que fueron alimentados y acondicionados los reproductores. En cautiverio el manejo efectivo de los métodos de obtención de productos sexuales es otro factor que puede condicionar los resultados.

Las inducciones al desove con hormonas, a pesar de que proporcionan un control directo sobre las etapas finales del ciclo reproductivo de los peces y que igualmente pueden ser una fuente de huevos de buena calidad, son más variables e impredecibles en comparación con los desoves naturales (Marte 1989; Papanikos *et al.* 2003). Los naturales han garantizado una constante oferta de huevos fértiles, con los que se pueden desarrollar producciones constantes de alevines con fines comerciales (Dumas *et al.*, 2004). Sin embargo, según Tamaru, (1996) el porcentaje de fertilización en desoves inducidos con hormonas puede variar considerablemente desde 32.6 a 99.9 %. En esta investigación el porcentaje de viabilidad que a pesar de ser más bajo en los peces silvestres 86.1 % respecto al 91.2 % de los peces en cautiverio, se consideran aptos en calidad. Los resultados obtenidos en la Tabla 1 y 2 muestran que las características de calidad de los desoves y de las gónadas con base en los estados de madurez de los peces fueron similares, sin mostrar diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en aspectos que, generalmente infieren diferencias en la calidad de las puestas, como el diámetro de los

huevos y la gota de aceite. Los valores obtenidos en estas variables fueron cercanas a las descritas para la misma especie por (Lagos 2000; Mejía-Narváez *et al.*, 2009).

Terán *et al.* (2004) indican que ovocitos de 300 a 400 micras de diámetro están en proceso de vitelogénesis final y requieren de gonadotropina exógena para la ovulación en los lutjánidos. Por lo que el estado de madurez gonadal (diámetro de ovocitos) de las hembras silvestres en este trabajo se consideraron aptos para inducir al desove, para obtener las muestras y compararlas con los reproductores en cautiverio, quienes al desovar huevos fértiles de buena calidad obligatoriamente alcanzaron estados de madurez y avanzaron antes de las puestas. Igualmente, la calidad macroscópica del semen de los machos se consideró normal. Se puede inferir que el estado de madurez y calidad de los productos sexuales fue similar.

Los reproductores de *L. guttatus* de esta experiencia fueron alimentados con dieta fresca obtenida de la pesca en la costa pacífica de Costa Rica; lo que hace necesario estudiar y determinar su calidad nutricional, previo a su uso como alimento, lo que permite obtener producciones óptimas de larvas y juveniles viables, como se ha realizado en otros peces marinos (Benetti *et al.*, 2008).

Ya se ha mencionado que en peces marinos, una adecuada suplementación de ácidos grasos esenciales en la dieta de reproductores resulta importante para una buena calidad de huevos (Navas *et al.*, 1997; Bruce *et al.*, 1999). Esta suplementación debe ser durante la vitelogénesis, debido a la relación directa que existe entre la calidad de los lípidos presentes en el ovocito y la composición de ácidos grasos en la dieta de los reproductores (Fernández-Palacios *et al.*, 1995; Wilson, 2009; Tocher, 2010). En



este trabajo, no se observan diferencias en los niveles de PUFAs de gónada y huevos de *L. guttatus*.

Las fuentes lipídicas en los huevos de peces son el corión (capa lipoprotéica), el vitelo que además contiene glucógeno y aminoácidos libres, utilizados principalmente como fuente de energía (Fyhn y Govoni, 1995), el glóbulo lipídico que contiene triglicéridos y que son utilizados como fuente de energía y ácidos grasos (Parra, Rønnestad y Yúfera, 1999). Estos nutrientes son la principal fuente de energía desde la formación de la gástrula hasta la eclosión del embrión (Vetter, Houdson y Arnold, 1983).

Bajo estos aspectos es necesario acercarse a la condición natural de alimentación de reproductores de *L. guttatus* para lograr, de esta manera, una calidad de gametos adecuada para una producción intensiva exitosa de larvas y juveniles. Una forma de hacerlo es con la información analítica obtenida de muestras del medio natural de la especie que se pretende manejar en el nivel reproductivo en condiciones controladas y compararlo con lo obtenido en cautiverio, similar a lo realizado en peces como el *Spondylisoma cantharus* (Rodríguez *et al.*, 2004) o el *Seriola dumerili* (Rodríguez-Barreto *et al.*, 2012) o en *Cynoscion parvipinnis* (González-Félix, Urquidez-Bejarano, Perez-Velazquez, Castro-Longoria y Vazquez-Boucard, 2017).

El foco en la reproducción de peces se ha centrado en la calidad de los lípidos por la importancia de estos nutrientes en la formación de tejidos y como fuente de energía en las etapas larvales de peces. De todos los PUFAs, los más importantes son el 18:3n-3, ARA, EPA, y DHA (Civera-Cerecedo, Álvarez-González y Moyano-López, 2004). Por lo anterior, se debe resguardar su entrega en el alimento de reproductores, para el traspaso de estos nutrientes a

la descendencia por la vía gamética, como esta investigación lo consideró al seleccionar alimento fresco con adecuados niveles de estos ácidos grasos, definidos por la literatura. En experiencias de cultivo realizadas en *Diplodus sargo* (Sparidae), al comparar los contenidos de ácidos grasos en ovario de peces silvestres y de cautiverio, se reconoció que la dieta suministrada a los reproductores no era la apropiada para la especie (Cejas *et al.*, 2003). Así mismo Mourente y Odriozola (1990) demostraron que la composición de ácidos grasos en huevos de *Sparus aurata* (Sparidae) presentaban diferencias significativas producto de la influencia de los niveles de ácidos grasos en las dietas de los reproductores.

De acuerdo a las interacciones metabólicas de los PUFAs, los requerimientos de DHA, EPA y ARA, no pueden ser considerados solo de manera aislada, por el contrario es importante considerar la proporción de DHA:EPA y DHA:ARA (Sargent, Bell, McVoy, Tocher y Estévez, 1999). En peces marinos el contenido de ARA y la relación DHA/EPA corresponden a factores importantes que influyen en la viabilidad del huevo y posiblemente también en su simetría (Pickova, Dutta, Larsson y Kiessling, 1997). Los resultados obtenidos muestran que estas proporciones en los huevos del medio natural son similares a las obtenidas en los huevos de cautiverio, lo que podría indicar una potencial viabilidad de larvas y juveniles de *L. guttatus*.

La relación dietética óptima de DHA/EPA en larvas de lubina es de 2:1 y la de EPA/ARA es de 1:1, en larvas de rodaballo y halibut la relación DHA/EPA es de 2:1, pero la de EPA/ARA en estas especies es 10:1 o mayor (Sargent *et al.*, 1999).

En huevos de *Paralichthys adspersus* (Paralichthyidae), la cantidad de n-3 HUFA



umenta con la adición de una mayor cantidad de ácidos grasos en la dieta de los reproductores, mientras que las proporciones de DHA/EPA y EPA/ARA fue de 2 y 4 respectivamente, criterios que se asociaron a calidad de huevo (Wilson, 2009).

Los resultados de esta investigación en *L. guttatus* muestra que la proporción DHA/EPA en huevos que provinieron de reproductores silvestres fue de 2.2 y de 2.17 en aquellos provenientes de reproductores de cultivo, valores que se asemejan a los reportados para peces marinos. La relación EPA/ARA fue significativamente menor en huevos silvestres (1.6) y muy alta en los de cultivo (19.3). Wilson (2009) recomienda la incorporación de n-3 HUFA en la dieta de reproductores en niveles de 4.1 % del total de lípidos, con un 20 a 25 % del contenido total de ácidos grasos, ya que permite una adecuada calidad de los desoves y mejora la tasa de fecundación.

Es necesario investigar sobre los niveles de vitaminas, como la E y C, y de aminoácidos requeridos por las larvas y juveniles de *L. guttatus*. Por otra parte, para mejorar la calidad de los huevos y la viabilidad de las larvas, se requiere que los esfuerzos se orienten a mejorar la proporción de DHA/EPA y ARA/EPA en los alimentos, que permitan una buena función neural y visual, donde los eicosanoides sean adecuados para lograr funciones fisiológicas eficientes (Bell, Farndale, Bruce, Navas y Carrillo, 1997).

Al analizar los productos sexuales obtenidos en este trabajo, se pudo determinar que ambos lotes de reproductores presentaron productos sexuales aptos para la comparación de ácidos grasos en huevos y gónadas de peces silvestres de la especie *L. guttatus*. Se puede concluir que es necesario conocer las proporciones de DHA/EPA y ARA/EPA

requeridos para una alimentación idónea de los especímenes en cautiverio. Además, se debe considerar si los reproductores de *L. guttatus* son alimentados con base en dietas frescas obtenidas de la pesca, así como estudiar y determinar su calidad nutricional; previo a su uso como alimento, para lograr así una óptima producción de larvas y juveniles. Finalmente, se hace obligatorio investigar y definir las necesidades nutricionales de los reproductores de peces marinos, con el fin de asegurar una alta descendencia viable; y por otra parte, optimizar el uso de nutrientes de alto costo y reducido acceso como es la harina y aceite de pescado, que presentan perfiles de ácidos grasos adecuados para peces marinos.

Agradecimiento

A las autoridades del Parque Marino del Parque Marino del Pacífico por facilitar la investigación, a la Asociación de Acuicultores de Paquera para la obtención de los peces silvestres y al Laboratorio de Tecnología y Control de Calidad de los Productos Pesqueros de la Estación de Biología Marina de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional por su contribución en la preservación de las muestras.

Referencias

- Abdo-De la Parra, M. I., Rodríguez-Ibarra, E., Campillo-Martínez, F., Velasco-Blanco, G., García-Aguilar, N., Álvarez-Lajonchère, L., y Voltolina, D. (2010). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia larval del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(1), 141-146. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572010000100014>
- Abdo-De la Parra, M. I., Rodríguez-Ibarra, L. E., Rodríguez-Montes de Oca, G., Velasco-Blanco, G., e Ibarra-Casto, L. (2015). Estado actual



- del cultivo de larvas del pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(3), 415-423. Recuperado de <http://lajar.ucv.cl/index.php/rlajar/article/view/vol43-issue3-fulltext-3>
- Allen, G. R. (1995). Lutjanidae. En W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. Niem (Eds.), *Guía FAO para identificación de especies para fines de la pesca* (pp. 1231-1244). Italia, Roma: FAO.
- Avilés, A., Reyes, L., McGregor, U., Hiraes, O., Rodríguez, R., y Lizawa, M. (1996). Cultivo experimental del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) y pargo raicero *L. aratus* (Günther, 1864) en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B. C. S., México. En A. Silva y G. Merino (Eds.), *IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2.º Simposio Avances y Perspectivas de la Acuicultura en Chile* (pp. 240-243). Universidad Católica del Norte, Chile: Asociación Latinoamericana de Acuicultura.
- Bell, J. G., Farndale, B. M., Bruce, M. P., Navas, J. M., y Carrillo, M. (1997). Effects of broodstock dietary lipid on fatty acid compositions of eggs from sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 149(1-2), 107-119. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01436-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01436-6)
- Benetti, D., Orhum, M., Sardenberg, B., O'Hanlon, B., Welch, A., Hoenig, R., Zink, I., Rivera, J., Denlinger, B., Bacoat, D., Palmer, K., y Cavalin, F. (2008). Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 39, 701-711. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01922.x>
- Bobe, J., y Labbé, C. (2010). Egg and sperm quality in fish. *General and Comparative Endocrinology*, 165, 535-548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.02.011>
- Bruce, M., Oyen, F., Bell, G., Asturiano, J. F., Farndale, B., Ramos, J., Bromage, N., Carrillo, M., y Zanuy, S. (1999). Development of broodstock diets for the European sea bass. *Dicentrarchus labrax* with special emphasis on the importance of n3 and n6 HUFA to reproductive performance. *Aquaculture*, 177, 85-97. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00071-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00071-X)
- Cejas, J. R., Almansa, E., Villamandos, J. E., Badía, P., Bolaños, A., y Lorenzo, A. (2003). Lipid and fatty acid composition of ovaries from wild fish and ovaries and eggs from captive fish of white sea bream (*Diplodus sargus*). *Aquaculture*, 216(1), 299-313. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00525-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00525-2)
- Civera-Cerecedo, R., Álvarez-González, C. A., y Moyano-López, F. J. (2004). Nutrición y alimentación de larvas de peces marinos. En A. Silva y G. Merino (Eds.), *Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola* (pp. 8-94). México: Universidad Autónoma de México.
- Chacón-Guzmán, J. (2010). *Efectos de la tecnología de cultivo del pargo manchado Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) *en jaulas flotantes en el Golfo de Nicoya, Costa Rica* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional, Costa Rica.
- Doi, M., Kohno, H., Taki, Y., Ohno, A., y Singhagraiwan, T. (1994). Morphological Development of Eggs, Larvae and Juveniles of the Red Snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Pisces: Lutjanidae). *Journal of Tokio University of Fisheries*, 8(2), 135-153.
- Dumas, S., Rosales-Velásquez, M., Contreras-Olguín, M., Hernández-Ceballos, D., Silverberg, N. (2004). Gonadal maturation in captivity and hormone-induced spawning of the Pacific red snapper *Lutjanus Perú*. *Aquaculture* 234, 615-623. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.022>
- Emata, A., Eullaran, B., y Bagarinao, T. (1994). Induced Spawning and Early Life Description of the Mangrove Red Snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Aquaculture*, 121, 381-387. doi: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90272-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90272-0)
- Fernández-Palacios, H., Izquierdo, M. S., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M., y Vergara, J.M. (1995). Effect of n-3HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 132, 325-337. doi: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00345-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00345-0)
- Field, G. (1997). Golden Record! Australians Make Snapper Breakthrough. *Fish Farming International*, 24(7), 1-4.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., y Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Roma, Italia: FAO.
- Fyhn, H. J., y Govoni, J. J. (1995). Endogenous nutrient mobilization during egg and larval development in two marine fishes, Atlantic menhaden and spot. *ICES Mar*, 201, 64-69.
- González-Félix, M., Urquidez-Bejarano, P., Perez-Velazquez, M., Castro-Longoria, R., y



- Vázquez-Boucard, C. (2017). Biochemical composition and fatty acid profile of gonads from wild and cultured shortfin corvina (*Cynoscion parvipinnis*) during the early maturation stage. *Arch Biol Sci.*, 69(3), 491-501. doi: <https://doi.org/10.2298/abs160831124g>
- Herrera-Ulloa, A., Chacón-Guzmán, J., Zúñiga-Calero, G., Fajardo-Espinoza, O., y Jiménez-Montealegre, R. (2009). Acuicultura de pargo la mancha *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en Costa Rica dentro de un enfoque sistémico. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras*, 1, 197-213. doi: <https://doi.org/10.15359/revmar.1.11>
- Herrera-Ulloa, A., Chacón-Guzmán, J., Zúñiga-Calero, G., y Jiménez-Montealegre, R., (2010). Spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) aquaculture research and development as socio-economic alternative for Costa Rican fishing communities. *World Aquaculture Magazine*, 41, 20-21.
- Kjørsvik, E., Mangor-Jensen, A., y Holmefjord, I. (1990). Egg Quality in Fishes. *Advances in Marine Biology*, 26, 71-113. doi: [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60199-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60199-6)
- Lagos, V. (2000). *Incubación y cultivo de Lutjanus guttatus; pargo manchado (Pisces: Lutjanidae)*. (Tesis), p. 89. Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile.
- Marte, C. L. (1989). Hormone-Induced spawning of cultured tropical finfishes. *Avances in Tropical Aquaculture, Tahiti, Acuacop Ifremer, Actes de Colloque*, 9, 519-539.
- Mejía-Narváez, L., Rodríguez-Araujo, C., López-Macías, M. (2009). Evaluation of human chorionic gonadotropin (HCG) to different dose in the artificial propagation of spotted snapper (*Lutjanus guttatus*, Stendaichner 1869) in captivity. *Vet. zootec.* 3(2), 28-40. Recuperado de <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v3n2a03.pdf>
- Mourente, G., y Odriozola, J. M. (1990). Effect of broodstock diets on lipid classes and their fatty acid composition in eggs of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, 8 (2), 93-101. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00004436>
- Murdoch, W. J., Hansen, T. R., y McPherson, L. A. (1993). A review-role of eicosanoids in vertebrate ovulation. *Prostaglandins*, 46, 85-115. doi: [https://doi.org/10.1016/0090-6980\(93\)90037-8](https://doi.org/10.1016/0090-6980(93)90037-8)
- Navas, J. M., Bruce, M., Thrush, M., Farndale B. M., Bromage, N., Zanuy, S., Carrillo, M., Bell, J. G., y Ramos J. (1997). The impact of seasonal alternation in the lipid composition of broodstock diets on egg quality in the European sea bass. *Journal of Fish Biology*, 51, 760-773. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01997.x>
- Papanikos, N., Phelps, R., Williams, K., Ferry, A., Maus, D. (2003). Egg and larval quality of natural and induced spawns of red snapper, *Lutjanus campechanus*. *Fish Physiology and Biochemistry* 28, 487-488. Doi <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000030636.08228.4e>
- Parra, G., Rønnestad, I., y Yúfera, M. (1999). Energy metabolism in eggs and larvae of the Senegal sole. *Journal of Fish Biology*, 55, 205-214. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1999.tb01056.x>
- Pickova, J., Dutta, D., Larsson, P., y Kiessling, A. (1997). Early embryonic cleavage pattern, hatching success, and egg-lipid fatty acid composition: comparison between two cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 2410-2416. doi: <https://doi.org/10.1139/f97-148>
- Rodríguez, C., Acosta, C., Badía, P., Cejas, J., Santamaría, F., y Lorenzo, A. (2004). Assessment of lipid and essential fatty acids requirements of black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) by comparison of lipid composition in muscle and liver of wild and captive adult fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part*, 139 (4), 619-629. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2004.07.013>
- Rodríguez-Barreto, D., Jerez, S., Cejas, J., Martín, M., Acosta, N., Bolaños, A., y Lorenzo, A. (2012). Comparative study of lipid and fatty acid composition in different tissues of wild and cultured female broodstock of greater amberjack (*Seriola dumerili*). *Aquaculture*, 360-361, 1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.013>
- Rojas, R. (1997). Fecundidad y épocas de reproducción del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 44, 477-487. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/30656>



- Rojas-Herrera, A., y Chiappa-Carrara, X. (2002). Feeding habits of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) in the coast of Guerrero, Mexico. *Ciencias Marinas*, 28(2), 133-147. doi: <https://doi.org/10.7773/cm.v28i2.219>
- Rojas, R., Maravilla, E., y Chicas, F. (2004). Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Los Cóbano y puerto La Libertad, El Salvador. *Revista de Biología Tropical*, 52(1), 163-170. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v52i1.14820>
- Sargent, J., Bell, J., Bell, M., Henderson, R., y Tocher, D. (1995). Requirement criteria for essential fatty acids. *J. Appl. Ichthyol*, 11, 183-198. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1995.tb00018.x>
- Sargent, J. R., McEvoy, L., y Bell, J. G. (1997). Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155(1), 117-127. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00122-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00122-1)
- Sargent, J., Bell, G., McVoy, L., Tocher, D., y Estévez, A. (1999). Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*, 177(1-4), 191-199. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00083-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00083-6)
- Silva, A. & Castelló, F. (2005). *Técnicas de producción de huevos y larvas de peces marinos*. En Ed. Alfonso Silva. *Cultivo de peces marinos*, (pp. 159-184). Coquimbo, Chile.: Universidad Católica del Norte.
- Steindachner, F. (1869). *Ichthyologische Notizen*. Berlin, Alemania: Sitzber. Akad. Wiss. Wien.
- Tamaru, C. (1996). Induced final maturation and spawning of the marbled groupers *Epinephelus microdon* captured from spawning aggregations in the Republic of Palau Micronesia. *Journal of the world Aquaculture Society*, 4(27), 363-372. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1996.tb00621.x>
- Terán, P.; Rosales, M.; Dumas, S.; Cortés, H. P. y Alcántar, J. P. (2004). Características reproductivas del huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*) en cautiverio. *Panorama Acuicola Magazine*, 3(20), 3-29.
- Tocher, D. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater Fish. *Aquaculture Research*, 41, 717-732. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x>
- Vetter, R., Houdson, R., y Arnold, C. (1983). Energy metabolism in a rapidly developing marine fish eggs the red drum *Scienops ocellata*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, 627-634. doi: <https://doi.org/10.1139/f83-082>
- Watanabe, T., Arakawa, T., Kitajuma, C., y Fujita, S. (1984). Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50, 495-50. doi: <https://doi.org/10.2331/suisan.50.495>
- Watanabe, W., Ellis, E., Ellis, S., Chaves, J., Manfredi, C., Hagood, R., Sparsis, M., y Arneson, S. (1998). Artificial Propagation of Mutton snapper *Lutjanus analis*, a New Candidate Marine Fish Species for Aquaculture. *Journal of World Aquaculture*, 29 (2), 176-187. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1998.tb00977.x>
- Wilson, R. (2009). Dietary effects of n-3 highly unsaturated fatty acid levels on egg and quality, and the fatty acid composition of the eggs of Chilean flounder *Paralichthys adspersus* broodstock. *Aquaculture Research*, 40(12), 1400-1409. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02238.x>
- Zar, J. H. (1999). *Bioestatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall.



Comparación del perfil de ácidos grasos de las gónadas y huevos de *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) obtenidas de reproductores silvestres y de cautiverio (Jonathan Chacón-Guzmán, Milagro Carvajal-Oses, Pedro Toledo-Agüero, Héctor Flores-Gatica) in *Uniciencia* is protected by Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-NC-ND 3.0)