

MEJORAMIENTO DE DIETA DE ACONDICIONAMIENTO DE REPRODUCTORES DE CHITA *Anisotremus scapularis* CON USO DE VITAMINAS Y ÁCIDOS GRASOS

IMPROVEMENT OF CONDITIONING DIET OF *Anisotremus scapularis* BROODSTOCK WITH VITAMINS AND FATTY ACIDS

Noemí Cota¹ Angélica Castro Melissa Montes Lili Carrera

<https://doi.org/10.53554/boletin.v37i2.373>

RESUMEN

COTA, N., CASTRO, A., MONTES, M., CARRERA, L. (2022). Mejoramiento de dieta de acondicionamiento de reproductores de chita *Anisotremus scapularis* con uso de vitaminas y ácidos grasos. *Bol Inst Mar, Perú*. 37(2): 285-301.- *Anisotremus scapularis* conocida comúnmente en Perú como chita, tiene importancia comercial con alta demanda en el mercado nacional y potencial para su desarrollo acuícola. El objetivo del estudio fue mejorar la condición nutricional de reproductores de primera generación (F1) nacidos en cautiverio, utilizando vitaminas C, E y ácidos grasos esenciales, necesarios para maduración gonadal y reproducción en condiciones de laboratorio. Los ejemplares fueron acondicionados en sistemas de recirculación (S2), en S2T1 se estabularon 15 peces a densidad de 2,6 kg/m³ y en S2T2, 14 peces a densidad de 2,8 kg/m³. El sistema tuvo fotoperiodo de 12 horas luz (HL): 12 horas oscuridad (HO), temperatura promedio de 18,66 ± 0,28 °C, se realizó el seguimiento por 7 meses. Para alimentación, se utilizó trozos de anchoveta (*Engraulis ringens*), con cápsulas de gelatina conteniendo aceite de pescado, vitaminas C, E, un aditivo comercial de ácidos grasos y un premix – multivitamínico; la ración suministrada fue 5% de biomasa de cada tanque de cultivo, tres veces por semana. En los tratamientos con y sin cápsulas, se observó que las hembras maduras aparecieron en el tercer y cuarto muestreo, siendo mayor en el tratamiento con cápsulas. En machos se evaluó concentración y motilidad espermática, el tratamiento sin cápsulas obtuvo concentración de 0,57 × 10¹⁰ esp/mL y motilidad de 7,62% al cuarto muestreo; el tratamiento con cápsulas obtuvo máxima concentración espermática al tercer muestreo con 3 × 10¹⁰ esp/mL con motilidad de 41,56%. Tasa de crecimiento relativo (TCR), los tratamientos presentaron diferencias significativas en relación con el peso (p<0,05) pero no en longitud (p>0,05), mismo comportamiento tuvo la Tasa de Crecimiento Específico (TCE). Con relación a longitud-peso y factor de condición (K), no hubo diferencias significativas entre tratamientos (p>0,05). En base a los resultados, se recomienda utilizar cápsulas en el alimento suministrado a reproductores de la generación F1 *A. scapularis*, para mejorar la dieta durante el acondicionamiento, previo a la etapa de desove.

PALABRAS CLAVE: *Anisotremus scapularis*, ácidos grasos, acondicionamiento, maduración, vitaminas

ABSTRACT

COTA, N., CASTRO, A., MONTES, M., CARRERA, L. (2022). Improvement of conditioning diet of *Anisotremus scapularis* broodstock with vitamins and fatty acids. *Bol Inst Mar, Perú*. 37(2): 285-301.- *Anisotremus scapularis* is a commercially important species with high demand in the national market and potential for aquaculture development. We aimed to improve the nutritional condition of first generation broodstock (F1) born in captivity, using vitamins C, E, and essential fatty acids, required for gonadal maturation and reproduction under laboratory conditions. The specimens were conditioned in recirculation systems (S2); a total of 15 fish were housed in S2T1 at a density of 2.6 kg/m³ while 14 fish were housed in S2T2 at a density of 2.8 kg/m³. The system had a photoperiod of 12 HL: 12 HD, a mean temperature of 18.66 ± 0.28 °C, and monitoring was carried out for 7 months. *Engraulis ringens* was used for feeding, along with gelatin capsules containing fish oil, vitamins C, E, a commercial additive of fatty acids, and a pre-mix – multivitamin; the ration supplied was 5% of biomass from each culture tank, three times a week. We observed that in treatments without capsules and those with them, mature females appeared in the third and fourth sampling, being higher in the treatment with capsules. Regarding males, sperm concentration and motility were evaluated. The treatment without capsules obtained a concentration of 0.57 × 10¹⁰ sperm/mL and motility of 7.62% at the fourth sampling; while in the treatment with capsules, maximum sperm concentration was obtained at the third sampling with 3 × 10¹⁰ sperm/mL and motility of 41.56%. As for the Relative Growth Rate (RGR), the treatments showed significant differences in weight (p<0.05) but not in length (p>0.05); the same occurred with the Specific Growth Rate (SGR). No significant differences (p>0.05) were found between treatments in relation to length-weight and condition factor (K). Therefore, we recommend the use of capsules in the feed supplied to F1 generation *A. scapularis* broodstock to improve the diet during conditioning, before spawning.

KEYWORDS: *Anisotremus scapularis*, fatty acids, conditioning, maturation, vitamins

¹ Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Dirección General de Investigaciones en Acuicultura, Laboratorio de Cultivo de Peces. ncota@imarpe.gob.pe

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú la especie *Anisotremus scapularis* “chita” es un recurso costero muy apreciado por calidad de carne y por ser un producto agradable para la gastronomía, de allí su importancia económica, por lo cual en los últimos años ha habido incremento en el volumen de sus capturas en todo el litoral peruano. Por ello, el Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura 2013-2021 (C+DT+i), señala la necesidad de apoyar y orientar las investigaciones al desarrollo tecnológico de la acuicultura en base a especies priorizadas como la chita, considerada además como especie potencial para la acuicultura en el Perú (PRODUCE, 2013). En IMARPE, se han iniciado diversas investigaciones sobre su reproducción y cultivo, sin embargo, aún es escasa la información sobre maduración y desarrollo gonadal de ejemplares nacidos en cautiverio.

ÁLVAREZ-LAJONCHÈRE (2006), al respecto indica: «... es importante señalar que el éxito del proceso reproductivo en peces marinos está determinado por el valor nutricional de su alimentación y otros factores esenciales como condiciones ambientales (calidad del agua y condiciones del lugar), manipulación y técnicas de inducción al desove, que influyen decisivamente en maduración y desove de reproductores». En tal sentido, la nutrición y alimentación de reproductores de peces marinos es importante antes y durante la época de reproducción, porque de ello depende la calidad y cantidad de huevos y larvas, la producción de semilla o juveniles, necesarios para la sostenibilidad de los cultivos acuícolas. DUNCAN *et al.* (2011) indican que: «... la base del control de producción de juveniles es el conocimiento y control de la maduración de una especie en cautiverio».

En general, durante el ciclo de maduración en teleósteos, principalmente las hembras requieren de una cantidad determinada de micro y macronutrientes que, posteriormente serán transferidos en el desarrollo de los ovocitos (BRUCE *et al.*, 1999). Los lípidos de los huevos de teleósteos marinos como *Sparus aurata* “dorada”, son muy ricos en ácidos grasos insaturados de la serie n-3 (HUFA), lo cual implica que los embriones en desarrollo y las larvas requieren alto contenido de HUFA de la serie n-3, debido a la preponderancia de ellos en el tejido neural y visual en las primeras etapas de desarrollo. Una consecuencia de la

1. INTRODUCTION

Anisotremus scapularis is a coastal resource highly appreciated for its meat quality and for being a pleasant product for gastronomy, hence its economic importance. There has been an increase in the volume of its catches along the Peruvian coast in recent years; therefore, the National Program for Science, Technological Development and Innovation in Aquaculture 2013-2021 (C+DT+i), points out the need to support and guide research on the technological development of aquaculture based on priority species such as *A. scapularis*, which is also considered a potential species for aquaculture in Peru (PRODUCE, 2013). Several research studies on *A. scapularis* reproduction and culture have been carried out by IMARPE, but information on the maturation and gonadal development of specimens born in captivity is still scarce.

ÁLVAREZ-LAJONCHÈRE (2006) states: «... it is important to point out that the success of the reproductive process in marine fish is determined by the nutritional value of their food and other essential factors such as environmental conditions (water quality and site conditions), handling and spawning induction techniques, which have a decisive influence on the maturation and spawning of broodstock». Thus, the nutrition and feeding of marine fish broodstock are generally important before and during the spawning season, because the quality and quantity of eggs and larvae, and the production of seed or juveniles, necessary for the sustainability of aquaculture crops, depend on it. DUNCAN *et al.* (2011) indicate that: «... knowledge and control of the maturation of a species in captivity is the basis for the control of juvenile production».

During the maturation cycle in teleosts, mainly females require a certain amount of micro and macronutrients that will later be transferred to the developing oocytes (BRUCE *et al.*, 1999). The lipids of marine teleost eggs, such as *Sparus aurata*, are very rich in unsaturated fatty acids of the n-3 series (HUFA), which implies that the developing embryos and larvae require a high content of these fatty acids, due to the preponderance of them in the neural and visual

deficiencia de estos ácidos grasos, es presencia de anomalías en el sistema neural, que puede afectar la visión y con ello el inicio de la etapa de alimentación exógena (CORWEY & SARGENT, 1997; ALMANSA *et al.*, 1999; BRUCE *et al.*, 1999; FURUITA, 2000). Asimismo, la composición de ácidos grasos en la gónada femenina se ve muy afectada por el contenido de grasa en la dieta de los reproductores, porque influye significativamente en la calidad del huevo en un corto período de tiempo (IZQUIERDO *et al.*, 2001).

Entre los componentes importantes para la maduración sexual y reproducción de peces marinos se encuentra la vitamina C (ácido ascórbico) que juega un rol importante en la biosíntesis de hormonas esteroideas y es esencial para la biosíntesis de colágeno en el tejido conectivo; su contenido antes del desove es crítico para el desarrollo normal del huevo, larva y producción de semilla (FURUITA, 2000). Otra vitamina importante es la E, que también es esencial para la reproducción de peces de agua dulce (*Pleucoglossus altives*, *Cyprinus carpio* y *Oncorhynchus mykiss*) y peces marinos como *Pagrus major* y *Sparus aurata* (FERNÁNDEZ-PALACIOS *et al.*, 1995 - 1997), su contenido en el huevo decrece después de la eclosión (FURUITA, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue mejorar la condición de los reproductores de chita *Anisotremus scapularis* de la primera generación durante el acondicionamiento, con relación a la maduración gonadal, en el uso de aditivos vitamínicos como la vitamina C, E y ácidos grasos esenciales, necesarios para la reproducción de esta especie en laboratorio.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Mantenimiento de reproductores

El ensayo se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivos de Peces del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Los ejemplares de *A. scapularis* de la primera generación (F1) nacidos en cautiverio, con 4 años en promedio, fueron obtenidos a partir de individuos capturados del medio natural; los que fueron acondicionados en sistemas de recirculación de agua de mar (S2).

El sistema de recirculación está compuesto por dos tanques de cultivo de 2 m³ de capacidad (T1 y T2), un biofiltro, lámpara de radiación ultravioleta

en las primeras etapas de desarrollo. Anomalías del sistema neural resultan de una deficiencia de estos ácidos grasos, lo que puede afectar la visión y así el inicio de la etapa de alimentación exógena (CORWEY & SARGENT, 1997; ALMANSA *et al.*, 1999; BRUCE *et al.*, 1999; FURUITA, 2000). Asimismo, la composición de ácidos grasos en la gónada femenina se ve muy afectada por el contenido de grasa en la dieta de los reproductores, porque influye significativamente en la calidad del huevo en un corto período de tiempo (IZQUIERDO *et al.*, 2001).

Vitamina C (ácido ascórbico) es uno de los componentes importantes para la maduración sexual y reproducción de peces marinos y es esencial para la biosíntesis de hormonas esteroideas, así como para la biosíntesis de colágeno en el tejido conectivo, y su contenido antes del desove es crítico para el desarrollo normal del huevo, larva y producción de semilla (FURUITA, 2000). La vitamina E también es importante para la reproducción de peces de agua dulce (*Pleucoglossus altives*, *Cyprinus carpio*, y *Oncorhynchus mykiss*) y peces marinos como *Pagrus major* y *Sparus aurata* (FERNÁNDEZ-PALACIOS *et al.*, 1995 - 1997), su contenido en el huevo decrece después de la eclosión (FURUITA, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue mejorar la condición de la primera generación de *Anisotremus scapularis* reproductores durante el acondicionamiento, con relación a la maduración gonadal, con el uso de aditivos vitamínicos como la vitamina C, E, y ácidos grasos esenciales, necesarios para la reproducción de esta especie en laboratorio.

2. MATERIAL AND METHODS

Maintenance of broodstock

The trial was carried out at IMARPE's Fish Culture Laboratory. The first generation (F1) of *A. scapularis* specimens born in captivity, with an average age of 4 years, were obtained from wild-caught specimens. The specimens were conditioned in seawater recirculation systems (S2).

The recirculation system is formed by two culture tanks of 2 m³ capacity (T1, T2), a biofilter, an ultraviolet radiation lamp, water pumps, heat pumps, and an artificial lighting

leta, bombas de agua y de calor, así como sistema de iluminación artificial. En el S2T1 se establecieron 15 peces a densidad de 2,6 kg/ m³ con peso y longitud total promedio de 340,6 ± 13,02 g y 23,53 ± 1,35 cm, respectivamente, y en el S2T2, 14 peces con peso promedio de 395,04 ± 23,74 g y longitud total promedio de 24,78 ± 1,78 cm, a densidad de 2,8 kg/m³. El sistema de cultivo estuvo con un fotoperiodo constante de 12HL (horas luz): 12 HO (horas oscuridad) y temperatura promedio de 18,66 ± 0,28 °C. El seguimiento se realizó por aproximadamente 7 meses.

Alimentación

La alimentación de los reproductores fue en base a trozos de anchoveta *Engraulis ringens*, especie que posee un alto contenido de ácidos grasos de la serie n-3 (DHA y EPA) (MAZA *et al.*, 2016). La frecuencia de alimentación fue tres veces por semana, entre las 11:00 y 13:00 horas, donde hubo menor influencia de ruidos externos. La tasa de alimentación fue 5% de la biomasa total de los tanques de cultivo. Se adicionó entre 15 y 14 cápsulas de vitaminas en los trozos de pescado, a los tanques S2T1 y S2T2, respectivamente, de acuerdo al número de individuos de cada tanque; siendo también suministradas 3 veces por semana.

Elaboración de cápsulas de vitaminas y ácidos grasos

Las capsulas de gelatina contenían aceite de pescado, vitaminas C, E, un aditivo comercial de ácidos grasos y un premix - multivitamínico también de uso comercial, los dos últimos productos de uso veterinario. La elaboración de 96 cápsulas se hizo de acuerdo con la Tabla 1.

system. A total of 15 fish were stocked in S2T1 at a density of 2.6 kg/m³ with an average weight and total length of 340.6 ± 13.02 g and 23.53 ± 1.35 cm, respectively, while 14 fish were stocked in S2T2 with an average weight of 395.04 ± 23.74 g and average total length of 24.78 ± 1.78 cm, at a density of 2.8 kg/m³. The culture system was with a constant photoperiod of 12HL (hours light): 12 HD (hours dark) and a mean temperature of 18.66 ± 0.28 °C (18.66 ± 0.28 ± 0.28 °C). Monitoring was carried out for approximately 7 months.

Feeding

Broodstock feeding was based on *Engraulis ringens*, a species with a high content of n-3 fatty acids (DHA and EPA) (MAZA *et al.*, 2016). Feeding frequency was three times per week, between 11:00 and 13:00 hours, where there was less influence of external noises. The feeding rate was 5% of the total biomass of the culture tanks. Between 15 and 14 vitamin capsules were added to the fish pieces in tanks S2T1 and S2T2, respectively, according to the number of individuals in each tank. Also, the capsules were provided 3 times per week.

Processing of vitamin and fatty acid capsules

The gelatin capsules contained fish oil, vitamins C, E, a commercial fatty acid additive, as well as a premix - multivitamin, also commercially available, the last two products for veterinary use. The preparation of 96 capsules was carried out according to Table 1.

Tabla 1.- Composición de las cápsulas utilizadas como suplemento en la dieta de reproductores de *Anisotremus scapularis*

Table 1. Composition of capsules used as a dietary supplement for *A. scapularis* broodstock

| Composición Composition | Cantidad Quantity | Concentración Concentration | Producto Product |
|---|----------------------|---|--|
| Aceite de pescado refi- nado Refined fish oil | 4 mL | 0,04 mL/pez (fish) 2,52 mL.g/kg de alimento (of food) | Frasco x 1 L. SGS - Empresa General de Vigilancia (<i>Société Générale des Surveillances</i>). |
| Capsulas de ácidos grasos Fatty acid capsules | 4 unidades | 0,008 mL/pez (fish) 0,50 mL/kg alimento (of food) | Gerioox ©Labyes® – Antioxidante omega -3 |
| Vitamina E Vitamin E | 4 g | 0,04 g/ pez (fish) 2,52 g/kg de alimento (of food) | -α-Tocopherol, DL-all-rac-α-Tocopherol, Vitamin E, Sigma-Aldrich® |
| Vitamina C Vitamin C | 4 g | 0,04 g/ pez (fish) 2,52 g/kg de alimento (of food) | Ascorbic Acid (Ácido L(+)-ascórbico, Sigma-Aldrich®) |
| Premix- multivitamínico Premix-multivitamin | 13 g | 0,14 g/ pez (fish) 8,12 g/kg de alimento (of food) | Suplemento Ultravit-NF ©Biomont |

Muestreo biométrico y seguimiento de la maduración gonadal

Las chitas se marcaron con chips electrónicos *Passive Integrated Transponders* (PITS, HDI Chip International, Holanda) para el seguimiento de su condición física y madurez gonadal. Para evaluar la condición física de los ejemplares se realizaron muestreos biométricos (peso y longitud total) en octubre - noviembre 2017 y enero - marzo - mayo 2018. Para ello, se utilizó el anestésico metasulfonato de tricaina (MS-222) a concentración de 80 mg/L, para evitar el estrés que ocasiona el manipular a los reproductores.

Para determinar la maduración gonadal de los ejemplares, en el caso de hembras se realizó una biopsia ovárica o canulación (MYLONAS *et al.*, 2010), se determinó el estadio de madurez según la proporción de ovocitos pre - vitelogénicos, vitelogenados, maduros e hidratados (BABIN *et al.*, 2007). En base a las características del desarrollo de ovocitos y su tamaño (diámetro) se clasificó la maduración gonadal en 4 estadios: Estadios I o inmaduro, II en maduración, III maduro y IV desovante. En relación con machos, se tomaron muestras de semen por masaje abdominal o *stripping*, para determinar la concentración y motilidad espermática (CARRERA *et al.*, 2018).

Además, para evaluar las condiciones de los ejemplares y su crecimiento en biomasa se calcularon los siguientes parámetros biológicos:

Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

$$CRI = (PT_i - PT_{i-1}) \times PT_{i-1}^{-1} \times 100$$

Donde: PT_i = peso inicial (g), PT_{i-1} = peso final (g) y PT_{i-1}^{-1} = tiempo en días.

Tasa específica de crecimiento en peso (TCE) o *Specific Growth Rate* (SGR)

$$SGR_i = (PT_i - Pt_{i-1}) \times (t_i - t_{i-1})^{-1} \times 100$$

Dónde: PT_i = peso inicial (g), PT_{i-1} = peso final (g) y t_i = tiempo inicial, t_{i-1} = tiempo final.

Factor de condición (K)

$$K = \left(\frac{PT}{LT^3} \right) \times 100$$

Dónde: PT = Peso total, LT = Longitud total y T = Tiempo

Biometric sampling and monitoring of gonadal maturation

A. scapularis specimens were tagged with Passive Integrated Transponders electronic chips (PITS, HDI Chip International, The Netherlands) to monitor their physical condition and gonadal maturity. Biometric sampling (weight and total length) was performed in October - November 2017 and January - March - May 2018 to assess the physical condition of the individuals. Therefore, we used the anesthetic tricaine metasulfonate (MS-222) at a concentration of 80 mg/L, to avoid the stress caused by handling.

An ovarian biopsy or cannulation was performed in the case of females (MYLONAS *et al.*, 2010) to determine the gonadal maturation of the specimens, and the stage of maturity was determined according to the proportion of previtellogenic, vitellogenic, mature, and hydrated oocytes (BABIN *et al.*, 2007). We classified gonadal maturation into 4 stages based on the characteristics of oocyte development and their size (diameter): Stage I or immature, II maturing, III mature, and IV spawning. Regarding males, semen samples were taken by abdominal massage or stripping to determine sperm concentration and motility (CARRERA *et al.*, 2018).

The following biological parameters were also calculated to evaluate the conditions of the specimens and their biomass growth:

Relative Growth Rate (RGR)

$$CRI = (PT_i - PT_{i-1}) \times PT_{i-1}^{-1} \times 100$$

Where: PT_i = initial weight (g), PT_{i-1} = final weight (g), and PT_{i-1}^{-1} = time in days.

Specific Growth Rate (SGR)

$$SGR_i = (PT_i - Pt_{i-1}) \times (t_i - t_{i-1})^{-1} \times 100$$

Where: PT_i = initial weight (g), PT_{i-1} = final weight (g), and t_i = initial time, t_{i-1} = final time.

Condition factor (K)

$$K = \left(\frac{PT}{LT^3} \right) \times 100$$

Where: PT = Total weight, LT = Total length, and T = Time

Calidad de agua

Se monitoreó diariamente temperatura, pH y oxígeno disuelto, utilizando un multiparámetro portátil de la marca YSIPro1020®. Semanalmente, se midió los compuestos nitrogenados de los sistemas de cultivo como: amoníaco no ionizado (NH_3), nitrito ($-\text{NO}_2$), nitrato ($-\text{NO}_3$) y dióxido de carbono (CO_2), usando los test colorimétricos de La Motte®, a fin de mantener una buena calidad de agua que permita la maduración de los ejemplares en cautiverio.

Análisis estadísticos

Se realizaron comparaciones estadísticas entre los dos tratamientos con y sin cápsulas, para ello se utilizó la prueba paramétrica t-Student, comprobándose previamente la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con el F de Fisher. En caso no se cumplieran algunos de los supuestos, se realizó el test no paramétrico de Wilcoxon. El nivel de significancia establecido fue de 0,05 y todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico R (R CORE TEAM, 2019).

3. RESULTADOS

En los resultados de los muestreos se observaron que en el tratamiento sin cápsulas las hembras mostraron todos los estadios de maduración, comenzando a aparecer ejemplares maduros en el tercer y cuarto muestreo, con 33,3% estadio III y 33,3% estadio IV o desovante; con 1 hembra madura en el tercer muestreo y 2 hembras en el cuarto. Respecto al tratamiento con cápsulas, las hembras maduras o en estadio III, se observaron en el tercer muestreo (9%), en el cuarto (60%) y en el último muestreo (54%), con un total de 6 hembras maduras. A pesar de no observarse hembras en estadio IV en el tratamiento con cápsulas, el número de hembras maduras fue mayor y aumentó a medida que se desarrollaban los muestreos en comparación con el tratamiento sin cápsulas (Fig. 1).

En relación a concentración y motilidad espermática de machos, fue difícil obtener muestras de semen en el tratamiento sin cápsulas, solo se logró en el cuarto muestreo, con la concentración de $0,57 \times 10^{10}$ esp/mL y motilidad de 7,62%. En el tratamiento con cápsulas, la máxima concentración espermática se obtuvo en el tercer muestreo con 3×10^{10} esp/mL y con motilidad de 41,56% (Fig. 2).

Water quality

Temperature, pH, and dissolved oxygen were monitored daily using a portable YSIPro1020® multiparameter. Nitrogen compounds in the culture systems were measured weekly, such as non-ionized ammonia (NH_3), nitrite ($-\text{NO}_2$), nitrate ($-\text{NO}_3$), and carbon dioxide (CO_2), using La Motte® colorimetric tests, to maintain a good water quality that allows the maturation of the specimens under captivity.

Statistical analysis

We performed statistical comparisons between the two treatments with and without capsules, using the parametric t-Student test, previously checking normality with the Shapiro-Wilk test and homogeneity of variances with Fisher's F test. If any of the assumptions were not met, the non-parametric Wilcoxon test was applied. The significance level established was 0.05 and all analyses were performed with the R statistical software (R CORE TEAM, 2019).

3. RESULTS

Our results revealed that in the treatment without capsules, females showed all stages of maturation, with mature specimens beginning to appear in the third and fourth sampling, with 33.3% stage III and 33.3% stage IV or spawning; with 1 mature female in the third sampling and 2 females in the fourth sampling. Concerning the capsule treatment, mature or stage III females were observed in the third sampling (9%), the fourth sampling (60%), and the last sampling (54%), with a total of 6 mature females. Although no stage IV females were observed in the capsule treatment, the number of mature females was higher and increased as sampling progressed compared to the non-capsule treatment (Fig. 1).

As for the sperm concentration and motility of males, obtaining semen samples was difficult in the non-capsule treatment, and was only achieved in the fourth sampling, with a concentration of 0.57×10^{10} sperm/mL and motility of 7.62%. In the treatment with capsules, the maximum sperm concentration was obtained in the third sampling with 3×10^{10} sperm/mL and motility of 41.56% (Fig. 2).

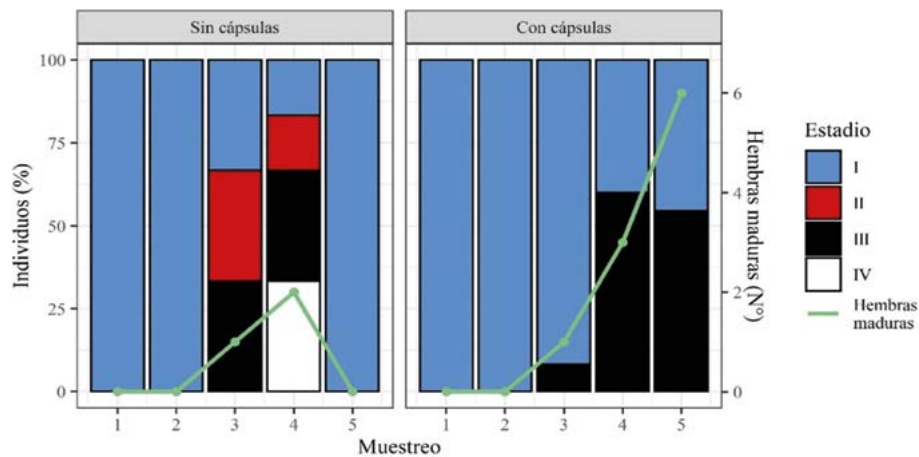


Figura 1.- Desarrollo de la maduración gonadal de hembras de *Anisotremus scapularis* en los tratamientos sin cápsulas y con cápsulas

Figure 1. Development of gonadal maturation of *A. scapularis* females in non-capsule and capsule treatments

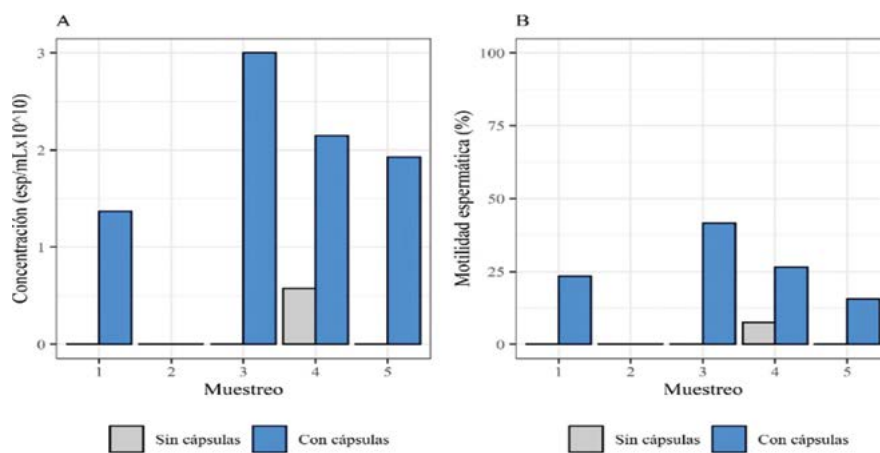


Figura 2.- Concentración espermática (A) y motilidad espermática (B) en machos de *A. scapularis* en los tratamientos sin y con cápsulas

Figure 2. Sperm concentration (A) and sperm motility (B) in male *A. scapularis* in non-capsule and capsule treatments

La espermiación se contabilizó de acuerdo con una escala subjetiva adoptada por el laboratorio del 0 al 3, donde: 0 no se obtiene muestra (NE: no espermante), 1 es una gota (+), 2 se obtiene el esperma fácilmente luego de la presión abdominal (++) y 3 es abundante a la presión abdominal (+++). En el tratamiento sin cápsulas, en el muestreo cuatro se identificó a un individuo con espermiación calificada como 1 (50%) y a otro como 2 (50%) (Fig. 3); sin embargo, en los otros muestreos no se observaron machos espermiantes. En el caso del tratamiento con cápsulas, en el muestreo tres se identificó el 50% como 1 y el otro 50% en 0 (NE), en el muestreo cuatro el 100% como 2 y en el muestreo cinco, se encontró en 1 (33,33%) y en 2 (33,33%). Similar a las hembras con un número total de 6 individuos espermiantes, también fue mayor en el tratamiento con cápsulas y aumentó con la progresión de los muestreos (Fig. 3).

Spermiation was counted according to a subjective scale adopted by the laboratory from 0 to 3, where: 0 no sample is obtained (NE: no sperm), 1 is a drop (+), 2 when sperm is easily obtained after abdominal pressure (++) and 3 is abundant upon abdominal pressure (+++). In the non-capsule treatment, in sampling four, one individual was identified with spermiation rated as 1 (50%) and another as 2 (50%) (Fig. 3), but in the other samplings, no spermating males were observed. Regarding the capsule treatment, 50% were identified in sampling three as 1 and the other 50% as 0 (NE), in sampling four 100% were identified as 2, and in sampling five, they were found in 1 (33.33%) and 2 (33.33%). Similar to females with a total number of 6 spermating individuals, it was also higher in the capsule treatment and increased with the progression of sampling (Fig. 3).

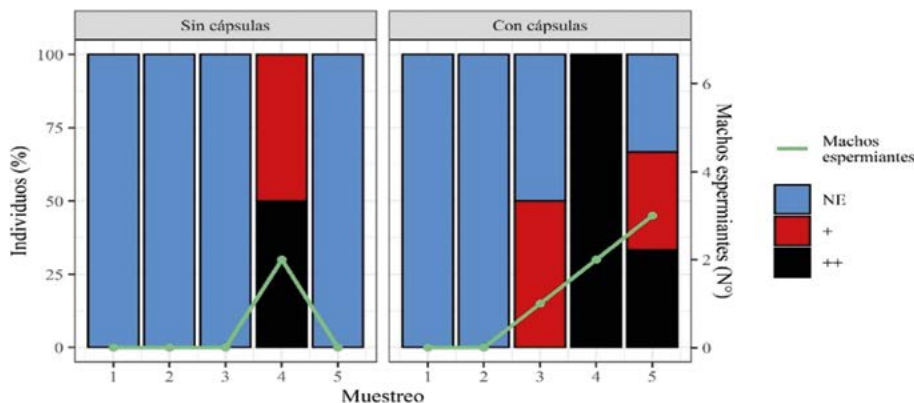


Figura 3.- Espermiación de machos de *A. scapularis* en los tratamientos sin cápsulas y con cápsulas

Figure 3. Spermiation of male *A. scapularis* in the non-capsule and capsule treatments

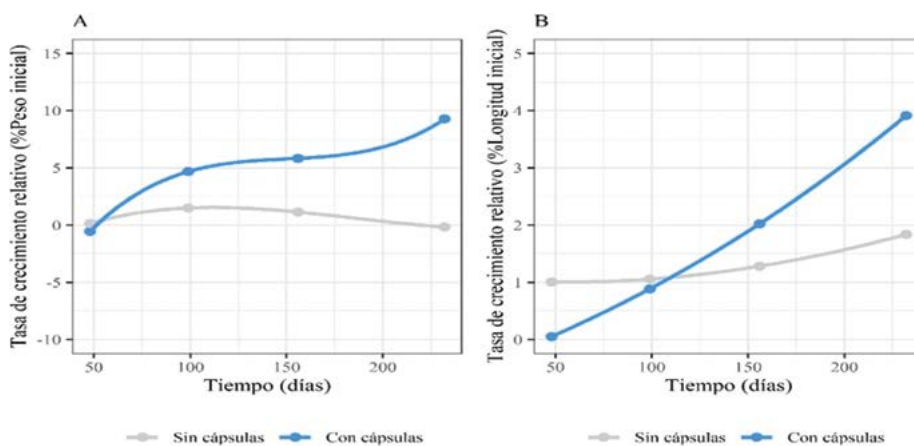


Figura 4.- Tasa de crecimiento relativo en peso (A) y longitud (B) de *A. scapularis* en los tratamientos sin cápsulas y con cápsulas

Figure 4. Relative growth rate in weight (A) and length (B) of *A. scapularis* in non-capsule and capsule treatments

La tasa de crecimiento relativo (TCR) presentó diferencias significativas en relación con el peso ($p < 0,05$) pero no en longitud ($p > 0,05$). En el tratamiento sin cápsulas, el TCR en peso fue menor en la mayoría de los muestreos variando entre 0,15 y -0,17%, mientras que, en el tratamiento con cápsulas varió entre -0,55 y 9,29%. La TCR en longitud varió entre 1 y 1,84% en el tratamiento sin cápsulas y entre 0,05 y 3,92% en el tratamiento con cápsulas (Fig. 4).

Respecto a la Tasa de Crecimiento Específico (TCE), presentó diferencias significativas en relación al peso ($p < 0,05$) pero no en la longitud ($p > 0,05$). En los tratamientos sin y con capsulas el peso promedio fue -0,001% g/día y 0,037% g/día, respectivamente, y de 0,007% cm/día y 0,016% cm/día en relación a la longitud, respectivamente (Fig. 5).

The relative growth rate (RGR) showed significant differences in weight ($p < 0.05$) but not in length ($p > 0.05$). In the non-capsule treatment, the RGR in weight was lower in most of the samples, varying between 0.15 and -0.17%, while in the capsule treatment, it varied between -0.55 and 9.29%. RGR in length varied between 1 and 1.84% in the non-capsule treatment and between 0.05 and 3.92% in the capsule treatment (Fig. 4).

Regarding the Specific Growth Rate (SGR), it had significant differences for the weight ($p < 0.05$) but not for length ($p > 0.05$). In the non-capsule and capsule treatments, the average was -0.001% g/day and 0.037% g/day for weight and 0.007% cm/day and 0.016% cm/day for length, respectively (Fig. 5).

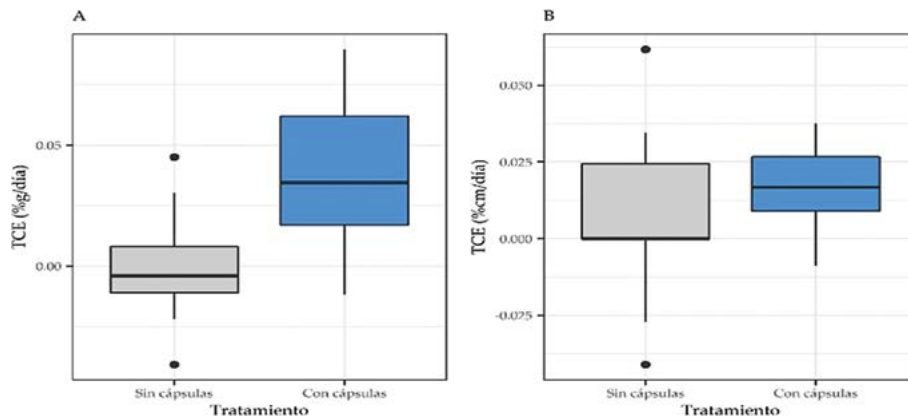


Figura 5.- Tasa de crecimiento específico en peso (A) y longitud (B) de *A. scapularis* en los tratamientos sin cápsulas y con cápsulas

Figure 5. Specific growth rate in weight (A) and length (B) of *A. scapularis* in non-capsule and capsule treatments

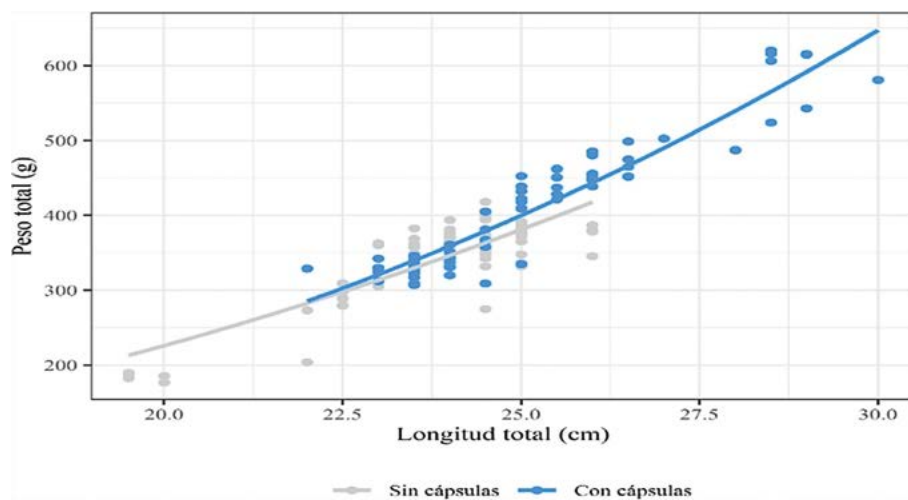


Figura 6.- Relación longitud-peso de *A. scapularis* en los tratamientos sin cápsulas y con cápsulas

Figure 6. Length-weight relationship of *A. scapularis* in non-capsule and capsule treatments

A pesar de las diferencias observadas en el peso, los ejemplares hembras y machos (Fig. 6), mostraron relación longitud-peso sin diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$).

Los resultados del factor de condición (K) de ambos tratamientos fueron bastante similares en todos los muestreos, con valores promedio de $2,50 \pm 0,34$ para el tratamiento sin cápsulas y de $2,55 \pm 0,17$ con cápsulas. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$) (Fig. 7).

En relación a las condiciones físicas o estado de salud de los peces, se observó en el segundo, tercero y cuarto muestreo algunos con presencia de manchas rojas en la aleta caudal y pectoral, estando en su mayoría en los ejemplares del tratamiento sin cápsulas (Fig. 8).

Despite the differences observed in weight, female and male *Anisotremus scapularis* specimens (Fig. 6), showed a length-weight relationship with no significant differences between treatments ($p > 0.05$).

The results of the condition factor (K) of both treatments were quite similar in all samplings, with average values of 2.50 ± 0.34 for the non-capsule treatment and 2.55 ± 0.17 for the one using capsules. No significant differences were observed between treatments ($p > 0.05$) (Fig. 7).

Concerning the physical conditions or state of health of the fish, some fish were observed in the second, third, and fourth sampling with red spots on the caudal and pectoral fins, most of them being in the specimens of the non-capsule treatment (Fig. 8).

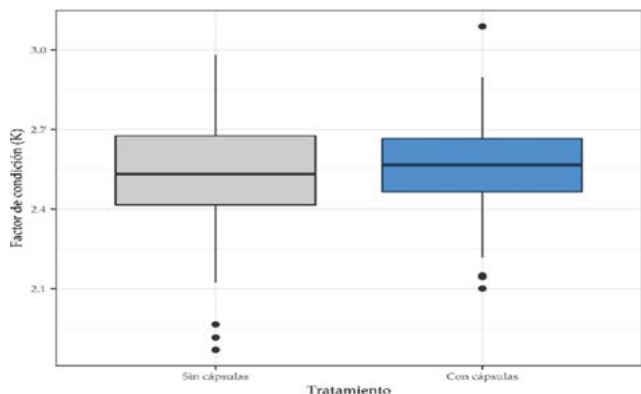


Figura 7.- Factor de condición de *A. scapularis* en los tratamientos sin cápsulas y con cápsulas

Figure 7. Condition factor of *A. scapularis* in non-capsule and capsule treatments



Figura 8.- Presencia de manchas rojas en la aleta caudal de *A. scapularis* en el tratamiento sin cápsulas

Figure 8. Presence of red spots on the caudal fin of *A. scapularis* in the non-capsule treatment

Tabla 2.- Parámetros físico-químicos registrados en el cultivo de *A. scapularis* durante cada periodo de muestreo

Table 2. Physicochemical parameters recorded in the culture of *A. scapularis* during each sampling period

| PERIODO DE MUESTREO | Temperatura (°C) | Oxígeno disuelto (mg/L) | pH | % Saturación oxígeno | NH ₃ (mg/L) | NO ₂ (mg/L) | NO ₃ (mg/L) | CO ₂ (mg/L) |
|---------------------|------------------|-------------------------|-------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 17.88 ± 0.26 | 8.79 ± 0.42 | 8.04 ± 0.16 | 93.43 ± 2.71 | 0.01 ± 0.01 | 0.22 ± 0 | 0.83 ± 0 | 4.33 ± 1.15 |
| 2 | 18.21 ± 0.3 | 8.57 ± 0.26 | 8.04 ± 0.14 | 91.23 ± 2.35 | 0.01 ± 0 | 0.08 ± 0.04 | 1.5 ± 0.71 | 6.5 ± 3.54 |
| 3 | 19.18 ± 0.31 | 8.29 ± 0.31 | 8.34 ± 0.17 | 89.74 ± 3.12 | 0.02 ± 0.01 | 0.22 ± 0.25 | 9.33 ± 1.15 | 4.33 ± 0.58 |
| 4 | 19.06 ± 0.14 | 8.13 ± 0.24 | 8.55 ± 0.26 | 87.37 ± 1.92 | 0.01 ± 0 | 0.22 ± 0.16 | 3.05 ± 2.37 | 3.8 ± 2.17 |
| 5 | 18.97 ± 0.38 | 7.99 ± 0.32 | 8.7 ± 0.37 | 85.35 ± 3.55 | 0.07 ± 0.09 | 0.15 ± 0.09 | 6.67 ± 1.15 | 7 ± 1 |

De acuerdo al seguimiento de la calidad de agua del sistema de cultivo durante toda la experiencia, se presentan los datos promedio obtenidos para cada periodo de muestreo (Tabla 2).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La estacionalidad de la maduración gonadal y el desove son características típicas de muchas especies de peces y algunos de estos han desarrollado mecanismos para asegurar que la maduración final y desove coincidan con condiciones ambientales óptimas para la supervivencia de la progenie (MAÑANOS *et al.*, 2008). Cuando estas condiciones son óptimas, se produce una maduración exitosa, llegando a completarse este proceso, para dar lugar a la producción de gametos (esperma y ovocitos) y el posterior desove (DUNCAN *et al.*, 2011).

Las condiciones de cultivo en cautiverio son muy diferentes a las del medio natural. Por ello, para tener seguridad que los peces en cautiverio alcancen las etapas finales de maduración, es necesario considerar los puntos críticos como nutrición y aspectos ambientales, para lograr el desove (MAÑANOS *et al.*,

Table 2 shows the average data obtained for each sampling period, according to the monitoring of the water quality of the culture system during the whole trial.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The seasonality of gonadal maturation and spawning are typical characteristics of many fish species and some of these have developed mechanisms to ensure that final maturation and spawning coincide with optimal environmental conditions for the survival of progeny (MAÑANOS *et al.*, 2008). When these conditions are optimal, successful maturation occurs and the process is completed, leading to the production of gametes (sperm and oocytes) and subsequent spawning (DUNCAN *et al.*, 2011).

Culture conditions under captivity are very different from those in the natural environment. Therefore, to ensure that fish in captivity reach the final stages of maturation, we must consider critical aspects such as nutrition and environmental factors to achieve spawning

2008). En tal sentido, los peces de la F1 fueron acondicionados en sistemas de recirculación bajo el control de los parámetros fisicoquímicos y se planteó el uso de un suplemento vitamínico (cápsulas preparadas) para mejorar su condición nutricional antes del periodo de desove; de acuerdo con los resultados obtenidos se muestra que los ejemplares alimentados con capsulas presentaron mejor crecimiento (peso total, longitud total, TCR y TCE) y mayor número de ejemplares maduros en ambos sexos.

Respecto al alimento de los reproductores se ha identificado que la composición de lípidos y ácidos grasos en la dieta, son los principales factores que conducen a una reproducción exitosa y supervivencia de la descendencia (IZQUIERDO *et al.*, 2001). Asimismo, muchos estudios han demostrado que la composición de ácidos grasos del huevo es un reflejo de la dieta de los reproductores, tanto en especies marinas como de agua dulce (FURUITA *et al.*, 2000; CECCON *et al.*, 2012). Además, se ha encontrado que cuando el nivel de HUFA n-3 (particularmente DHA) se incrementa en las dietas de reproductores de *Sparus aurata*, aumenta el porcentaje de huevos morfológicamente normales (VALDEBENITO *et al.*, 2013); en ese sentido, ante la importancia de los ácidos grasos en esas dietas de chita, se consideró una fuente de uso comercial en la elaboración de las cápsulas que aporte dicho requerimiento.

Al respecto, la elaboración de dietas formuladas para reproductores de peces en general, son bastantes diversas y se complementan de diferentes maneras con suplementos vitamínicos, minerales y ácidos grasos de la serie n-3 (DHA y EPA), utilizando, en su gran mayoría, especies de origen marino predominantes en cada región y con tasas alimenticias bastantes variadas dependiendo de la especie en cultivo. Al respecto, el pargo prieto (*Lutjanus novemfasciatus*) de la familia Lutjanidae, tiene relación con la familia Sparidae (sargos y doradas), guardando a su vez, estrecha relación con la familia Haemulidae a la que pertenece la chita (ORRELL *et al.*, 2002; TAVERA *et al.*, 2012).

DUNCAN *et al.* (2011) indican que durante el acondicionamiento de los pargos:

... la alimentación se realizó en tres etapas, en la primera fue con una mezcla de pescado entero y filete (40%), calamar (40%) e hígado de res (20%) junto con una mezcla

(MAÑANOS *et al.*, 2008). Thus, the F1 fish were conditioned in recirculation systems under the control of physicochemical parameters and the use of a vitamin supplement (prepared capsules) was proposed to improve their nutritional condition before the spawning period. According to our results, the fish fed with capsules showed better growth (total weight, total length, RGR, and SGR) and a greater number of mature specimens in both sexes.

Regarding broodstock food, it has been identified that dietary lipid and fatty acid composition are the main factors leading to successful reproduction and progeny survival (IZQUIERDO *et al.*, 2001). Many studies have also shown that the fatty acid composition of the egg is a reflection of the diet of the broodstock in both marine and freshwater species (FURUITA *et al.*, 2000; CECCON *et al.*, 2012). Also, it has been found that when the level of n-3 HUFA (particularly DHA) is increased in the diets of *Sparus aurata* broodstock, the percentage of morphologically normal eggs increases (VALDEBENITO *et al.*, 2013). Therefore, given the importance of fatty acids in the *A. scapularis* diet, we considered commercial supplements for the preparation of capsules to meet this requirement.

On this matter, the elaboration of formulated diets for fish broodstock is quite diverse and they are complemented in different ways with vitamin supplements, minerals, and n-3 series fatty acids (DHA and EPA), mostly using marine species that are predominant in each region and with quite varied feeding rates depending on the species being cultured. Regarding *Lutjanus novemfasciatus* of the family Lutjanidae, is related to the family Sparidae, being closely related to the family Haemulidae to which *A. scapularis* belongs (ORRELL *et al.*, 2002; TAVERA *et al.*, 2012).

DUNCAN *et al.* (2011) indicate that during the conditioning of the snappers:

... feeding was carried out in three stages, in the first one with a mixture of whole fish and fillet (40%), squid (40%), and beef liver (20%) together with a vitamin

de vitaminas incorporadas en gelatina, se ofreció aproximadamente 5% de la biomasa total; en el segundo periodo se alimentó con 0,5 - 1% de la biomasa total con dieta húmeda, elaborada en base a filete de pescado, calamar, harina de pescado, harina de soya, aceite de pescado, dextrina, alginato, mezcla de vitaminas, minerales y vitamina C. En el tercer periodo, se alimentaron los pargos con una dieta comercial especial para reproductores de peces marinos, mezclada con la dieta húmeda (enriquecida con ácidos grasos esenciales como HUFA (DHA y EPA) y vitaminas A, E, D3 y C. La mezcla se ofreció a razón de 1 - 1,5% de la biomasa total.

En relación con el presente trabajo, se utilizó una dieta en base a pescado refrigerado (anchoveta) y se elaboraron cápsulas con aceite de pescado, vitaminas C y E, ácidos grasos (n-3) y un premix-multivitamínico con la finalidad de mejorar la maduración, condición física y posterior calidad de desoves; la tasa alimenticia fue 5%; observándose una notoria diferencia en los resultados de los ejemplares en los que se utilizó las capsulas elaboradas como suplemento vitamínico.

CASALS & TOLEDO (2018) mencionan que:

... reproductores de pargo criollo (*Lutjanus analis*), se alimentaron diariamente a saciedad con calamar, pescado y camarón congelados, mezcla que contenía 47% de proteína bruta, se suministró adicionalmente un suplemento vitamínico y mineral ... reproductores de robalo (*Centropomus undecimalis*) se han alimentado con dietas de 50% de proteínas y 11% de lípidos, tres veces por semana al 1,6% de su biomasa con buenos resultados, con una dieta de bajo costo formulada con ingredientes de producción nacional.

IBARRA-CASTRO *et al.* (2011) informan que:

... en reproductores de robalo (*Centropomus undecimalis*) se ha utilizado como alimento una mezcla de pienso comercial (60%) y pescado fresco (40%) en días alternos, en raciones de 5% de la biomasa, con el suministro adicional de vitaminas y aceite de pescado n-3 (con 180 mg DHA y 270 mg EPA), introducidos en la mezcla del alimento dos veces a la semana.

CONTRERAS-GARCÍA *et al.* (2015) indican que ...en otros estudios, se ha suministrado pescado fresco de origen marino (*clupeidos*) hasta la saciedad con suplemento de alimento balanceado, tres veces a la semana en dos raciones.

mixture incorporated in gelatin, approximately 5% of the total biomass was offered. In the second period, we supplied 0.5 - 1% of the total biomass with a wet diet, based on fish fillet, squid, fish meal, soybean meal, fish oil, dextrin, alginate, vitamin mixture, minerals, and vitamin C. In the third period, snappers were fed a special commercial diet for marine fish broodstock, mixed with the wet diet (enriched with essential fatty acids such as HUFA (DHA and EPA) and vitamins A, E, D3, and C. The mixture was offered at a rate of 1 - 1.5% of the total biomass.

We used a diet based on refrigerated fish (*E. ringens*) and prepared capsules with fish oil, vitamins C and E, fatty acids (n-3), and a premix-multivitamin to improve maturation, physical condition, and subsequent spawning quality, in relation to the feeding rate was 5%. A noticeable difference was observed in the results of the specimens in which the capsules were used as a vitamin supplement.

CASALS & TOLEDO (2018) mention that:

... *Lutjanus analis* broodstock specimens were fed daily to satiety with frozen squid, fish, and shrimp, a mixture containing 47% crude protein, plus a vitamin and mineral supplement ... *Centropomus undecimalis* broodstock specimens have been fed a 50% protein and 11% lipid diet three times a week at 1.6% of their biomass with good results, with a low-cost diet formulated with domestically produced ingredients.

IBARRA-CASTRO *et al.* (2011) report that:

... in *Centropomus undecimalis* broodstock specimens, a mixture of commercial feed (60%) and fresh fish (40%) was used as feed on alternate days, in rations of 5% of the biomass, with the additional supply of vitamins and n-3 fish oil (with 180 mg DHA and 270 mg EPA), introduced in the feed mixture twice a week.

CONTRERAS-GARCÍA *et al.* (2015) indicate that ... in other studies, fresh marine fish (*clupeids*) have been provided for satiety with a balanced feed supplement, three times a week in two portions.

De acuerdo a estos estudios se observa que la principal fuente de proteína en la dieta son las diferentes variedades de pescado, al cual se le agregan suplementos vitamínicos para cumplir con los requerimientos nutricionales de la especie en cultivo en su etapa reproductiva.

Dentro de los requerimientos de una dieta de reproductores de peces, ÁLVAREZ-LAJONCHÈRE (2006) menciona a los ácidos grasos poliinsaturados de la serie n-3, las vitaminas C y E (antioxidante) así como los carotenoides se pueden satisfacer al proveer alimentos frescos de elevada calidad, tales como calamares, sepias, crustáceos (especialmente camarones y krill) y peces del tipo aceitoso (clupéidos, escómbridos y carángidos), cortados al tamaño de un bocado, sin embargo es difícil contar con una variedad de especies que cumpla todos los requerimientos nutricionales de la especie en estudio; es por ello que como alternativa en el presente trabajo se recurrió a un recurso de origen local como la anchoveta y a suplementos vitamínicos de uso comercial.

En tal sentido, hay necesidad de vitamina C en una dieta para reproductores de peces por su aporte a la formación normal de colágeno, cartílago y huesos (WAAGBØ *et al.*, 1989); al analizar el ovario de la trucha arcoíris, la deposición de ácido ascórbico en ovocitos en crecimiento se consideró una demanda importante para dar resistencia óptima al colágeno a través de las etapas embrionarias; con esto puede explicarse el mejoramiento de la eclosión de los huevos y supervivencia de los alevines de truchas; dichos resultados también se han reportado en el salmón del atlántico y la tilapia (SANTIAGO & GONZAL, 2000). Asimismo, la importancia de la vitamina E también como suplemento en la dieta de los reproductores, actúa como un antioxidante fisiológico potente y protege a las vitaminas oxidables y lábiles como los ácidos grasos insaturados que son necesarios para la actividad reproductiva normal. Se ha demostrado que la deficiencia de vitamina E en la carpa común retarda el desarrollo de los ovocitos, reduce el peso de los ovarios y el índice gonadosomático, afectando la composición proximal de los ovarios (SANTIAGO & GONZAL, 2000). En la especie *Plecoglossus altivelis*, la deficiencia de vitamina E causó la falla de algunos reproductores sin desovar y redujo la supervivencia de los huevos y la eclosión; así como también afectó la supervivencia de larvas (LUQUE & WATANABE, 1986; SANTIAGO & GONZAL, 2000). Se

According to these studies, different varieties of fish are the main source of protein in the diet, to which vitamin supplements are added to meet the nutritional requirements of the species under culture in its reproductive stage.

ÁLVAREZ-LAJONCHÈRE (2006) mentions that polyunsaturated n-3 fatty acids, vitamins C and E (antioxidant), as well as carotenoids, can be satisfied by providing high-quality fresh food, such as squid, cuttlefish, crustaceans (especially shrimp and krill), and oily fish (clupeids, scombrids, and carangids), cut to bite size, but it is difficult to have a variety of species that meet all the nutritional requirements of the species under study. Therefore, as an alternative, we used locally sourced resources such as *E. ringens* and commercially available vitamin supplements.

Vitamin C is needed in a broodstock fish diet given its contribution to normal collagen, cartilage, and bone formation (WAAGBØ *et al.*, 1989). When analyzing the rainbow trout ovary, the deposition of ascorbic acid in growing oocytes was considered an important demand to give optimal resistance to collagen through the embryonic stages. This may explain the improvement of egg hatching and survival of trout fry; such results have also been reported in Atlantic salmon and tilapia (SANTIAGO & GONZAL, 2000). Likewise, vitamin E is also important as a supplement in the broodstock diet since it acts as a potent physiological antioxidant and protects oxidizable and labile vitamins such as unsaturated fatty acids that are necessary for normal reproductive activity. Vitamin E deficiency in European carp has been shown to retard oocyte development, and reduce ovarian weight, and gonadosomatic index, thus affecting the proximal composition of the ovaries (SANTIAGO & GONZAL, 2000). Regarding *Plecoglossus altivelis*, vitamin E deficiency caused the failure of some non-spawning broodstock and reduced egg survival and hatching, as well as affecting larval survival (LUQUE & WATANABE, 1986; SANTIAGO & GONZAL, 2000). We highlight the importance of the inclusion of vitamins C and E in the broodstock diet, especially because they contribute to the quality of spawning,

destaca la importancia de la inclusión de las vitaminas C y E en la dieta de reproductores sobre todo porque contribuye a la calidad de los desoves obteniendo huevos y larvas con un mayor porcentaje de sobrevivencia y calidad.

Por otro lado, en relación a la calidad espermática, es válido cualquier parámetro cuantitativo o cualitativo como la concentración de células espermáticas, la motilidad o la actividad que es considerada como el tiempo de actividad celular, los porcentajes de células activas, porcentaje de células motiles o número de células que se observan en movimiento, número de espermatozoides o cantidad de células espermáticas por volumen de muestra (BOBE & LABBÉ, 2010). De acuerdo al criterio sugerido por AAS *et al.*, (1991), el porcentaje de células motiles está definido en escala del 0% al 100% con intervalos de 10, donde el 90% y 100% son óptimos para garantizar mayores porcentajes de óvulos fertilizados. Asimismo, la cantidad de células espermáticas varía entre individuos de la misma especie y entre las diferentes especies; por ello, es recomendable que dicho parámetro se determine en las muestras de semen. Por lo que, es necesario determinar en cada uno de los reproductores machos seleccionados la concentración y motilidad espermática (LÓPEZ *et al.*, 2018). En relación con la experiencia, fue difícil obtener muestras en el tratamiento sin cápsulas, obteniendo solo una cuya concentración fue $0,57 \times 10^{10}$ esp/mL y motilidad 7,62%. Por otro lado, en el tratamiento con cápsulas, la máxima concentración espermática fue 3×10^{10} esp/mL con motilidad de 41,56%. Si bien es cierto, se obtuvo mayor número de muestras de semen en el tratamiento con cápsulas, se tuvo baja calidad espermática, lo cual se puede atribuir a que la primera generación requiere de mayor tiempo de acondicionamiento y mejoramiento de la dieta para incrementar los valores obtenidos o también los machos de la F1 pueden presentar reducción en la cantidad de esperma y menor calidad, aunque completen el proceso de espermatogénesis y espermiación por las condiciones de cautiverio (MYLONAS *et al.*, 2010).

Otro aspecto importante evaluado en los reproductores fue el factor de condición, el cual tradicionalmente se usa para comparar la condición fisiológica y reproductiva de los peces; por ejemplo, en *Lutjanus guttatus* el índice gonadosomático (IGS) y K presentaron la misma tendencia y comportamiento; la disminución de K conforme

obtaining eggs and larvae with a higher percentage of survival and quality.

Regarding sperm quality, any quantitative or qualitative parameter is valid, such as sperm cell concentration, motility, or activity, which is considered as the time of cellular activity, percentages of active cells, percentage of motile cells, or number of cells observed in movement, number of spermatozoa or quantity of sperm cells per sample volume (BOBE & LABBÉ, 2010). According to the criteria suggested by AAS *et al.*, (1991), the percentage of motile cells is defined on a scale from 0% to 100% with intervals of 10, where 90% and 100% are optimal to guarantee higher percentages of fertilized eggs. Likewise, the amount of sperm cells varies among individuals of the same species and different species; this is why it is recommended that this parameter should be determined in the semen samples. Therefore, it is necessary to determine sperm concentration and motility in each of the selected male broodstock (LÓPEZ *et al.*, 2018). Regarding the trial, it was difficult to obtain samples in the non-capsule treatment, obtaining only one whose concentration was 0.57×10^{10} sperm/mL and motility of 7.62%. On the other hand, in the treatment with capsules, the maximum sperm concentration was 3×10^{10} sperm/mL, and motility of 41.56%. Despite the greater number of semen samples obtained in the capsule treatment, the sperm quality was low. This could be due to the fact that the first generation requires more conditioning time and improvement of the diet to increase the values obtained, or also the F1 males may present a reduction in the quantity of sperm and lower quality, although they complete the process of spermatogenesis and spermiation due to the captivity conditions (MYLONAS *et al.*, 2010).

The condition factor, which is traditionally used to compare the physiological and reproductive condition of fish, was another important aspect evaluated in the broodstock. For example, in *Lutjanus guttatus*, the gonadosomatic index (GSI) and K showed the same pattern and behavior; the decrease in K as the reproductive cycle progresses confirms that reproductive activity involves high

transcurre el ciclo reproductivo confirma que la actividad reproductiva implica alto costo energético para los organismos (ARELLANO *et al.*, 2001). En *Anisotremus interruptus*, se registraron valores bajos de K antes del pico reproductivo lo que se ha relacionado con la movilización de reservas de energía somáticas, las cuales son necesarias para la actividad reproductiva y/o con reducción en la actividad de alimentación, mostrando correlación negativa entre K y el IGS tanto en hembras como en machos (Ruíz *et al.*, 2012). Asimismo, GARCÍA-CAGIDE (1986) encontró marcadas diferencias en K de *Haemulon sciurus* y estos cambios los relacionan con temperatura del agua, suministro de alimento, crecimiento y actividad reproductiva. En peces tropicales, el K puede disminuir durante la temporada de desove debido a una pérdida en el peso corporal de aproximadamente 10% (Ruíz *et al.*, 2012). En relación a K en *Anisotremus scapularis* tuvo un comportamiento similar en ambos tratamientos y en todos los muestreos; no se pudo relacionar con IGS porque los organismos no fueron sacrificados por ser parte del plantel de reproductores del laboratorio.

Respecto a la calidad de agua, los sistemas de recirculación permitieron mantener parámetros fisicoquímicos estables durante la etapa de acondicionamiento, ya que admiten mayor control sobre los parámetros ambientales y el agua, teniendo en óptimas condiciones el cultivo de peces (BADIOLA *et al.*, 2012).

Por lo tanto, en base a los resultados de maduración gonadal, tasas de crecimiento, factor de condición y estado físico de los ejemplares, se recomienda utilizar cápsulas en el alimento suministrado a reproductores de la primera generación nacidos en cautiverio de chita *A. scapularis*, con la finalidad de mejorar la dieta durante el acondicionamiento, previo a la etapa de desove.

energy costs for the organisms (ARELLANO *et al.*, 2001). In *Anisotremus interruptus*, low K values were recorded before the reproductive peak, which has been related to the mobilization of somatic energy reserves, which are necessary for reproductive activity and/or with a reduction in feeding activity, showing a negative correlation between K and GSI in both females and males (Ruíz *et al.*, 2012). GARCÍA-CAGIDE (1986) also found noticeable differences in the condition factor of *Haemulon sciurus* and related these changes to water temperature, food supply, growth, and reproductive activity. In tropical fish, K may decrease during the spawning season due to a loss of approximately 10% of body weight (Ruíz *et al.*, 2012). Regarding K in *Anisotremus scapularis*, it showed similar behavior in both treatments and all samplings; it could not be related to GSI because the organisms were not sacrificed as they were part of the laboratory's broodstock.

Regarding water quality, the recirculation systems allowed for maintaining stable physicochemical parameters during the conditioning stage since they allow greater control over environmental parameters and water, keeping the fish culture in optimal conditions (BADIOLA *et al.*, 2012).

Thus, based on the results of gonadal maturation, growth rates, condition factor, and physical condition of the specimens, we recommend the use of capsules in the food supplied to first generation *A. scapularis* broodstock born in captivity to improve the diet during conditioning before spawning.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- AAS, G. H., REFSTIE, T., GJERDE, B. (1991). Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 95, 125-132. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90079-M](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90079-M)
- ÁLVAREZ-LAJONCHÈRE, L. (2006). Nutrición de Reproductores de Peces Marinos. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. *Avances en Nutrición Acuícola, VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. 15-17 noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México, 19 pp.
- ALMANSA, E., PÉREZ, M. J., CAJAS, J. R., BADÍA, P., VILLAMANDOS, J. E., LORENZO, A. (1999). Influence of broodstock gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) dietary fatty acids on egg quality and egg fatty acid composition throughout the spawning season. *Aquaculture*, 170, 323-336.
- ARELLANO, M., ROJAS, A., GARCÍA, F., CEBALLOS, B., VILLALEJO, M. (2001). Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 36(1), 1 - 8.
- BABIN, P., CERDÁ, J., LUBZENS, E. (Edits.) (2007). *The Fish Oocyte: From Basic Studies to Biotechnological Applications*. 508 pp.
- BADIOLA, M., MENDIOLA, D., BOSTOCK, J. (2012) Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges, *Aquacultural Engineering*, 51, 26-35. Doi: 10.1016/j.aquaeng.2012.07.004
- BOBE, J., LABBÉ, C. (2010). Egg and sperm quality in fish. *General and Comparative Endocrinology*, 165(3), 535-548. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen>.
- BRUCE, M., OYEN, F., BELL, G., ASTURIANO, J. F., FARNDAL, B., CARRILLO, M., ZANUY, S., RAMOS, J., BROMAGE, N. (1999). Development of broodstock 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, 85-97.
- CARRERA, L., COTA, N., LINARES, J., CASTRO, A., ORIHUELA, L., SILVA, E., MONTES, M. (2018). Manual para acondicionamiento y reproducción de chita *Anisotremus scapularis*. *Inf Inst Mar Perú*, 45(2), 263-276.
- CASALS, M., TOLEDO, S. (2018). Dietas para reproductores de peces con potencial para el cultivo marino en Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. 35(1), 30-37.
- CECCON, C., BIZUAYEHU, T., BOLLA, S., MARTINS, C., OLIVEIRA, J. M., BIANCHINI, A., KIRON, K., BABIAK, I. (2012). Biochemical composition and performance of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) eggs and larvae obtained from farmed and wild broodstocks. *Aquaculture*, 324-325, 267-275.
- CONTRERAS-GARCÍA, M. J., CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. M., HERNÁNDEZ-VIDAL, U., MCDONAL-VERA, A. (2015). Induced Spawning of the Common Snook (*Centropomus undecimalis*). In *Captivity Using GnRH-an Implants. Reproduction of Common Snook in Captivity*, 2(6), 357-362.
- CORWEY, C. B., SARGENT, J. R. (1997). Minireview. Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 57B, 269 - 273.
- DUNCAN, N., IBARRA, Z., HERNÁNDEZ, C., GARCÍA, N., VELASCO, G., RODRÍGUEZ, E., IBARRA, L., RODRÍGUEZ, G., ABDO DE LA PARRA, M., QUINTANA, J. C., ROQUE, A., DEL VALLE, G. (2011). Maduración del pargo prieto (*Lutjanus novemfasciatus*) en cautiverio. *Avances en Acuicultura y Manejo Ambiental*. Capítulo 2. <https://www.researchgate.net/publication/260664392>
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, H., IZQUIERDO, M., GONZÁLES, M., ROBAINA, L., VALENCIA, A., SALHI, M., VERGARA, J. (1995). The Effect of dietary protein and lipid from squid and fish on egg quality of broodstock for gilthead sea bream broodstock (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 148, 233-246.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, H., IZQUIERDO, M., GONZÁLES, M., ROBAINA, L., VALENCIA, A., SALHI, M., MONTERO, D. (1997). Effect of n-3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead sea bream broodstock (*Sparus aurata* L.).
- FURUITA, H. (2000). Nutritional requirements in broodstock of marine fishes. In: *Proceedings of the twenty-six UJNR Aquaculture Panel Symposium*, Kihei, Hawaii, November 10-12, 1999. UJNR Technical Report, 26, 53-60.
- GARCÍA-CAGIDE, A. (1986). Características de la reproducción del ronco amarillo, *Haemulon sciurus*, en la región oriental del Golfo de Batabanó, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol. Acad. Cienc. Cuba*, 48, 1-28.
- IBARRA-CASTRO, L., ÁLVAREZ-LAJONCHÈRE, L., ROSAS, C., PALOMINO-ALBARRÁN, I. G., HOLT, G. J., SÁNCHEZ-ZAMORA, A. (2011). GnRH-induced spawning with natural fertilization and pilot-scale juvenile mass production of common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). *Aquaculture*, 319, 479-483.
- IZQUIERDO, M. S., FERNÁNDEZ-PALACIOS, H., TACON, A. G. J. (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197(25-42). www.elsevier.nl/locate/aqua-online
- MAÑANOS, E., DUNCAN, N. J., MYLONAS, C. C. (2008). Reproduction and control of ovulation, spermiation and spawning in cultured fish. In: Cabrita E, Robles V, Herraes P (eds) *Methods in reproductive aquaculture*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 83 pp.
- MAZA, S., ALDORADIN, E., PARIONA, C., ARPI, E., ROSALES, M. (2016). Efecto del desollado y desangrado de anchoveta (*Engraulis ringens*) en solución de citrato sódico.
- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN -PRODUCE. (2013). Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura (C+DT+i) 2013-2021. Lima. 46 pp.
- MYLONAS, C., FOSTIER, A., ZANUY, S. (2010). Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology*, 165, 516-534. Doi: 10.1016/j.ygcen.2009.03.007

- LÓPEZ, J., OSORIO, A., JIMÉNEZ, S., PÁRAMO, S., MÁRQUEZ, G., YASURI, G., ARIAS, L. (2018). Artículo de Revisión: La calidad espermática en peces y los métodos de evaluación. *Rev. Mar. Cost.*, 10(1), 67-96.
- LUQUE, P., WATANABE, T. (1986). Interaction "nutrition-reproduction" in fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2(1-4), 121-129.
- ORRELL, T. M., CARPENTER, K. E., MUSICK, J. A., GRAVES, J. E. (2002). Phylogenetic and biogeographic analysis of the Sparidae (Perciformes: Percoidae) from cytochrome b sequences. *Copeia*, 3, 618-631.
- R CORE TEAM. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de: <http://www.R-project.org/>
- RUÍZ, S., LUCANO, G., GONZALES, G. (2012). Biología reproductiva de *Anisotremus interruptus* (Perciformes: Haemulidae) en el Pacífico central mexicano. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop.)*, 60(2), 709-720.
- SANTIAGO, C. B., GONZAL, A. C. (2000). Effect of prepared diet and vitamins A, E and C supplementation on the reproductive performance of cage-reared bighead carp *Aristichthys nobilis* (Richardson). *J. Appl. Ichthyol.*, 16, 8-13.
- TAVERA, J. J., ACERO, A., BALART, E., BERNARDI, G. (2012). Molecular phylogeny of grunts (Teleostei, Haemulidae), with an emphasis on the ecology, evolution, and speciation history of new world species. *BMC. Evolutionary Biology*, 12, 57. Recuperado de: <http://doi.org/10.1186/1471-2148-12-57>
- VALDEBENITO, I., GALLEGOS, P., EFFER, B. (2013). Gamete quality in fish: evaluation parameters and determining factors. *Zygote*: page 1 of 21 Cambridge University Press. doi:10.1017/S0967199413000506
- WAAGBØ, R., THORSEN, T., SANDNES, K. (1989). Role of dietary ascorbic acid in vitellogenesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 80, 301-314.