PIGMENTACIÓN, CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE CRÍAS CARPA KOI (*CYPRINUS CARPIO* VAR. *HAEMATOPTERUS*) ALIMENTADAS CON DIETAS CON INCLUSIONES DE ACEITE DE LANGOSTILLA ROJA (*PLEURONCODES PLANIPES*)

PIGMENTATION, GROWTH AND SURVIVAL OF KOI CARP FRY (*CYPRINUS CARPIO* VAR. *HAEMATOPTERUS*) FED WITH DIETS WITH INCLUSIONS OF RED CRAB (*PLEURONCODES PLANIPES*) OIL

Gloria L. Gil R.[1,2], Cynthia E. Montoya M. [2], Martín A. Aréchiga P. [1,2], Héctor Nolasco S. [3] y Fernando Vega V. [2]

gloriagil2005@hotmail.com / cynthiamm4@hotmail.com / palomera_29@hotmail.com / hnolasco04@cibnor.mx / fernandovega.villasante@gmail.com

Recibido: septiembre 28, 2015 / Aceptado: diciembre 08, 2015 / Publicado: diciembre 16, 2015

RESUMEN: En este estudio se evaluó el efecto de la inclusión de aceite de langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*) sobre el crecimiento, supervivencia y pigmentación del tegumento de crías de carpa koi (*Cyprinus carpio* var. *haematopterus*). El estudio consistió en tres experimentos: experimento 1, con fotoperiodo de 4 h L / 20 h O y aguas claras; experimento 2, con fotoperiodo 12 h L/ 12 h O y aguas claras, y, experimento 3, cuyo fotoperiodo fue de 12 h L /12 O y aguas con algas. En estos experimentos, dos variedades de crías de carpa koi -naranjas y con manchas oscuras- fueron alimentadas con dietas adicionadas con aceite de langostilla a diferentes porcentajes de inclusión (0, 1, 2 y 3 %), con el 5% de alimento con relación a la biomasa de cada unidad experimental. Al final de cada uno de los experimentos se tomaron fotografías de los organismos y se analizó la coloración con el modelo de matiz-saturación-brillantez de cuatro regiones anatómicas en ambas variedades de crías y en los experimentos 1 y 2 se evaluaron parámetros biológicos: supervivencia, ganancia en longitud y en peso, y porcentaje de incremento en peso y en longitud. Las dietas adicionadas con aceite de langostilla roja no fueron rechazadas por los organismos, y no se observaron efectos negativos en las variables evaluadas. En general, la inclusión de aceite influyó en la pigmentación de las crías de color naranja y en el crecimiento y la coloración de los organismos con manchas oscuras, particularmente cuando el fotoperiodo fue de 12 L/ 12 O.

PALABRAS CLAVE: Pigmentación, carpa koi, langostilla roja.

ABSTRACT: In this study the effect of the inclusion of red crab (*Pleuroncodes planipes*) oil, was evaluated on growth, survival and pigmentation of the integument of koi carp (*Cyprinus carpio var. haematopterus*) fry. The study consisted of three experiments: Experiment 1, with photoperiod of 4 h L/ 20 h D and clear waters; Experiment 2, with photoperiod of 12 h L /12 h D and clear waters, and experiment 3, with photoperiod of 12 h L/ 12 h D and green water (with natural production of microalgae). In these experiments, two varieties of koi fry (orange color and orange color with dark spots) were fed with diets containing inclusions at different percentages (0, 1, 2 and 3%) of red crab oil, according to the 5% of total biomass of each experimental unit. At the end of each experiment, pictures of every fish were taken and analyzed with the HSV color model, in four anatomical regions. In the experiments one and two, biological parameters were survival, length and weight gain, and percentage of increase in weight and length were evaluated. Diets with added red crab oil were not rejected by organisms,

[1] Carrera de Biología. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. Av. Universidad No. 203, Del. Ixtapa, Puerto Vallarta, 48280, Jalisco, México. http://www.cuc.udg.mx

[2] Laboratorio de Acuicultura Experimental. Centro de Investigaciones Costeras. Universidad de Guadalajara. Av. Universidad No. 203, Del. Ixtapa, Puerto Vallarta, 48280, Jalisco, México. http://laboratorioacuiculturaexperimental.blogspot.mx

[3] Laboratorio de Fisiología Comparada y Genómica Funcional. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S. México.

and no adverse effects were observed in the variables evaluated. In general, the inclusion of oil increases the pigmentation of the orange color fish and growth and coloration of black spot fishes, particularly when the light conditions were adjusted to a photoperiod of 12 h L/12 h D.

KEYWORDS: Pigmentation, koi carp, red crab.

Introducción

El cultivo de peces ornamentales es un componente importante del comercio internacional, la pesca, la acuicultura y el desarrollo global [1]. Se estima que cerca de 7100 especies de peces se involucran en el mercado de peces de ornato, donde alrededor de 5, 300 son dulceacuícolas [2, 3]. Los más populares incluyen a cíclidos (Cichlidae) barbos, cebras, y afines a las carpas (Cyprinidae) [4]. Las carpas ornamentales o mejor conocidas como carpas koi (*Cyprinus carpio* var. *haematopterus*), representan probablemente el mercado más caro dentro de los peces ornamentales de agua dulce y son consideradas buenas candidatas para cultivo debido a su alta proliferación, longevidad y amplia tolerancia a factores fisicoquímicos [5, 6]. Su éxito y valor en el mercado depende en gran medida de sus colores brillantes y sus patrones de coloración [7].

Dada la popularidad de especies como la carpa ornamental, la demanda de organismos más atractivos está incrementando. Por tal, los esfuerzos de la acuicultura están enfocados principalmente en la obtención de peces con una mayor pigmentación [8, 9]. Así, uno de los más grandes retos en la acuarofilia es replicar correctamente el color natural de los peces en el ambiente de cautiverio, ya que los colores pálidos en dichos organismos reducen su atractivo [10, 11].

En este sentido, varios pigmentos sintéticos y fuentes naturales se han utilizado como suplementos alimenticios para mejorar la pigmentación (7). De estos compuestos, la astaxantina es de las más efectivas en la pigmentación, ya que muestra un marcado realce en el color de la mayoría de los peces ornamentales de colores brillantes, como tetras, cíclidos, carpín dorado, carpas koi, danios, etc. (10,11). Asimismo, ha demostrado aumentar el crecimiento y disminuir la mortalidad en los organismos (12).

Los productos sintéticos, hasta la fecha, han sido la fuente de pigmentos más utilizada en la acuicultura mundial y nacional, Estos, sin embargo, ofrecen ese único aporte en la dieta a un precio considerablemente alto y representan entre el 15 y el 20% de su costo [13,14]. Por ello, resulta relevante poder evaluar nuevas fuentes de pigmentos especialmente naturales, que sean producidos de manera local, logrando así costos más accesibles para los productores locales [14].

En este sentido, compuestos naturales como la microalga *Haematococcus pluvialis* y la levadura *Xanthophyllomyces dendrorhous* se comercializan mundialmente como fuentes primarias de astaxantina, por obtener resultados positivos desde las pocas semanas de su utilización [9, 11, 15-17]. Del mismo modo, algunos estudios han demostrado que *Chlorella vulgaris* es tan eficiente como los pigmentos sintéticos en la pigmentación de peces como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), las carpas koi (*Cyprinus carpio* var. *haematopterus*), la carpa dorada (*Carassus auratus*) y la dorada (*Sparus aurata*) [18-21].

Por otro lado, existen otras fuentes naturales de astaxantina, como los crustáceos, los cuales pueden ser una alternativa para la pigmentación de los peces, ya sea a manera de extractos, harinas, o bien, restos de ellos con disolventes orgánicos, como cloroformo o aceites comestibles [22]. Tal es el caso de la langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*), cuyo aceite se ha usado en la avicultura y acuicultura demostrando ser un excelente producto para lograr la pigmentación de especies en cultivo tales como salmónidos y aves de corral [22-25].

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres concentraciones de aceite de langostilla roja *Pleuroncodes planipes* sobre la pigmentación, el crecimiento y la supervivencia de crías de carpa koi *C. carpio* var. *haematopterus* en tres condiciones experimentales.

Materiales y Métodos

Sitio y unidades experimentales.

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Acuicultura Experimental del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara (CUCOSTA) ubicado geográficamente a 20º42´19´´ N y 105º13´16´´ O, en Puerto Vallarta, Jalisco, México. Las unidades experimentales consistieron en 24 peceras de cristal de 60 L (experimento 1), ocho contenedores plásticos de 70 L (experimento 2) y 4 tinacos (Rotoplas ®) de 1000 L de capacidad. Para mantener las condiciones del agua controladas se colocó en cada unidad experimental un filtro de cascada (Elite 40 ®), a excepción de los tinacos, los cuales fueron equipados con dos inyectores de aire.

Organismos.

Las crías de carpa koi fueron obtenidas del stock del Laboratorio de Acuicultura Experimental, con peso y tallas similares (0.44 ± 0.18 g y 3.05 ± 0.42 cm respectivamente), empleándose dos variedades: naranjas y con manchas oscuras en el dorso (Fig. 1).

Figura 1. Variedades de crías de carpa koi empleadas en los experimentos: naranjas (A) y con manchas oscuras (B).

Alimentos experimentales

Durante 163 días, se les proporcionó alimento de iniciación de tilapia a los organismos, el cual contiene 45% de proteína, 12% de humedad, 8% de grasa, 5% de fibra cruda, 10% de cenizas y 30% de extracto libre de nitrógeno. Este alimento fue molido y tamizado, reconstituido con 400 ml de agua y grenetina al 3%. Los tratamientos se establecieron de acuerdo al grado de inclusión de aceite de langostilla (1, 2 y 3% más un control al cuál no se le agregó aceite), que fue obtenido del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (La Paz, B. C. S., México). La pasta obtenida en cada uno fue secada en un horno de convección durante 40 horas y fragmentada al tamaño de partícula de 1- 1.5 mm aproximadamente. Las dietas se preservaron a 5° C y fueron protegidas de la luz a lo largo de los experimentos.

Diseño experimental

Experimento 1. Se llevó a cabo una biometría antes del comienzo del experimento, registrando el peso y la talla de los organismos. Posteriormente, se colocaron seis peces por unidad experimental; se emplearon 12 acuarios de 60 L de capacidad para cada variedad de crías, con cuatro tratamientos (control 0%, 1, 2 y 3%) y tres réplicas. El fotoperiodo fue controlado de manera manual, con lámparas fluorescentes que encendieron de 9:00 a 13:00 horas., es decir, un fotoperiodo de 4 h L /4 h O. El alimento se proporcionó una vez al día de acuerdo al 5% del peso de los organismos durante 51 días. Al final del experimento se llevó a cabo una segunda biometría, y se tomaron fotografías de cada organismo.
Experimento 2. Al terminar el experimento 1, los organismos se trasladaron a contenedores plásticos de 70

L de capacidad, con afore de 60 L, separándose las variedades (naranjas y con manchas oscuras) y tratamientos. Las condiciones del agua fueron controladas igual que en el experimento 1; el fotoperiodo fue controlado por medio de un temporizador que regulaba la iluminación artificial (lámparas fluorescentes en el techo), programado para encenderse de 7:00 a 19:00 hrs., el fotoperiodo fue de 12 h L/ 12 h O. La alimentación se llevó a cabo de la misma manera que el experimento 1, por un periodo de 43 días; se llevó a cabo una biometría y se tomaron fotografías de cada organismo al finalizar el experimento.

Experimento 3. Una vez terminado el experimento 2, los organismos fueron distribuidos de acuerdo al tratamiento en contenedores de 400 L de capacidad (Rotoplas ®), con afore de 350 L, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente y equipados con una bomba de inyección de aire. Se permitió la proliferación de algas y solo se llevó a cabo la remoción de los residuos del fondo una vez por semana. El fotoperiodo fue controlado por medio de un temporizador que regulaba la iluminación artificial (lámparas fluorescentes en el techo), programado para encenderse de 7:00 a 19:00 hrs., el fotoperiodo fue de 12 h L/ 12 h O. La alimentación fue igual al de los experimentos anteriores, durante 50 días, bajo las mismas condiciones de iluminación que el experimento 2. Los organismos fueron fotografiados al final del experimento para la evaluación del color.

Parámetros biológicos.

Los parámetros de crecimiento y supervivencia se registraron a través de biometrías al inicio y final de los experimentos 1 y 2 (la biometría final del experimento 1 se tomó como la biometría inicial del experimento 2). Se consideró la longitud total (cm) y el peso (g), supervivencia (%), Ganancia en longitud (mm/día), ganancia en peso (g/día) , incremento en longitud (%) y el incremento en peso (%).

Evaluación de la pigmentación.

Para evaluar los cambios en la pigmentación se tomaron fotografías con una cámara FUJIFILM® FinePix S1600, colocada en un tripié a una distancia de 50 cm de los organismos. La iluminación fue obtenida con una lámpara de luz blanca de 60 W colocada a 60 cm de distancia de las crías. Cada fotografía se analizó con el programa Photoshop ® donde se determinaron los valores del modelo de color matiz-saturación-brillantez (HSB por sus siglas en inglés) de cuatro regiones anatómicas (Fig. 2).

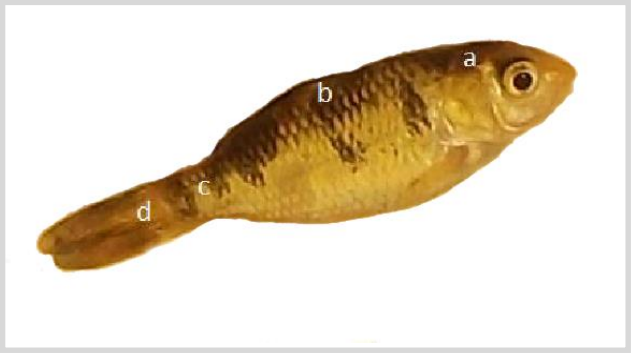

Figura 2. Regiones anatómicas analizadas en cada organismo: a) cefálica, b) tronco, c) pedúnculo caudal y d) aleta caudal.

El modelo HSB es una representación matemática del color de una forma similar a como el ojo humano lo percibe [26] y fracciona el color en tres componentes: matiz (color puro y cuantificado en grados de un círculo de color donde rojo = 0 o 360°, amarillo = 60°, verde = 120° y azul = 240°), saturación (pureza de

color medido en porcentaje) y brillantez (cuantificada también en porcentaje, de negro (0) a blanco (100)) [27].

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en este estudio se expresaron como media de los valores con sus respectivas desviaciones estándar. Previo a los análisis, se llevaron a cabo pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov; $\alpha = 0.05$) y homocedasticidad (Bartlett; $\alpha = 0.05$) a los datos obtenidos en las variables. Los valores del matiz (°) y los porcentajes de saturación y brillantez de las cuatro regiones anatómicas analizadas en cada uno tratamientos y experimentos se analizaron entre sí, por separado con Análisis de varianza de una vía ($p = 0.5$) y la prueba de Kruskal-Wallis ($p = 0.5$). El análisis de supervivencia y parámetros de crecimiento (longitud y peso finales, ganancia en longitud y en peso, incremento en talla (%) y en peso (%) se compararon entre sí, por separado, con análisis de varianza de una vía y la prueba de Kruskal-Wallis. Para todos los datos en porcentaje se les aplicó la transformación del arcoseno a su raíz cuadrada [28]. Las diferencias significativas entre los tratamientos fueron determinadas mediante comparaciones múltiples de Tukey y el método Dunn ($p = 0.05$).

Resultados

Experimento 1

Los organismos aceptaron el alimento satisfactoriamente durante el periodo del experimento. En las crías de color naranja la supervivencia no arrojó diferencias significativas entre el los tratamientos (P=1). El análisis de crecimiento en las crías naranjas tampoco mostró diferencias en ninguna de las variables (tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de crecimiento y supervivencia de las crías de color naranja de carpa koi al finalizar el experimento 1.

Parámetros biológicos		Tratamientos			
		Control	1%	2%	3%
Supervivencia (%)*		77.78	83.33	83.33	83.33
Longitud (cm)	Inicial*	3.02 ± 0.39	3.09 ± 0.51	3.12 ± 0.37	2.82 ± 0.52
	Final*	5.26 ± 0.85	5.10 ± 0.64	5.15 ± 0.79	4.73 ± 0.69
Peso (g)	Inicial*	0.42 ± 0.13	0.47 ± 0.22	0.52 ± 0.19	0.38 ± 0.16
	Final*	2.21 ± 0.63	2.54 ± 0.98	2.84 ± 0.94	2.53 ± 1.20
Ganancia en longitud		0.04±0.02	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.02
Ganancia en peso		0.03±0.01	0.04±0.02	0.04±0.02	0.04±0.02
% de inc. en longitud		82.87	67.61	61.02	78.24
% de inc. en peso		527.4	549.44	474.26	752.36

En la tabla 2 se presenta el análisis de crecimiento y supervivencia en las crías con manchas oscuras. La supervivencia no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos ($P = 0.075$). Sin embargo, el tratamiento 2% presentó los niveles de supervivencia más altos, mientras que el control los más bajos. Por su parte, en los parámetros de crecimiento, los valores más altos fueron principalmente en el 3%, mientras que los más bajos estuvieron en el tratamiento 2%, aunque no se encontraron diferencias significativas.

Cabe señalar que la supervivencia de las crías, tanto naranjas como con manchas oscuras de este experimento, se vio afectada por fallas eléctricas que derivaron en bajas de oxígeno en las unidades experimentales como consecuencia de tormentas eléctricas.

Tabla 2. Parámetros de crecimiento y supervivencia de las crías de carpa koi con manchas oscuras al terminar el experimento 1.

Parámetros biológicos		Tratamientos			
		Control	1%	2%	3%
Supervivencia (%)*		72.22	83.33	100	83.33
Longitud (cm)	Inicial*	3.09 ± 0.37	3.23 ± 0.27	2.94 ±0.38	3.16 ± 0.46
	Final*	5.39 ± 0.56	5.53 ± 0.42	4.86 ± 0.74	5.42 ± 0.49
Peso (g)	Inicial*	0.46 ± 0.12	0.44 ± 0.14	0.40 ± 0.14	0.45 ± 0.17
	Final*	2.86 ± 0.74	2.79 ± 1.04	2.37 ± 0.92	2.87 ±0.72
Ganancia en longitud		0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01
Ganancia en peso		0.04±0.02	0.04±0.02	0.04±0.02	0.05±0.01
% de inc. en longitud		70.92	71.51	65.96	76.4
% de inc. en peso		518.91	666.27	504.02	699.3

El análisis de coloración en las crías naranjas al finalizar el experimento 1, se muestra en la figura 5. No se presentaron diferencias significativas en las variables del color. Sin embargo, el nivel más bajo de matiz (25°) se obtuvo en el tratamiento 2% del pedúnculo caudal, mientras que el más alto (39°) se presentó en el 3% en la aleta caudal. Por su parte, la menor saturación fue en la región cefálica en los tratamientos 2 y 3% (21% ambos), mientras que la mayor fue en la aleta caudal en el 1 y 3% (43-40% respectivamente). En la brillantez, los mayores porcentajes fueron para los tratamientos control (41%) y 3%.

En la figura 6 se presenta el análisis de coloración de las crías con manchas oscuras al finalizar el experimento 1. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en el matiz de la región cefálica, donde el 2% obtuvo el matiz más bajo (23°) respecto a los demás (P = 0.024). En la saturación de todas las regiones los valores más altos fueron los del 3% (P = 0.001). Por su parte, la brillantez fue similar en cada región y tratamiento, y no se presentaron diferencias significativas.

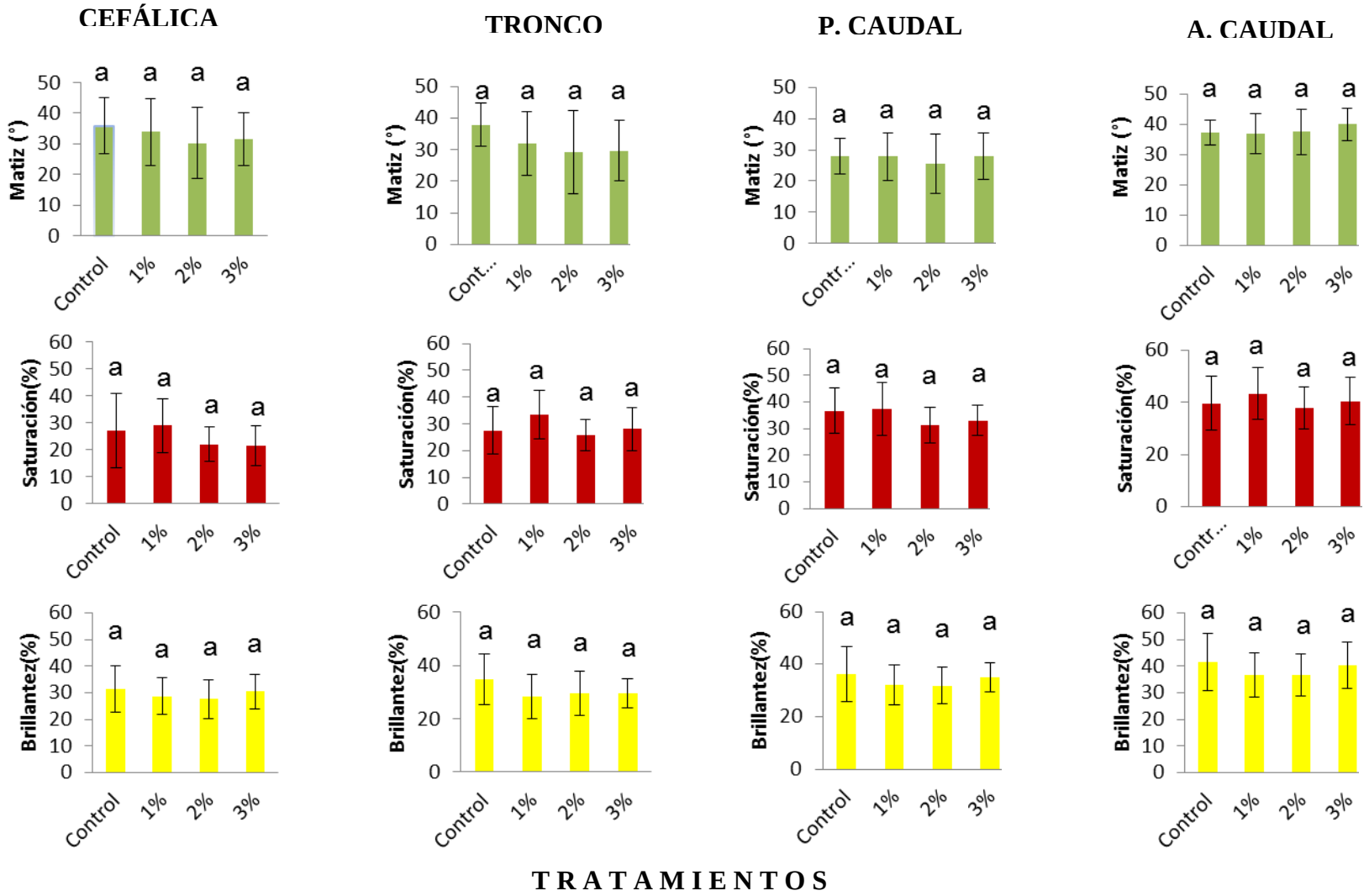

Figura 5. Análisis de coloración (HSB) en el experimento 1 en las regiones de las crías de carpa koi de color naranja alimentadas de aceite de langostilla roja al 1, 2 y 3%. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar. Los superíndices muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (P > 0.05).

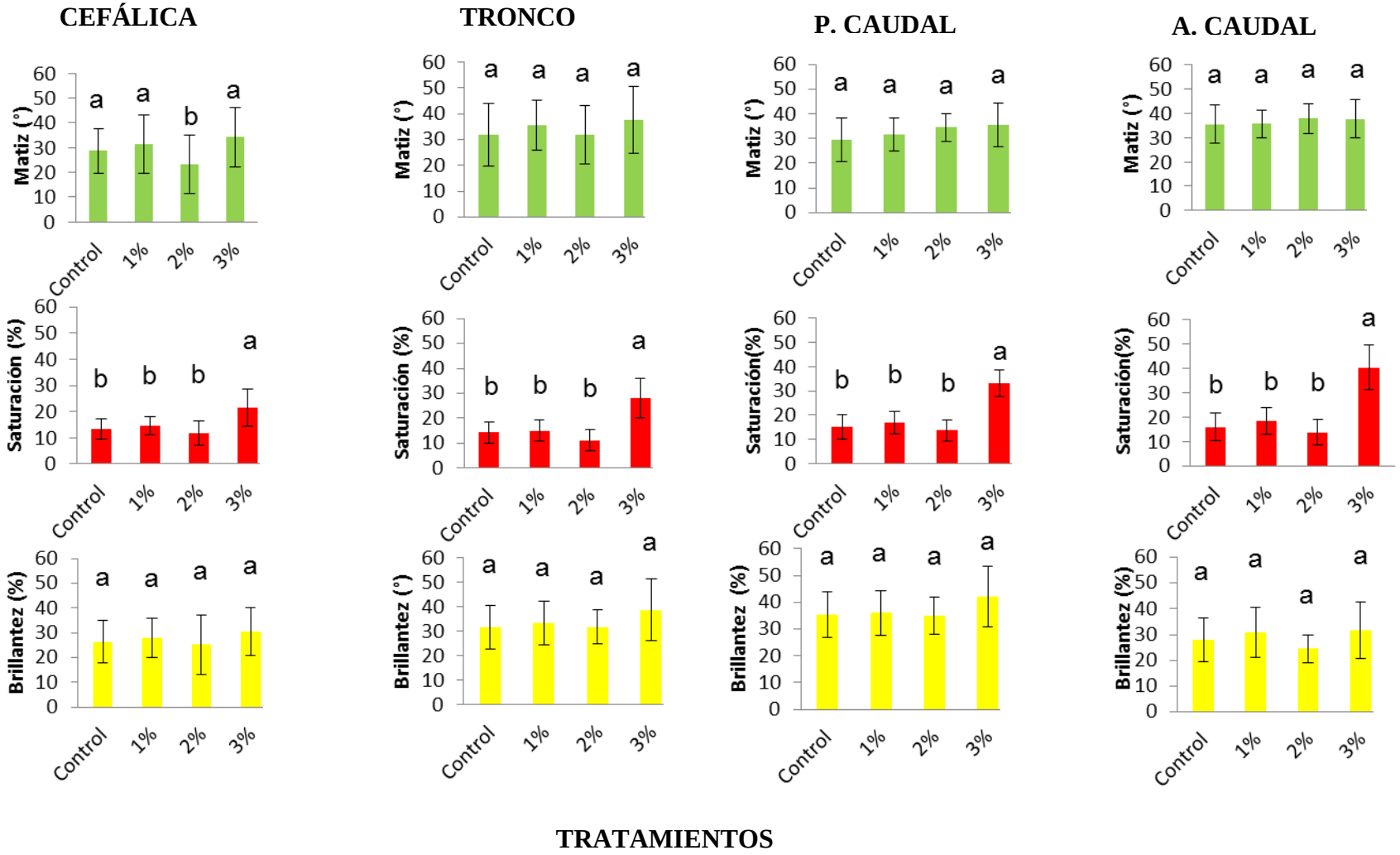

Figura 6. Análisis de coloración (HSB) en el experimento 1 en las regiones de las crías de carpa koi con manchas oscuras alimentadas con aceite de langostilla roja al 1, 2 y 3%. Las líneas verticales representan la desviación estándar para cada tratamiento. Los superíndices diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

Experimento 2

En las crías de color naranja no se presentaron diferencias significativas en la supervivencia (P=0.998). Las diferencias encontradas fueron en las ganancias en peso y talla, así como en los porcentajes de incremento en los mismos, donde, los valores más altos se obtuvieron principalmente en el tratamiento del 3% (tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de crecimiento y supervivencia de las crías de carpa koi de color naranja al terminar el experimento 2.

Parámetros biológicos		Tratamientos			
		Control	1%	2%	3%
Supervivencia (%)*		100	93.33	93.33	80
Longitud (cm)	Inicial*	5.26 ± 0.85	5.10 ± 0.64	5.15 ± 0.79	4.73 ± 0.69
	Final*	5.46±0.61	5.75±0.69	5.88±0.88	5.83±1.03
Peso (g)	Inicial*	2.21 ± 0.63	2.54 ± 0.98	2.84 ± 0.94	2.53 ± 1.20
	Final*	3.05 ± 0.96	3.24±1.19	3.68±1.76	4.02±2.29
Ganancia en longitud		0.01±0.01^{b}	0.02^{a}	0.02±0.01^{a}	0.03±0.01^{a}
Ganancia en peso		0.02±0.01^{ab}	0.02±0.01^{ab}	0.02±0.02^{b}	0.05±0.04^{a}
% de inc. en longitud		6.98^{b}	14.69^{b}	17.15^{ab}	29.27^{a}
% de inc. en peso		32.72^{ab}	6.98^{b}	26.85^{b}	86.43^{a}

Los superíndices diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos (P <0.05)
*Sin diferencias significativas.

En la tabla 4 se presentan la supervivencia y parámetros de crecimientos de las crías con manchas oscuras. No se presentaron diferencias significativas en la supervivencia, mientras que en el resto de las variables las diferencias significativas se encontraron sólo en la ganancia en peso y el porcentaje de incremento en este.

Tabla 4. Parámetros de crecimiento y supervivencia de crías de crías carpa koi con manchas oscuras al terminar el experimento 2.

Parámetros biológicos		Tratamientos			
		Control	1%	2%	3%
Supervivencia *		84.62	86.67	100.00	80.00
Longitud (cm)	Inicial*	5.39 ± 0.56	5.53 ± 0.42	4.86 ± 0.74	5.42 ± 0.49
	Final*	6.04±0.70	6.38±0.62	5.67±0.80	6.20±0.70
Peso (g)	Inicial*	2.86 ± 0.74	2.79 ± 1.04	2.37 ± 0.92	2.87 ±0.72
	Final*	3.55±1.12	4.02±1.075	3.35±1.448	4.58±1.45
Ganancia en longitud*		0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
Ganancia en peso		0.02±0.02^{b}	0.03±0.03^{ab}	0.02±0.02^{b}	0.05±0.02^{a}
% de inc. en longitud*		77.32	98.71	80.95	98.87
% de inc. en peso		88.27^{b}	126^{ab}	98.28^{b}	197.83^{a}

*No existen diferencias significativas (P>0.05).

Cabe mencionar que al igual que en el experimento 1, hubo una falla eléctrica como consecuencia de una tormenta, lo cual derivó en bajas de oxígeno, que a su vez pudo afectar directamente en el deceso de algunos

organismos durante este experimento.

El análisis de coloración en las crías naranjas al finalizar el experimento 2, se presenta en la figura 7. Los valores del matiz fueron más altos en los tratamientos con algún grado de inclusión de aceite de langostilla, esto es, 1,2 y 3%. Por otro lado, en la saturación de cada una de las regiones los porcentajes entre cada tratamiento difirieron cerca del 10% entre ellos; los más altos se obtuvieron en el tratamiento 3% (~80%) y los más bajos los presentó el grupo control (~50%). Este mismo patrón se presentó en la brillantez, con diferencias de porcentaje menores entre tratamientos.

En las crías con manchas oscuras (figura 8), los valores del matiz en la región cefálica, tronco y pedúnculo caudal fueron similares, con valores cercanos a 30° en las dos primeras regiones y a los 38° en el pedúnculo; en la aleta caudal se presentaron diferencias significativas: el tratamiento 3% presentó los menores grados frente a los demás tratamientos, aunque compartió similitud estadística con el 1 y 2% y estos a su vez con el grupo control.

En lo que respecta a la saturación se encontraron diferencias significativas con un patrón entre estas, como se observó en los organismos naranjas. Los porcentajes más altos en cada una de las regiones los presentó el tratamiento 3% (~80%) seguido del 2% (~70%), 1% (~60%) y por último el grupo control, cuyos porcentajes de saturación fueron próximos a 50 en cada región.

La brillantez, por su parte, no presentó diferencias significativas en la región cefálica y en el pedúnculo caudal; en el tronco, el 1% de inclusión fue el que presentó el mayor porcentaje de brillantez (47%), en tanto que el control y 3% compartieron similitud con los tratamientos 1 y 2%, siendo el 2% el que presentó el nivel de brillantez más bajo (37%). Así mismo, en la aleta caudal, el porcentaje de mayor brillantez presentó el tratamiento 1% (68%), seguido del control (65%) y, los tratamientos 2 y 3% tuvieron los porcentajes menores con el 60 y 57% respectivamente.

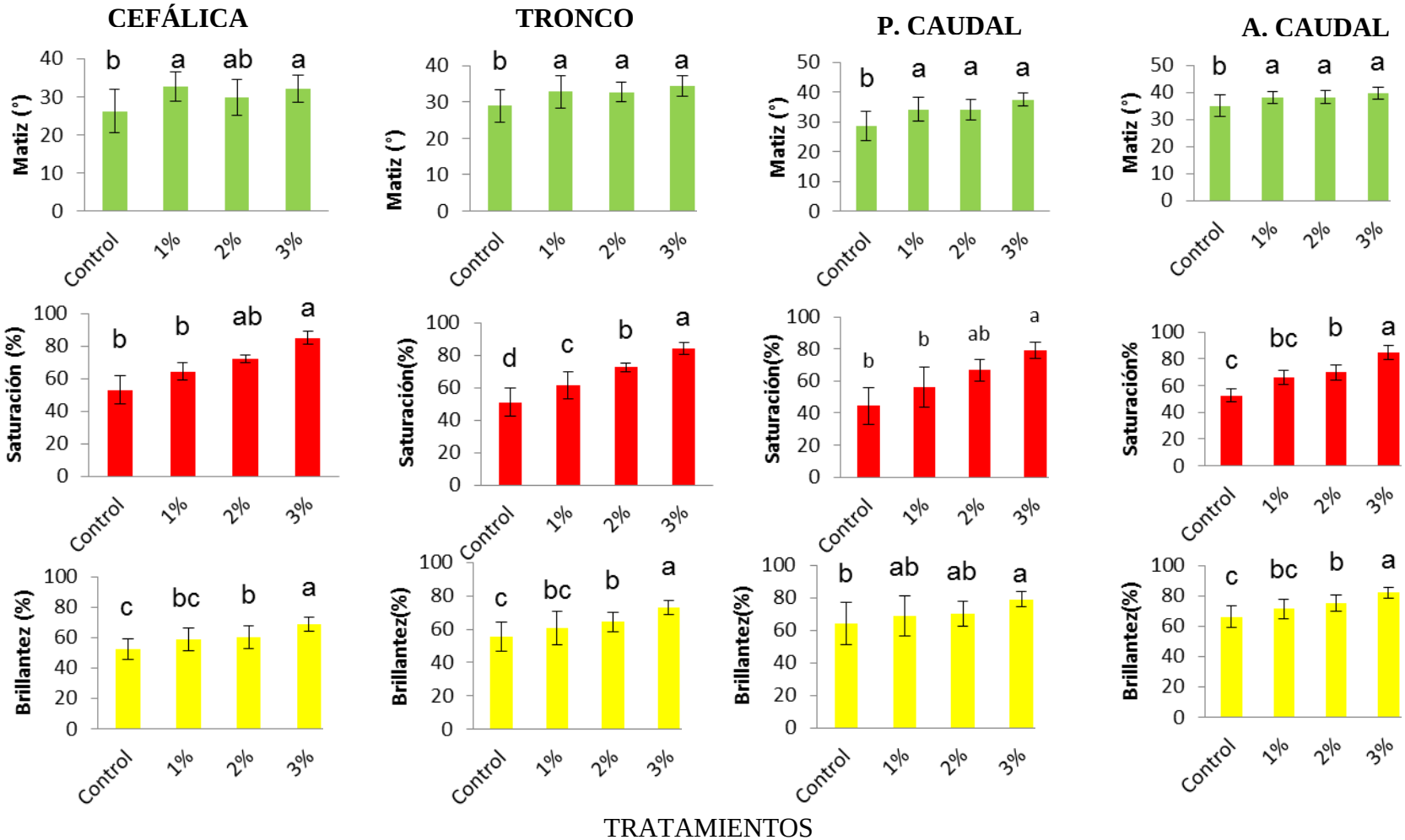

Figura 7. Resultados del análisis de coloración (HSB) en las diferentes regiones de crías de carpa koi de color naranja alimentadas con diferentes concentraciones de aceite de langostilla roja en condiciones iluminadas. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar para cada tratamiento. Los superíndices diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

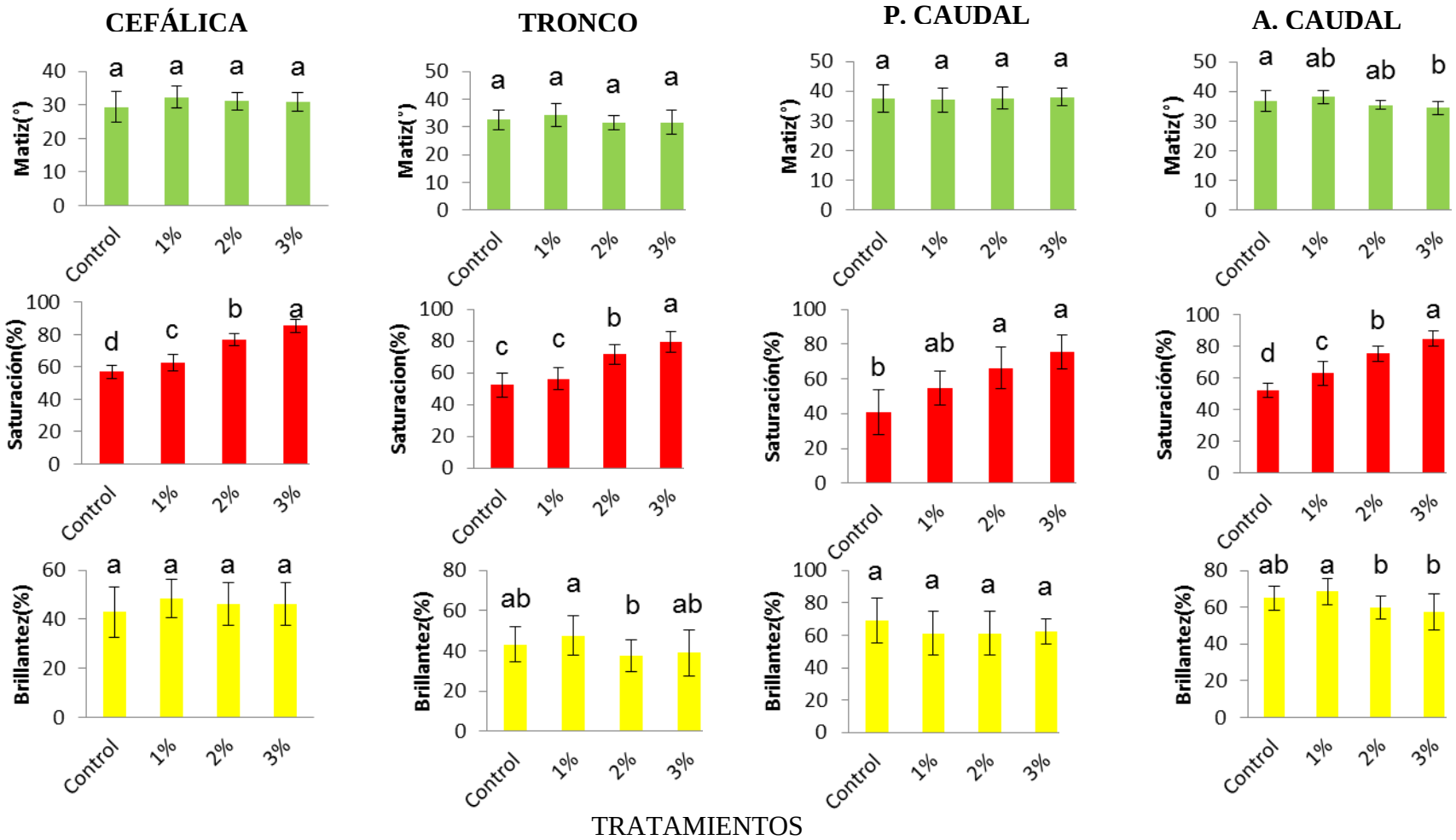

Figura 8. Resultados del análisis de coloración (HSB) en las diferentes regiones de crías de carpa koi con manchas oscuras alimentadas con diferentes concentraciones de aceite de langostilla roja en condiciones iluminadas. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar para cada tratamiento. Los superíndices diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

Experimento 3.

El análisis de coloración en las crías naranjas se presenta en la figura 9. Los valores del matiz de las cuatro regiones no mostraron diferencias significativas. Lo mismo se presentó en la saturación en la región cefálica y la aleta caudal, en tanto que en el tronco, los valores más altos los presentó el tratamiento 1%, compartiendo similitud estadística con el control y el 2%, siendo el 3% el más bajo. Por su parte, en el pedúnculo caudal los valores más altos se presentaron en el 1%, teniendo semejanza significativa con el control, el cual a su vez fue estadísticamente igual a los tratamientos 2 y 3%. Con respecto a la brillantez no se presentaron diferencias estadísticas en la región cefálica y el tronco, pero sí en el pedúnculo y la aleta caudal, donde el tratamiento al 2 % registró los valores más bajos.

En los organismos con manchas oscuras (figura 10), los valores del matiz tuvieron la misma tendencia que los peces naranjas y no presentaron diferencias significativas. La saturación del color tampoco mostró diferencias entre los tratamientos en la región cefálica ($P = 0.072$) y la aleta caudal ($P = 0.47$); los tratamientos fueron estadísticamente diferentes en el tronco ($P = 0.004$) y el pedúnculo caudal ($P = 0.013$), en donde los valores del tratamiento 3% fueron los más bajos en ambas regiones, es decir, colores más cercanos al rojo. En lo que respecta a la brillantez, ésta no fue estadísticamente diferente en la región cefálica, tronco y aleta caudal, pero sí en el tronco, donde el tratamiento control y 2% presentaron los niveles más altos de brillantez y los más bajos el 3%; el 1% compartió similitud con los restantes tratamientos.

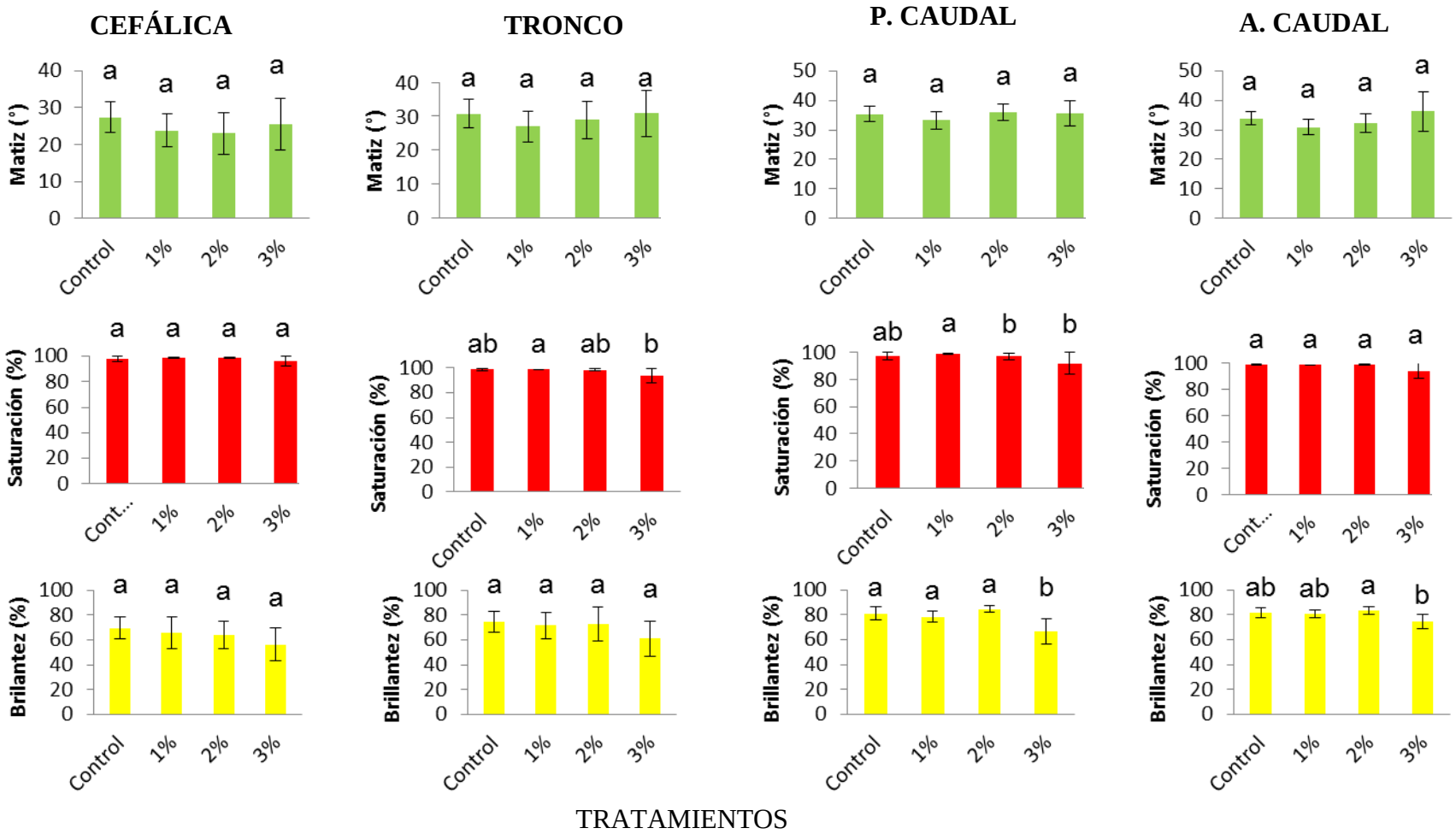

Figura 9. Resultados del análisis de coloración (HSB) en las diferentes regiones de crías de carpa koi de color naranja alimentadas con diferentes concentraciones de aceite de langostilla roja y con presencia de algas en el cultivo. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar para cada tratamiento. Los superíndices diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

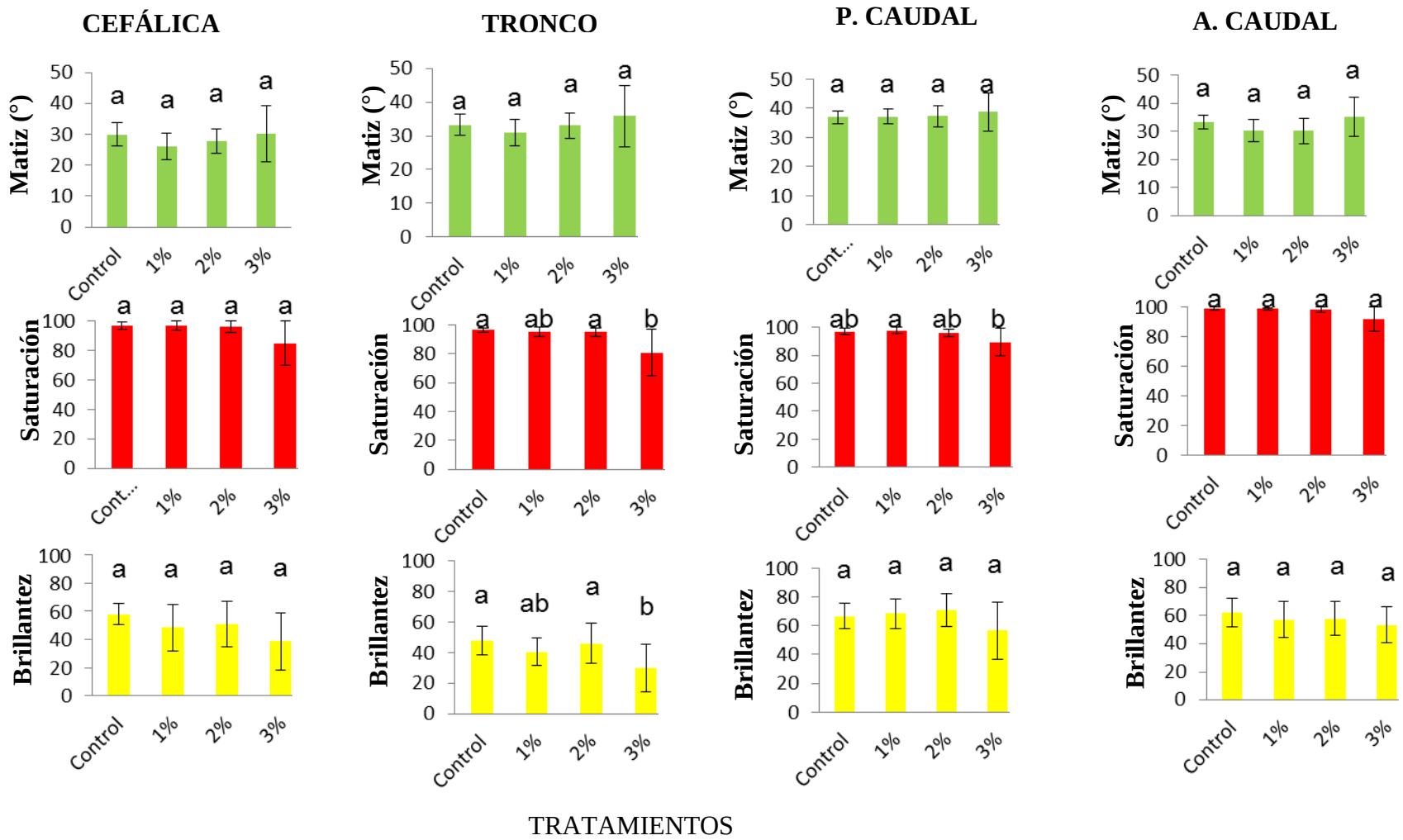

Figura 10. Resultados del análisis de coloración (HSB) en las diferentes regiones de crías de carpa koi con manchas oscuras alimentadas con diferentes concentraciones de aceite de langostilla roja. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar para cada tratamiento. Los superíndices diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

Análisis comparativo de la coloración de los tres experimentos

El análisis por tratamiento en los 3 experimentos en las crías naranjas se muestra en la figura 11 y en las crías con manchas oscuras en la figura 12.

En los organismos naranjas, el matiz osciló en valores entre 45 a 25 °; en el tratamiento control los valores del matiz bajaron, es decir, fueron más cercanos al rojo, en la región cefálica y el tronco en el segundo experimento, lo cual se mantuvo durante el experimento 3, en tanto que en la aleta caudal también bajaron los niveles del matiz significativamente, mientras que el pedúnculo caudal mostró una alza en los valores del mismo. En los tratamientos 1, 2 y 3% los valores del matiz tuvieron un patrón similar entre sí, en donde, las regiones cefálica, tronco y aleta caudal tuvieron los valores más altos en el experimento 1; durante el experimento 2, los valores se mantuvieron en los mismos rangos excepto en el pedúnculo caudal donde incrementaron dichos valores.

En el tercer experimento en el tratamiento 1%, el matiz bajó en todas las regiones excepto en el pedúnculo caudal, el cual se mantuvo en sus valores originales desde el experimento 1. La saturación del color fue creciendo conforme fueron transcurriendo los experimentos, en todos los tratamientos y en las cuatro regiones, mismo que sucedió en la brillantez, a excepción del tratamiento 3% donde el porcentaje de brillantez se redujo (respecto al experimento 2) en el pedúnculo y la aleta caudal.

En los organismos con manchas oscuras, el matiz en el tratamiento control se mantuvo sin diferencias significativas en cada una de las regiones a excepción del pedúnculo, donde los valores crecieron del experimento 1 a 2 y se redujeron en el experimento 3; en tanto a los restantes tratamientos, los valores fueron similares entre sí, encontrándose diferencias en la aleta caudal (1%), cefálica (2%) y tronco (3%). La saturación, por su parte, fue aumentando en todos los tratamientos conforme el transcurso de los experimentos en cada una de las regiones, mientras que la brillantez, fue incrementando del experimento 1 al 2, y en el 3, los valores aumentaron en ciertas regiones o se mantuvieron.

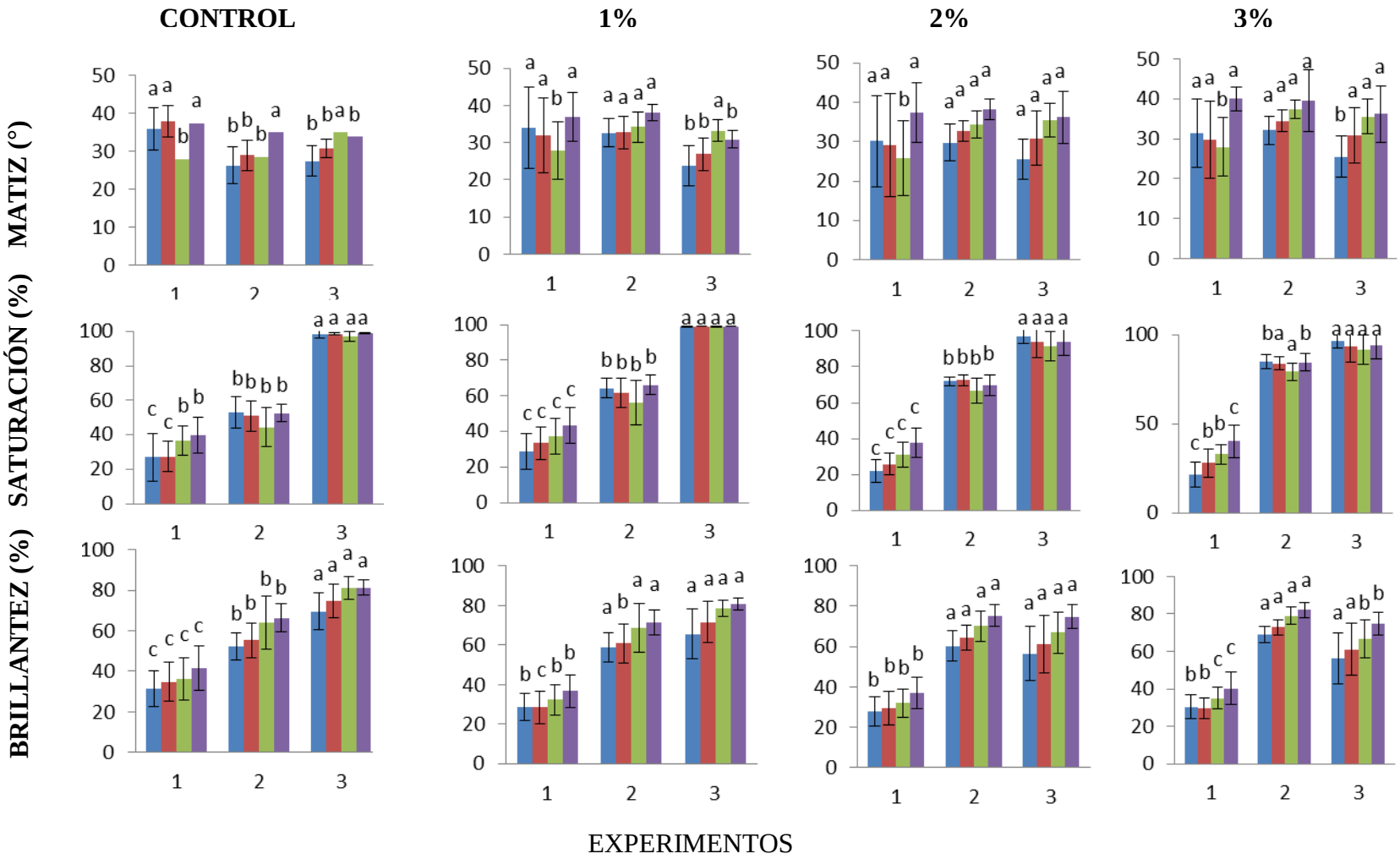

Figura 11. Análisis HSB comparativo entre los experimentos en crías de color naranja. Los colores pertenecen a las diferentes regiones: azul = cefálica, rojo = tronco, verde = pedúnculo caudal y púrpura = aleta caudal. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar para cada tratamiento. Los superíndices diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

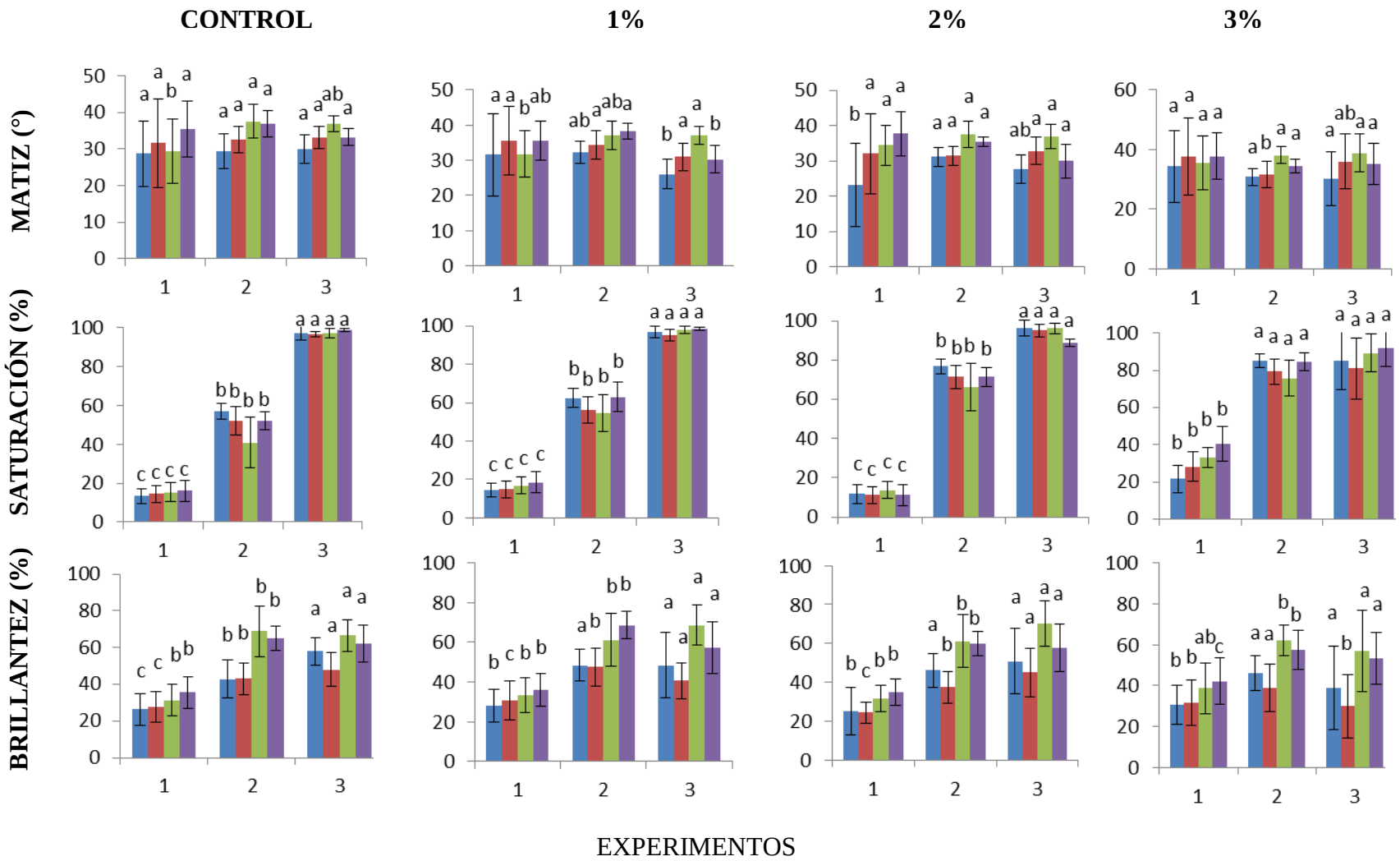

Figura 12. Análisis HSB comparativo entre los experimentos en crías con manchas oscuras. Los colores pertenecen a las diferentes regiones: azul = cefálica, rojo = tronco, verde = pedúnculo caudal y púrpura = aleta caudal. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar para cada tratamiento. Los superíndices diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el de aceite de langostilla roja no ejerce un efecto sobre la supervivencia de crías de *C. carpio* var. *haematopterus*, pero sí en las variables del color (saturación y brillantez) y en variables de crecimiento.

Crecimiento y supervivencia

De acuerdo a la literatura consultada, el crecimiento de los peces está relacionado estrechamente con la digestibilidad de la dieta, en particular a la de la fracción de la proteína, considerada como el factor primario en su alimentación ya que es uno de los nutrientes más importantes para su crecimiento [29]. El contenido de proteína en este estudio fue de 45%, mayor al recomendado por Watanabe (1982) (30-35%) [30] y por Juancey (1982) [31] y Watanabe (1988) (30-38%) [32] y fue igual entre los tratamientos. Dado que el aceite de langostilla no agrega proteínas a la fórmula, esto podría reflejarse en que no se hayan presentado diferencia en el peso y talla finales de los organismos utilizados en los experimentos.
Por otra parte, los lípidos han sido reportados como fuentes importantes de energía y de ácidos grasos esenciales para el crecimiento de algunos peces. Las carpas, como peces omnívoros, pueden utilizar efectivamente tanto lípidos como carbohidratos como fuentes de energía [33]. En este trabajo, las crías alimentadas con algún grado de inclusión de aceite –particularmente con el 3%- presentaron los valores más altos en las ganancia y porcentajes de incremento en peso y/o talla, lo cual difiere con lo reportado por Takeuchi *et al*., (1979) [34], quienes afirmaron que el enriquecimiento de dietas con lípidos al 5-15% de las dietas no se traducen en mejoras en el crecimiento ni la utilización neta de proteínas.
Algunos estudios han demostrado que los pigmentos pueden ejercer un efecto positivo en el crecimiento de los peces. Tal es el caso de Pérez-Escalante (2013) [9] quien trabajó con antocianinas extraídas de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y encontró que la tasa de crecimiento, el peso ganado y la supervivencia incrementaban conforme aumentaba la dosis de antocianinas en la dieta, mostrando diferencias significativas con relación al control. En el caso de los carotenoides Pitt (1971) [35], señala que la astaxantina puede mejorar el crecimiento de los peces, lo cual ha sido demostrado en salmónidos [36, 37]. Liang *et al*., (2012) [38] sugirieron que el incremento en concentraciones de astacina, producto de la oxidación de la astaxantina, en las dietas puede derivar en incrementos en peso de carpas koi; En el experimento 2 de este estudio, las ganancias y porcentajes de incremento en peso y talla de los organismos naranjas fueron mayores en el tratamiento 3%, aunque compartiendo similitud estadística con los demás tratamientos; en los organismos con manchas oscuras sólo se mostraron diferencias en la ganancia en peso y porcentaje de incremento en el mismo, donde los valores más altos se presentan en el tratamiento 3%, quien comparte similitud con el tratamiento 1%.
Sin embargo, en el experimento 1, el implemento de carotenoides en la dieta no derivó en mejoras de crecimiento versus el grupo control, lo cual coincide con lo observado por Wang *et al*., (2006) [39] quienes encontraron que la suplementación con carotenoides no influye en el crecimiento del carácido *Hyphessobrycon callistus*. Tampoco concuerda con lo registrado por Montoya-Martínez *et al.*, (2014) [40], quienes registraron que el licopeno no ejerce algún efecto en el crecimiento de *Carassus auratus;* así mismo, Xu *et al*., (2006) [16], encontraron que la adición de astaxantina proveniente de la levadura *Xanthophyllomyces dendrorhous* no ejerció efecto sobre la ganancia de peso de *C. auratus*.
En otros ensayos se ha encontrado que la harina de naranja, cuyo carotenoide es la violaxantina, no ejerce efecto positivo en crecimiento ni supervivencia en juveniles de carpa koi [41,42]; del mismo modo Gouveia *et al*., (2003) [20] observaron que la alimentación de carpas koi (y carpas doradas) con biomasas algales (*H. pluvialis*, *Arthrospira maxima* y *C. vulgaris*) como fuente de carotenoides, no mostró diferencias en los parámetros de crecimiento respecto a un grupo control sin colorantes añadidos y otro con astaxantina sintética.
Por otro lado, la luz es un factor ambiental que incide fuertemente en la vida de los peces [43]. Existe

numerosa información acerca de los efectos del fotoperiodo y de la intensidad luminosa en diversas especies de cultivo y estadíos de vida; generalmente, intensidades altas y continuas de luz son necesarias para la optimización del crecimiento [44], aunque existen casos donde intensidades bajas tienen mejores rendimientos en el crecimiento [45]. En este estudio, en condiciones de poca luz los peces crecieron en mayor proporción que en las de mayor iluminación, dado el estadío de los organismos y su curva de crecimiento natural, sin embargo. En condiciones de iluminación las crías mostraron diferencias entre tratamientos, donde los alimentados con los niveles de inclusión de aceite más altos (3 y 2%), generalmente tenían los valores más altos en las variables evaluadas.

Pigmentación

La coloración es una de las características fundamentales para determinar la calidad de los peces de ornato. Por tal los esfuerzos de la acuicultura por encontrar fuentes plausibles de carotenoides [9]. En este estudio, se encontró que el uso de aceite de langostilla mejora la pigmentación de los crías de carpa koi, en términos de saturación y brillantez del color, particularmente en condiciones luminosas similares a las del ambiente y/o cuando en el sistema de cultivo hay microalgas.

Los peces al igual que otros vertebrados no pueden sintetizar carotenoides, pero tienen la habilidad de transformar carotenoides y cambiar el color en circunstancias dadas [27]. Las carpas koi, como peces omnívoros, pueden alimentarse de diversas fuentes, incluyendo plantas acuáticas (como microalgas) [46] las cuales pueden suplir sus requerimientos nutricionales, incluyendo carotenoides. Las microalgas dulceacuícolas acumulan cantaxantina y astaxantina como carotenoides secundarios [47]; particularmente las algas verdes (*Haematococcus* pluvialis, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, etc) acumulan estos pigmentos y han sido usadas para mejorar la coloración de diversos peces, entre ellos carpas koi, obteniendo pigmentaciones exitosas y comparables con las de astaxantina sintética [7, 15, 20]. Los cambios en la pigmentación con la presencia de algas se dieron en la saturación y en la brillantez, pero no en cambios en el matiz.

Por otro lado, se ha encontrado que los crustáceos son ricos en astaxantina y han sido exitosos para mejorar la pigmentación de peces, lo cual se demuestra en este estudio y concuerda con lo descrito por Arai *et al*., (1987) [48], quienes observaron que los salmones (*O. kisutch*) fueron pigmentados efectivamente cuando las dietas contenían aceite de krill, y, con Kalinowiski *et al*., (2007) [49] que adicionaron harina de camarón como fuente de astaxantina esterificada para que *C. auratus* adulto pudiera adquirir la coloración rosa-rojo. Se observó que el tiempo de alimentación y concentración de astaxantina esterificada incrementa la pigmentación del tegumento del pez y la coloración se mantiene estable después del tratamiento; en este estudio, la coloración no se vio afectada al finalizar el experimento 1 (siete semanas), pero al finalizar el experimento 2 (13 semanas de alimentación con aceite de langostilla), se notaron cambios en la coloración del tegumento, lo cual se mantuvo hasta concluir el experimento 3 (23 semanas de alimentación con aceite de langostilla). Esto se asemeja a lo encontrado por Coral-Hinostroza (2000) [50] y Coral-Hinostroza *et al*., (1997; 1998) [24,25] que emplearon aceite de langostilla para pigmentar la trucha arcoíris *O. mykiss*, y encontraron que la astaxantina de la langostilla *Pleuroncodes planipes*, es utilizada eficientemente en la trucha arco iris a partir de la sexta semana de su ingestión, y, que en la octava semana, el carotenoide es depositado en el músculo en la misma magnitud que la astaxantina sintética; no obstante, es importante señalar que el tejido evaluado en este trabajo fue piel y no músculo y que los organismos utilizaron eficientementa a la langostilla como agente pigmentante después de la séptima semana de ingestión.

Del mismo modo, los resultados aquí obtenidos concuerdan con los reportados por Spinelli y Mahnken [22], quienes emplearon aceite de langostilla para evaluar la pigmentación de *O. kisutch* y encontraron que en dietas que contenían de seis a nueve mg de carotenoides/ 100 gr proveían de una buena a excelente pigmentación a los organismos cuyo peso no excedía los 225 y 215 gramos, respectivamente. El aceite

empleado en este estudio tenía una concentración de astaxantina de 1.24 ug/ml y de cantaxantina de 2.21 ug/ml, que resultó en una concentración total de carotenoides de 0.0035 mg/ 100 gr de alimento para el tratamiento del 1%, de 0.007 mg/ 100 gr en el tratamiento del 2% y de 0.01 mg / 100 gramos para el tratamiento del 3%. El tratamiento con mayor concentración de carotenoides fue el que presentó en general los mejores resultados, en términos de pureza y brillantez del color.

Por otra parte, la luz ha sido considerada como un factor limitante dentro de la acuicultura [44]. Yasir y Qin (2009) [27] reportaron que la saturación y el matiz del color del pez payaso *Amphiprion ocellaris* no se ven afectados por la intensidad luminosa y que en bajas condiciones lumínicas (20-50 lx) los peces mostraron un color más brillante con respecto a las altas intensidades de luz (>600 lx). Estos resultados no concuerdan con lo encontrado en este estudio, ya que al pasar los organismos de condiciones de penumbra a iluminadas, la saturación y la brillantez de los colores de los peces de ambas variedades aumentaron. Con respecto al matiz, se demostró que hubo cambios en los peces naranjas al finalizar el segundo experimento, donde el tratamiento control tuvo los menores grados frente a los demás tratamientos; sin embargo aún dentro de los rangos naranjas (26-37°), lo cual se conservó hasta finalizar el experimento 3. En los peces naranjas con manchas oscuras no se vieron cambios con la adición de luz al ambiente, es decir, al pasar de las condiciones del experimento 1 a las del experimento 2, salvo en la región cefálica donde en los peces del tratamiento de 2% aumentaron los grados del matiz en un promedio de 8°, lo cual fue significativo.

Hatanaka (1997) [51] en un estudio con el pez globo *Takifugu rubripes*, demostró que en bajas intensidades de luz, la aleta dorsal y caudal eran más brillantes respecto a las altas intensidades y sugirió que la aleta caudal presenta una respuesta más sensible a la intensidad lumínica que el resto del cuerpo, mismo que señala Yasir y Qin (2009) [27]. Por su parte, en este estudio, las zona más sensible a la luz en los peces naranjas parece ser el pedúnculo caudal, donde se mostraron cambios en las variables del color al aumentar la cantidad de luz, indistintamente del tratamiento (véase figura 11), en tanto que en los peces naranjas con manchas oscuras, también en el pedúnculo se mostraron cambios con la adición de luz, pero sólo en el control (figura 12). Denson y Smith (1997) [52] afirmaron que la adición de luz durante los estadios crías parece estimular la pigmentación y que la iluminación de la superficie puede ser un factor benéfico para el desarrollo de una pigmentación normal, lo cual se confirma en este estudio, ya que, independientemente del grado de inclusión de aceite, la pigmentación mejoró notablemente en los peces con el aumento de la intensidad de luz.

Conclusiones

El aceite de langostilla influye en el crecimiento de crías de carpa koi cuando hay mayor iluminación en el ambiente

La supervivencia de ambas variedades de crías de carpa koi no se ven afectadas por la inclusión de aceite de langostilla en las dietas.

En condiciones de penumbra las variables del color en los peces naranjas no se ven afectadas por la inclusión de aceite en sus dietas, pero sí mejora la saturación de los colores en las crías con manchas oscuras.

En condiciones de mayor iluminación, los peces muestran un realce en la saturación y la brillantez.

En presencia de algas, la pureza de los colores de las crías de carpa koi aumentan considerablemente, y su brillo está cerca al valor máximo dado por el modelo HSB.

Bibliografía

1. FAO. 2005. Fisheries and Aquaculture topics. Ornamental fish. Topics Fact Sheets. Text by Devin Bartley. En: FAO Fisheries and Aquaculture Department Recuperado de la web http://www.fao.org/fishery/topic/13611/en [Citado el 12 de junio de 2014].

2. Raghavan R., N. Dahanukar, M. F. Tlusty, A. L. Rhyne, K. K. Kumar, S. Molur y A. M. Rosser. 2013. Uncovering an obscure trade: Threatened freshwater fishes and the aquarium pet markets. Biological Conservation. 164: pp.: 158-169.

3. Andrews, C. 1990. The ornamental fish trade and fish conservation. Journal of Fish Biology. 37: pp. 53-59.

4. United Nations Environment Programme (UNEP) y World Conservation Monitoring Centre (WCMC). 2007. International trade in aquatic ornamental species. Draft Consultation Paper. 80 p.

5. Koehn J. D., A. R. Brumley, M.Bomford y P. C. Gehrke. 2000. Managing the Impacts of Carp. Bureau of Resource Sciences. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry – Australia, Canberra. 261 p.

6. Balon, E. K. 2004. About the oldest domesticates among fishes. Journal of Fish Biology. 65: 1-27.

7. Sun, X., Y. Chang, Y. Ye, Z. Ma, Y. Liang, T. Li, N. Jiang, W. Xing y L. Luo. 2012. The effect of dietary pigments on the coloration of Japanese ornamental carp koi (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture. 342-343: pp. 62-68.

8. Bevitório-Passinato, E., J. F. Valiati-Marin, M. Quintino-Nascimento, F. Barreto-Petrucci, R. Pires-Barboza, W. Amaral-Barboza y J. G. de Vargas-Junior. 2012. Corantes e pigmentantes na produção de aves e peixes. En: O profissional de zootecnia no século XXI. Universidade Federal do Espírito Santo. pp. 154-179.

9. Pérez-Escalante, V. 2013. Evaluación de la capacidad pigmentante de harina de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en peces de ornato (*Carassius auratus*). Tesis para obtener el grado de Doctorado en Ciencias en desarrollo de productos bióticos. Instituto Politécnico Nacional. 139 p.

10. Diler, I., y K. Dilek. 2002. Significance of pigmentation and use in aquaculture.Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2: pp. 97-99.

11. Gupta, S. K., A. K. Jha, A. K. Pal y G. Venkateshwarlu. 2007. Use of natural carotenoids for pigmentation in fish. Natural Product Radiance. 6 (1): pp. 46-49.

12. Howell, B. K. y A. D. Matthews. 1991. The carotenoids of wild and blue disease affected farmed tiger shrimp (*Penaeus monodon*, Fabricus). Comp. Biochem. Physiol. 98 B: pp. 375-379.

13. Castro, E. y G. Mena. 1994. Pigmentos carotenoides - rol nutricional en especies salmónidas y fuentes de pigmentación. Depósito de documentos de la FAO. Departamento de Pesca. Recuperado de la web http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S26.htm el 27 de Julio de 2015.

14. Montoya-Martínez, C. E. 2012. Incorporación de extracto de jitomate (*Lycopersicum esculentum*) y licopeno como aditivos alimentarios en la alimentación de carpa dorada (*Carassius auratus*): efecto en la pigmentación y capacidad antioxidante. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. División Ingenierías. Universidad de Guadalajara. 71 p.

15. Harmon, V. L. y G. R. Cysewski. 2006. Microalgae *Haematococcus pluvialis* as a source of astaxanthin for feeds. Aquaculture America, Meeting of the World Aquaculture Society in Valley Center, CA. Recuperado de https://www.was.org/Documents/MeetingPresentations/AQUA2006/WA2006-534.pdf

16. Xu, X. Z. Jin, H. Wang, X. Chen, C. Wang y W. Yu. 2006. Effect of Astaxanthin from *Xanthophyllomyces dendrorhous* on the Pigmentation of Goldfish, *Carassius auratus*. Journal of the Wold Aquaculture Society. 37 (3): pp. 282-288.

17. Lovatelli A. y J. Cheng. 2009. Use of environmental friendly feed additives and probiotics in Chinese aquaculture. FAO Aquaculture Newsletter. 42: pp. 32-35.

18. Gouveia, L., E. Gomes y J. Empis. 1996. Potential use of a microalgal (*Chlorella vulgaris*) in the pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle. Journal of Lebensmittel-Untersuchung und Forschung. 202: pp. 75–79.

19. Gouveia, L., G. Ghoubert, N. Pereira, J. Santinha, J. Empis y E. Gomes. 2002. Pigmentation of gilhead seabream, *Sparus aurata* (L. 1985), using *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Volvocales) microalga. Aquaculture Research. 33: pp. 987–993.

20. Gouveia, L., P. Rema, O. Pereira, y J. Empis, 2003. Couldouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquaculture Nutrition. 9: pp. 123-129.

21. Gouveia, L. y P. Rema. 2005. Effect of microalgal biomass concentration and temperature on ornamental goldfish (*Carassius auratus*) skin pigmentation. Aquaculture Nutrition. 11: pp. 19–23.

22. Spinelli, J. y C. Mahnken, 1978. Carotenoid deposition in pen-readed salmonids fed diets containing oil extracts of red crab (*Pleuroncodes planipes*). Aquaculture. 13: pp. 213-223.

23. Carrillo-Domínguez, S., R. F. Pérez-Gil, F. Ávila-González, y M. I. Castro-González. 1995. La Langostilla en la avicultura. En: La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, A.C. pp. 193-206.

24. Coral-Hinostroza, G. N., H. Huberman, G. De la Lanza y J. Monroy-Ruiz. 1997. Pigmentation of the rainbow trout (*Oncorhynhus mykiss*) with oil extracted astaxanthin from the langostilla (*Pleuroncodes planipes*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 47, No. 3, pp. 237-241.

25. Coral-Hinostroza, G. N., H. Huberman, G. De la Lanza y J. Monroy-Ruiz.1998. Muscle pigmentation of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on oil extracted pigment from the langostilla *Pleuroncodes planipes* compared with two commercial sources of astaxanthin. J. Aquat. Food Prod. Tech. 7 (2): pp. 31-45.

26. Georgieva, L., T. Dimitrova, y N. Angelov. 2005. RGB and HSV color models in color identification of digital traumas images, international conference on computer systems and technologies. Technical University Press, Varna, Bulgaria. International Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech. Recuperado de: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.519.3568&rep=rep1&type=pdf el 27 de Julio de 2015.

27. Yasir, I. y J. G. Qin, 2009. Effect of Light Intensity on Color Performance of False Clownfish *Amphiprion ocellaris* Cuvier. Journal of the World Aquaculture Society. 40 (3): pp. 337-350.

28. Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis, second edition. Prentice Hall. 718 p.

29. National Research Council (NRC). 1993. Nutrient requirements of fish, National Academies Press. 115 p.

30. Watanabe, T. 1982. Lipid nutrition in fish. Comparative Biochemistry and Physiology Part A. 73: pp. 3–15.

31. Juancey, K. 1982. Carp (Cyprinus carpio L.) nutrition – a review. En: Muir, J.F. y R.J. Roberts, (editores). Recent Advances in Aquaculture. Croom Helm, London. pp. 216- 263.

32. Watanabe, T. 1988. Nutrition and growth. En: Shepherd, C.J. y N.R. Bromage, (editores) Intensive Fish Farming. BSP Professional Books. Londres. pp. 154–197.

33. Takeuchi, T., S. Satoh y V. Kiron. 2002. Common Carp, *Cyprinus carpio*. En: Webster, C. D. y C. Lim (editores). Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI publishing. 418 p.

34. Takeuchi, T., T. Watanabe, y C. Ogino, 1979. Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. Nippon Suisan Gakkaishi. 45: pp. 977–982.

35. Pitt G. A. J., 1971. Vitamin A. En: Isler, O. (editor) Carotenoids. Chemische Reihe. 23: pp 717-742.

36. Torrisen, O. J. 1989. Pigmentation of salmonids: interactions of astaxanthin and canthazanthin of pigment deposition in rainbou trout, (*Salmo gairdneri*) Aquaculture. 79: pp. 363-374.

37. Christiansen, R., G. Struksnæs, R. Estermann, O.J., Torrissen, 1995. Assessment of flesh colour in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquacult. Res. 26. pp. 311-321.

38. Liang, Y., D. Bai., G. Yang, D. Wei, M. Guo, S. Yan, X. Wu y B. Ning. 2012. Effect of astacin on growth and color formation of juvenile red-white ornamental carp (*C. carpio* var. koi L). The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. 64: pp 1- 6.

39. Wang, Y., Y. Chien y C. Pan. 2006. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus.* Aquaculture. 261: pp. 641-648.

40. Montoya-Martínez, C. E., F. Vega-Villasante, H. Nolasco-Soria, L. D. Espinosa-Chaurand, O. Carrillo-Farnés, G. F. Olvera-Uribe. 2014. Effects of dietary antioxidant of tomato extract and lycopene on *Carassius auratus* and *Xiphophorus maculatus*. Rev. MVZ Córdoba. 19 (2): pp. 4059-4071.

41. Ipinjolu, J. K. 2000. Performance of juvenile orange koi carp (*Cyprinus carpio* L.) fed diets supplemented with sweet orange peel meal: Body composition, nutrition, utilization and skin pigmentation. Sokoto Journal of Veterinary Science. 2 (1): pp. 28-37.

42. Ipinjolu, J. K. 2000. Performance of juvenile orange koi carp (*Cyprinus carpio* L.) fed diets supplemented with sweet orange peel meal: Survival and haematology. Sokoto Journal of Veterinary Science. 2 (1): pp. 38-43.

43. Luchiari, A. C. y F. A. M. Freire. 2009. Effects of environmental colour on growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), maintained individually or in groups. Journal of Applied Ichtyology. 25: pp 162-167.

44. Boeuf, G. y P. Y. Le Bail. 1999. Does light have an influence on fish growth? Aquaculture. 177: pp. 129–152.

45. Hole, G. y K. Pittman. 1995. Effects of light and temperature on growth in marine halibut (*Hipppoglossus hipoglossus* L.) En. Pittman, K., Batty, R. S. y Verreth, J. (editores). ICES Marine Science Symposia. Mass Rearing of Juvenile Fish. Bergen. 21-23 Junio de 1993. 201: 197.

46. Flajšhans M. y G. Hulata, 2009. Common carp *Cyprinus carpio*. University of Alaska Fairbanks School of Fisheries and Ocean Sciences. 5 p.

47. Lemoine, Y. y B. Schoefs. 2010. Secondary ketocarenoid astaxanthin biosynthesis in algae: a multifunctional response to stress. Photosynthesis Research. 106: pp. 155-177.

48. Arai, S., T. Mori, W. Miki, K. Yamaguchi, S. Konosu, M. Satake y T. Fujita. 1987. Pigmentation of juvenile coho salmon with carotenoid oil extracted from antarctic krill. Aquaculture. 66: pp. 255-264.

49. Kalinowski, C. T., M. S. Izquierdo, D. Schuchardt, y L. E. Robina, 2007. Dietary supplementation time with shrimp shell meal on red porgy (*Pagrus pagrus*) skin colour and carotenoid concentration. Aquaculture. 271: pp. 451-457.

50. Coral-Hinostroza, G. N. 2000. Astaxantina de la langostilla, *Pleuroncodes planipes*, (Stimpson) y su efecto en la pigmentación muscular de la trucha arcoíris, *Oncorhynchus mykiss*, (Walbaum). Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias. Facultad de Ciencias, División de Estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. 107 p.

51. Hatanaka, H. 1997. Influence of the tank color, light intensity and rearing density on the growth and the shape of caudal fin in juvenile tiger puffer *Takifugu rubripes*. Nippon Suisan Gakkaishi. 63: pp. 734–738.

52. Denson, M. R. y T. I. J. Smith. 1997. Diet and light intensity effects on survival, growth, and pigmentation of southern flounder Paralichthys lethostigma. Journal of the World Aquaculture Society. 28 (4): pp. 366-373.