

---

# Efectos de la carnitina como aditivo sobre el desempeño productivo en juveniles de tilapia (*Oreochromis sp*) cultivados en un sistema de recirculación de agua

---

***Daniela Castrillón-Bedoya<sup>1</sup>, Jenifer Gutiérrez-Osorio<sup>2</sup>, Carlos Santiago Escobar-Restrepo<sup>3</sup>, Daniel Gallego-Bustamante<sup>4</sup>***

---

1 Grupo de investigación en Agronomía y Zootecnia-GIAZ, Universidad Católica de Oriente. Semillero de Nutrición, Alimentación y Reproducción (SENAR). <https://orcid.org/0009-0003-8073-9621>

2 Grupo de investigación en Agronomía y Zootecnia-GIAZ, Universidad Católica de Oriente. Semillero de Nutrición, Alimentación y Reproducción (SENAR). <https://orcid.org/0009-0007-7442-6708>

3 Grupo de Investigación INCA-CES, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES. <https://orcid.org/0000-0002-3955-484X>

4 Grupo de investigación en Agronomía y Zootecnia-GIAZ, Universidad Católica de Oriente. Semillero de Nutrición, Alimentación y Reproducción (SENAR). <https://orcid.org/0009-0005-9717-0907>

---

## Resumen

---

El alto crecimiento poblacional y la alta demanda de recursos naturales ha ido generando un desgaste sobre el planeta Tierra. Esto ha afectado diversas producciones agropecuarias, entre ellas la piscicultura, debido a la alta demanda del recurso hídrico. Dada esta condición, es necesaria la implementación de alternativas que permitan una producción más limpia de productos agropecuarios, generando productos de gran calidad y cantidad, esto con el fin de suplir la alta demanda de recursos alimentarios necesarios para el sustento de la población. Para el desarrollo de esta investigación se implementó un sistema de recirculación acuícola –RAS por sus siglas en inglés–, así como el suministro de dietas comerciales con el aditivo de carnitina para tilapia roja (*Oreochromis sp*). El estudio se realizó en

nueve tanques, los cuales fueron divididos en tres tratamientos. Se midieron parámetros de calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto, pH, amoníaco, nitratos, nitritos y alcalinidad) y de productividad de la tilapia (peso, altura y de talla y mortalidad). Los resultados obtenidos indican que la adición de una concentración 2000-LC es más eficaz en el incremento de los parámetros productivos que la concentración de 1000-LC. Sin embargo, es de resaltar que el rendimiento entre ambos tratamientos es similar, superando los resultados obtenidos para la dieta comercial implementado (0-LC), concluyendo así que el uso de la carnitina en una concentración de 2000-LC provoca un aumento de las características productivas de los juveniles de tilapia (*Oreochromis sp*).

---

### Palabras clave

---

Nutrición, Sistema de recirculación, Talla, Peso, Biomasa, Aditivos, Producción limpia, Sostenibilidad, Cultivo de tilapia.

---

## Introducción

La producción acuícola mundial ha logrado un crecimiento promedio de 5,3 % anual en el periodo 2001-2018. Esto se ve reflejado en una producción de 179 millones de toneladas de pescado en el año 2018, distribuidas de la siguiente manera: 82,1 millones de toneladas de animales acuáticos, 32,4 millones de toneladas algas acuáticas, 26 millones de toneladas de conchas marinas ornamentales y perlas, de las cuales 156 millones de toneladas fueron destinadas para consumo humano (lo que equivale a un consumo per cápita de 20,5 kg), mientras que los 22 millones restantes fueron empleados en la producción de harina y aceite de pescado (Food Agriculture Organization, 2020).

Colombia es un país que cuenta con un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, puesto que posee una gran riqueza hídrica en la parte continental y marítima; además, cuenta con una gran variedad de climas cuyas condiciones son las adecuadas para el cultivo de distintas especies acuáticas. Adicionalmente, el país presenta una gran diversidad de especies acuáticas exóticas con aptitud de domesticación. La actividad acuícola ha crecido de forma acelerada en las últimas décadas, resultado de la alta demanda proteica actual, así como un

cambio de costumbres alimentarias que ha aumentado el consumo de pescado y que ha favorecido el crecimiento de este sector. Sin embargo, el desarrollo y la consolidación del sector ha sido lento comparado con el potencial y con otros sectores agropecuarios, tales como la ganadería, la avicultura, entre otros. Esta condición se da debido a que el aporte que realiza este sector a la satisfacción de necesidades alimentarias del país no es muy significativo (Food Agriculture Organization, 2020).

La acuicultura colombiana se ha desarrollado con especies como el camarón marino (*Litopennaeus vannamei*), las tilapias (*Oreochromis niloticus* y *Oreochromis sp*), la trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*), la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y la cachama negra (*Colossoma macropomum*), siendo las especies exóticas las más cultivadas, a pesar de que Colombia es un país diverso especialmente en especies ícticas (AUNAP, 2014).

La producción acuícola colombiana, en el 2020, fue de 41.356 toneladas de carne de pescado y camarón. Por otra parte, las especies de mayor producción en el país son tilapia (58 %), cachama (19 %) y trucha 16 %. Los principales núcleos de producción piscícola son Huila (39 %), Meta (11 %), Tolima (9 %), Cundinamarca y Boyacá

(6 %), Antioquia (4 %) y Córdoba (3 %); por su parte, los principales núcleos de producción de camarón son Bolívar (89 %), Nariño (10 %) y atlántico (1 %) (Merino, 2021). Además de esto, se tienen reportes de que la acuicultura en Colombia, para el año 2020, dio empleo directo a 53.805 personas, y de forma indirecta a 161.416 personas en las 16 plantas distribuidas en los departamentos de Huila, Boyacá, Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Bolívar, Nariño, Risaralda (Dirección de Cadenas Pecuarias, 2020).

Teniendo en cuenta lo dicho por la Dirección de Cadenas Pecuarias (2020), la tilapia constituye el 58 % de la producción de carne de pescado, siendo esta la de mayor consumo a nivel nacional. La tilapia (*Oreochromis sp*) es una especie acuícola originaria de África, la cual es perteneciente a la familia Cichlidae, la cual habita, por lo general, en regiones tropicales del mundo; en ese sentido esta especie prefiere las aguas cálidas y poseen un margen de tolerancia en cuanto a condiciones de calidad de agua bastante amplio, soportando temperaturas entre los 22° y 33°C, y un pH entre 6,5 y 8,5. Toleran, además, aguas con concentraciones bajas de oxígeno. Otro aspecto a considerar es que es una especie resistente a enfermedades y su dieta es omnívora, por lo cual, la formulación del alimento balanceado en su parte nutritiva puede variar (Centro Tecnológico de la Acuicultura, 2017).

A lo largo de los años, el incremento poblacional se ha dado de forma exponencial, aumentando así la demanda de recursos naturales y de alimentos. Dadas estas condiciones, el sector

agropecuario ha tenido que adaptarse debido a la alta demanda de proteína animal, mejorando técnicas y tecnologías que permitan la obtención de productos de origen animal con alto valor proteico y con costo equilibrado. Se debe entender que la producción agropecuaria es una producción que necesita gran espacio y tiempo para obtener productos; dado esto, la producción acuícola surge como una alternativa con el fin de suplir el déficit de proteína. Esta producción, al igual que las demás, presenta factores y aspectos como el alto valor proteico de los concentrados que afectan las condiciones peso y talla de los peces, y, por ende, afectan la obtención de carne de pescado con condiciones óptimas para su comercialización (Food Agriculture Organization, 2020).

Teniendo en cuenta lo anterior, la producción de tilapia surge como una alternativa, dado que su consumo es el de mayor porcentaje; por eso, la intensificación de la producción de tilapia requiere un mejoramiento y un desarrollo de tecnologías asociadas directamente a mejoras génicas, condiciones de bioseguridad, calidad y manejo. Otro aspecto por considerar es el papel fundamental que cumple la nutrición de los individuos, factor que, como se nombró anteriormente, afecta la productividad y el mantenimiento de la calidad del producto a comercializar. Dada esta condición, distintos productores han incursionado en el uso de aditivos, cuyo fin es del mejoramiento del pez en cuanto a tamaño, color, salud y aprovechamiento de nutrientes (Food Agriculture Organization, 2020).

Uno de estos aditivos es la carnitina, la cual actúa facilitando el metabolismo de los ácidos grasos, trasportándolos hacia la mitocondria, donde serán oxidados en adenosín trifosfato (ATP) por el proceso de la  $\beta$ -oxidación. Además, la carnitina presenta una fácil manipulación en dietas; es una sustancia con alta solubilidad y ayuda a mantener la estabilidad del agua y su calidad. Este aditivo actúa, también, como un promotor de crecimiento, mejorando la eficiencia de utilización de nutrientes en los peces, lo cual permite una reducción del uso de altas cantidades de proteínas como fuente de crecimiento (Santos Sanchez *et al.*, 2021).

Dado esto, la presente investigación buscó generar elementos de análisis y de información que fortalezcan el conocimiento acerca del uso del aditivo carnitina en la dieta de juveniles de tilapia (*Oreochromis sp*). La crianza de los juveniles de tilapia se realizó en un sistema de recirculación de agua (RAS por sus siglas en inglés). Esta técnica de producción se basa en un circuito cerrado donde continuamente se filtra y se recicla el agua, allí los peces son criados en tanques, y el entorno es totalmente controlado. Esto facilita que la producción acuícola en altas densidades pueda desarrollarse con una menor cantidad de agua, generando poca contaminación al medioambiente. Esto da lugar a una producción que cuenta con el cuidado planeta y que cumple la normativa ambiental vigente aplicable a este tipo de producción (Gamboa, 2014).

## Metodología

### **Localización y unidades experimentales**

El proyecto se realizó en el Instituto para el Desarrollo Humano (MIES), ubicado en el municipio de La Ceja (Antioquia), el cual se encuentra situado a 2.143 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 18°C (Alcaldía de La Ceja, n.d.). Dicho Instituto, dentro de sus instalaciones, cuenta con el diseño de un sistema de recirculación de agua (RAS).

En el estudio se utilizó un total de 495 individuos, los cuales fueron distribuidos en nueve estanques (55 peces por estanque). Los peces tuvieron un periodo de adaptación al ambiente del RAS, puesto que eran provenientes del departamento del Huila; durante los 15 días de adaptación se presentaron 135 muertes puesto que los parámetros de calidad del agua (amonio y nitritos) estuvieron fuera de sus medias normales, hasta llegar a niveles tóxicos, lo que ocasionó inmunosupresión en los peces, presentándose contagio con *Aeromonas*. Estas pueden provocar acumulación de líquido en el abdomen, daño de aletas y ojos agrandados, síntomas que, según Nuñure (2019) y Sánchez Calderón (2015), pueden ser asociados a estas bacterias. En el presente caso, se realizó tratamiento con oxitetraciclina de la siguiente manera: una aplicación de 5 ml disuelta en el agua del estanque, y 0,5 g en el alimento durante 8 días. Una vez el tratamiento culminó, se realizó una distribución de los peces con el fin de que los

estanques quedaran con el mismo número de animales, 40 por estanque, de los cuales 3 estanques fueron de control, y los otros se sometieron a dietas diferentes respecto a la adición de carnitina.

### **Sistema de recirculación de agua (RAS)**

El sistema de recirculación de agua (RAS) está compuesto por filtros mecánicos que se encargan de eliminar los sólidos provenientes de las excretas de los peces y las sobras del alimento suministrado; biofiltros, encargados de la eliminación de los elementos tóxicos disueltos en los tanques, sustancias como el

amoníaco; y aireadores, cuya función es la de oxigenación del agua, factor fundamental para la supervivencia de los peces. También cumplen un papel de eliminación del dióxido de carbono presente en el agua, resultado de la respiración de los peces.

**Figura 1**

*Sistema de Recirculación de agua (RAS)*



### **Desinfección y preparación del sistema de recirculación de agua (RAS)**

**Proceso de vacío sanitario.** Inicialmente se extrajo el agua contenida dentro del sistema para realizar la limpieza de los tanques, bombas, canastillas, mallas, guatas y acuarios. Esto con el fin realizar una esterilización de todo el sistema y evitar una contaminación del agua y, por ende, de los animales. Este proceso se realizó mediante una disolución de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y formaldehído (CH<sub>2</sub>O); por cada 10 litros de agua se agregaron 10 ml de peróxido y 2,5 ml de formol. Después de este proceso, se realizó otra desinfección con una disolución de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), con la misma fórmula anteriormente presentada; por cada 10 litros de agua se agregaron 10 ml de peróxido y 2,5 ml de amonio. Estas disoluciones se aplicaron de manera uniforme sobre los tanques y acuarios, tuberías, bioespumas, canastillas, mallas y todos los instrumentos utilizados para la investigación; estos se dejaron durante un periodo de 16 días con el fin de reducir exponencialmente la posibilidad de alguna contaminación cruzada.

**Maduración del agua.** El protocolo de maduración del agua del RAS se llevó a cabo a los dos días posteriores al vacío sanitario. Este se inició con el llenado de los tanques, a los cuales se les adicionó azúcar morena durante un periodo de 8 días, agregando (1,85 g) cada día; posterior a esto, se agregó (1,62 g) de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) los

dos primeros días. Siguiendo el proceso de maduración, se agregó cal agrícola (6 g) y bicarbonato (6 g) de manera intercalada hasta el cuarto día. Luego, se agregó cal (3 g) y bicarbonato (3 g) en un porcentaje de 50/50, para posteriormente ir sustituyendo de manera gradual el bicarbonato por cal, hasta alcanzar los requerimientos necesarios en relación con la alcalinidad.

Después del periodo de 8 días, se realizó la medición de los parámetros de alcalinidad, buscando una concentración de 120/130 ppm y una concentración de amonio entre 0/0,25 ppm. Al mismo tiempo, se realizó el encendido de los calentadores integrados al RAS hasta alcanzar de manera estable una temperatura de 26°C; este proceso se llevó a cabo durante un periodo de cuatro semanas hasta que se alcanzó una concentración de 50/100 ppm (5/6 gotas) en la medición de la alcalinidad mediante el equipo de medición de calidad de agua (*Aquarium Pharmaceuticals Inc. (API®)*).

Por último, se realizó la disolución de 0,5 cm<sup>3</sup> de hipoclorito de sodio (NaClO) en 10 litros de agua, la cual se agregó a una caneca con tapa. Esta fue adaptada mediante una manguera de tal forma que la disolución siempre estuvo en contacto con el aire durante un periodo mínimo de dos horas; transcurrido el tiempo, se realizó la adicción de 10 g de bacterias nitrificantes (*Eco-Pro®*) por cada litro de agua desinfectada. Esta mezcla se dejó durante un periodo de 24 horas. Por último, se realizó el vertimiento de 1 litro de la preparación y 25 gramos de sal marina a los tanques que componen el RAS.

### Calidad del agua

Para el análisis de la calidad del agua se determinó medir parámetros *in situ*: pH, temperatura (T°) y oxígeno disuelto (OD); además, se realizó la medición de las concentraciones de amonio, nitratos y nitritos.

La medición del OD se realizó de manera periódica mediante el uso del medidor de OD portátil Milwaukee MW600, con calibración manual de 2 puntos en un rango de 0,0 – 19,0 mg/L, resolución de 0,1 mg/L, precisión +/- 1,5 %, y rango de saturación del 100 %. La temperatura se registró mediante el uso de termómetros integrados al RAS; por último, el

pH y las concentraciones de amonio, nitratos y nitritos se midieron mediante el uso de un 'equipo de aguas' de marca API ®.

### Dietas experimentales

La duración del proyecto fue de seis meses. En los dos primeros meses de vida de los individuos, se les suministró una dieta comercial con la adición de carnitina, cantidades previamente establecidas y distribuidas en dos tratamientos. Posteriormente, se suministró una dieta comercial a los individuos hasta que estos alcanzaron el peso óptimo de sacrificio. Las dietas suministradas a los individuos poseen la composición nutricional descrita en la tabla 1.

**Tabla 1**

Composición Nutricional de las dietas comerciales implementadas

	Tilapia 45 Extruido	Tilapia 38	Tilapia 32	Tilapia 24
Edad (días)	60	113	145	185
Peso Aprox. (g)	4,8	23,8	67,1	180
Contenido nutricional				
Proteína	45.0 %	38.0 %	32.0 %	24.0 %
Grasa	4.0 %	4.0 %	2.5 %	4.0 %
Cenizas	10.0 %	10.0 %	12.0 %	10.0 %
Humedad	12.0 %	12.0 %	13.0 %	12.0 %
Fibra	6.0 %	6.0 %	6.0 %	8.0 %

**Nota.** Elaboración propia.

El primer tratamiento se implementó en 3 tanques, a los cuales se les suministró una dieta con una adición de 1000 mg de carnitina por kg de alimento. El segundo tratamiento, en los siguientes 3 tanques, consistió en una dieta que incluía adición 2000 mg de carnitina por kg de alimento. Por último, los 3 tanques restantes se alimentaron con una dieta comercial base, con el fin de servir como grupo control para una posterior comparación.

Durante la adición de carnitina, se tomaron semanalmente 20 ejemplares aleatorios de cada estanque y, posterior al tratamiento,

se tomaron datos cada dos semanas. Las variables que se midieron fueron el peso, la talla (desde la boca del animal hasta el pedúnculo caudal) y la altura (desde la raíz de la aleta pélvica hasta la raíz de la aleta espinosa dorsal). Para la medición, se utilizó un recipiente transparente con un metro y una gramera Electronic SF-400® con capacidad de hasta 10 kilogramos.

**Figura 2**

*Gramera Electronic SF-400® y recipiente con cintra métrica*



## Análisis de datos

Se realizó un diseño completamente al azar con un total de 360 peces aleatorizados en tres tratamientos y con tres repeticiones por tratamiento. Para la comparación entre tratamientos de peso, talla y altura se evaluaron diferentes modelos (Tabla 2). Se

escogió el modelo de mejor ajuste para estas variables a partir del criterio de Akaike, el R<sup>2</sup> y la coherencia biológica. La diferencia entre tratamientos se consideró significativa cuando los intervalos de confianza (IC) de cada curva no se superpusieron. Para el análisis se utilizó el programa Past versión 4.1.

**Tabla 2**

*Modelos evaluados para las curvas de crecimiento y porcentaje de materia seca, de acuerdo con la suplementación de óxido de zinc*

Modelo	Ecuación	Autor
Lineal	$y=ax+b$	Nelder & Wedderburn, 1972
Cuadrático	$y=ax^2+bx+c$	
Von Bertalanffy	$y=a*(1-be^{-cx})$	Bertalanffy, 1952
Logístico	$y=\frac{a}{1+be^{cx}}$	Brown & Rothery, 1993
Gomperzt	$y=a(b^{cx})$	Gompertz, 1825
Gaussiano	$y=ae^{-\frac{(x-b)^2}{2z}}$	Gauss, 1877
Exponencial	$y=a-(a*e^{-c*x})$	

**Nota.** Elaboración propia con base en lo modelos propuestos por los autores mencionados.

## Resultados

Inicialmente, cabe aclarar que los modelos estadísticos implementados para los valores obtenidos para cada tratamiento obtuvieron un AIC y R2 asociados a estos, como se evidencia en la tabla 2. Para el parámetro del peso se tiene que para los tres tratamientos se implementó el modelo de Gompertz, modelo con el mejor ajuste. Para el parámetro de la talla se evidencia que para el tratamiento 0-LC el modelo que mejor se ajusta es el exponencial, mientras

que para los tratamientos de 1000-LC y 2000-LC, el más apropiado es el modelo de Von Bertalanffy. Por último, para el parámetro de la altura, al igual que para el parámetro de la talla, el tratamiento 0-LC presenta un mejor ajuste al modelo exponencial según los datos obtenidos, mientras que para los tratamientos 1000-LC y 2000-LC el modelo Von Bertalanffy tiene el mejor ajuste a los datos monitoreados. Cabe resaltar que el rango del R2 obtenido para estos modelos implementados, con los parámetros productivos, presentaron un buen ajuste con valores entre 0,69 y 0,87.

**Tabla 3**

Modelos, ecuaciones, AIC, y R2 para los tres tratamientos implementados mediante la aplicación de carnitina a la dieta comercial

	Trt.	Modelo	Ecuaciones	AIC	R2
Peso	0	Gompertz	$Y=1210,5*\exp(-8,4401*\exp(-0,008006x))$	34886	0,7736
	1000	Gompertz	$Y=85,457*\exp(-12,898*\exp(-0,025375X))$	19993	0,8564
	2000	Gompertz	$Y=108,17*\exp(-10,999*\exp(-0,022182X))$	23441	0,8546
Talla	0	Exponencial	$y=55,776*\exp(0,0014689x)-55,518$	413,01	0,8357
	1000	Von Bertalanffy	$Y=17,509*(1-1,3955*\exp(-0,011056x))$	352,52	0,8734
	2000	Von Bertalanffy	$y=18,005*(1-1,3576*\exp(-0,010683x))$	355,69	0,8721
Altura	0	Exponencial	$y=1,2018*\exp(0,010967x)+0,026733$	149,97	0,6848
	1000	Von Bertalanffy	$y=8,0901*(1-1,2789*\exp(-0,0089687x))$	123,13	0,7766
	2000	Von Bertalanffy	$y=10,056*(1-1,1481*\exp(-0,0064363x))$	136,26	0,7585

**Nota.** Trt: tratamiento. AIC: criterio de información Akaike; R2: coeficiente de correlación.

Teniendo en cuenta los parámetros arrojados por los diferentes modelos escogidos y para cada variable (Tabla 4), el peso, talla y altura alcanzado por el tratamiento con 0-LC fueron superiores; sin embargo, teniendo en cuenta el valor a los 120 días, tiempo

evaluado en el presente estudio, para las tres variables el tratamiento con 2000-LC fue superior. Es de resaltar que los días indicados para la obtención de este valor no presentan coherencia biológica en ninguno de los tratamientos.

**Tabla 4**

*Parámetros arrojados por los modelos seleccionados para peso, talla y altura en tilapias alimentadas con tres niveles de L-carnitina*

Variable <sup>2</sup>		L-Carnitina mg/kg alimento <sup>1</sup>		
		0	1000	2000
Peso	Máximo	121,05	85,45	108,17
	120 días	47,92	46,25	50,18
Talla	Máximo	55,78	17,50	18,00
	120 días	11,01	11,03	11,22
Altura	Máximo	12,01	8,09	10,05
	120 días	4,50	4,60	4,70

**Nota.** 1 Tratamiento 1: control, sin inclusión de L-Carnitina; 2: inclusión de 1000mg/kg de L-Carnitina; 3: inclusión de 2000 mg/kg de L-Carnitina. 2Máximo: valor máximo alcanzado según el modelo; 120 días: valor alcanzado a los 120 días según el modelo.

Teniendo en cuenta los resultados evidenciados asociados a los parámetros monitoreados (peso, talla y altura), los valores obtenidos no presentan diferencias significativas dado que el rendimiento entre los tratamientos fue similar, con diferencias aproximadas de 3 g, 0,2 cm y 0,1 cm para el peso, la talla y la altura, respectivamente.

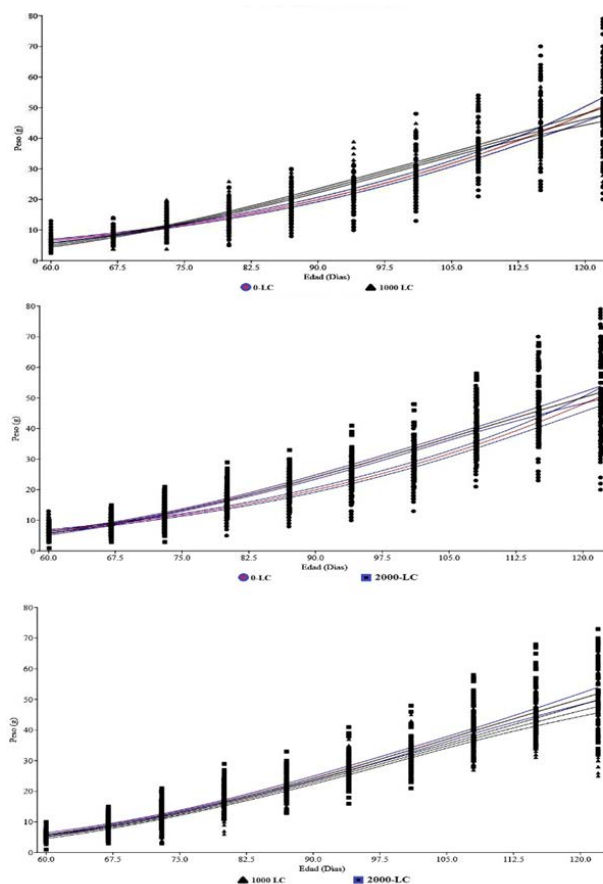
### **Peso**

Para la variable de peso el modelo de mejor ajuste fue el de Gompertz. Los pesos iniciales y finales para los tratamientos fueron los

siguientes: 6 g y 47,92 g, 6 g y 46,25 g, y 5 g y 50,18 g para los tratamientos 0-LC, 1000-LC, 2000-LC, respectivamente. Adicional a esto, los pesos alcanzados a los 120 días de monitoreo fueron de 47,92 g, 46,25 g y 50,18 g para los tratamientos 0-LC, 1000-LC, 2000-LC respectivamente, con una ganancia de peso de 42 g aproximadamente en 60 días.

**Figura 3**

Comparación del peso en distintas concentraciones de L-Carnitina en juveniles de tilapia



En la figura 3 se observa la comparación entre los resultados obtenidos para el parámetro de peso de los tres tratamientos (0-LC, 1000-LC, 2000-LC) durante el periodo de monitoreo. En la comparación de los tratamientos 0-LC y 1000-LC, se encontró una diferencia significativa entre los días 75 y 112, siendo el de 1000-LC el de mejor desempeño en este tiempo; a los 120 días, ambos tratamientos

presentaron un desempeño similar. Entre los tratamientos 0-LC y 2000-LC, se encontró una diferencia significativa entre los días 72 y 118, siendo 2000-LC el de mejor desempeño. Por último, entre los tratamientos 1000-LC y 2000-LC no se presentan diferencias significativas, ambos tratamientos poseen un desempeño y comportamiento similar.

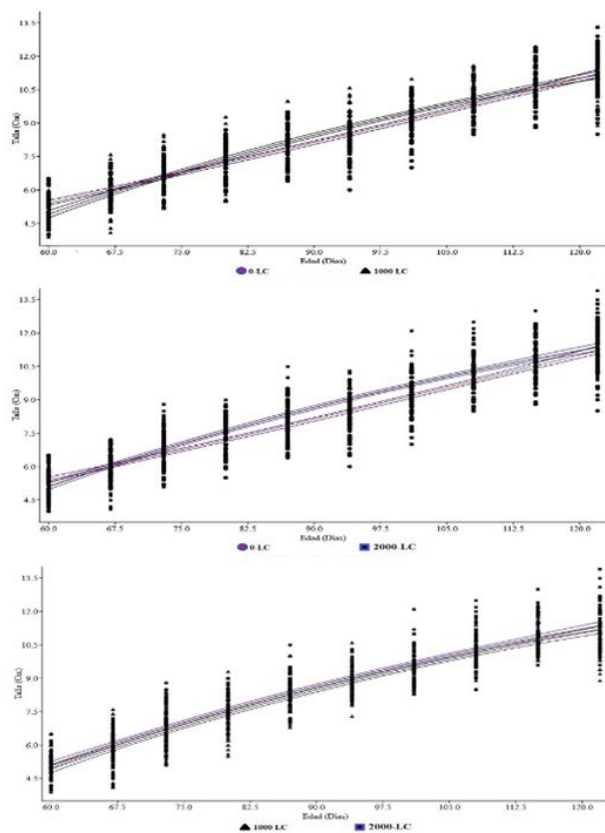
### Talla

Los tres tratamientos para la variable de la talla el modelo de mejor ajuste fue el exponencial para el tratamiento de 0-LC, mientras que para los tratamientos 1000-LC y 2000-LC, el modelo de mejor ajuste fue Von Bertalanffy.

La talla inicial para los tratamientos fue de 5 cm, la cual fue la medida estándar del criadero, y la talla final fue de 11,01 cm, 11,03 cm y 11,22 cm para los tratamientos 0-LC, 1000 -LC, 2000-LC, respectivamente. La ganancia de talla fue aproximadamente de 1 cm cada diez días, aproximadamente.

**Figura 4**

Comparación de la talla en distintas concentraciones de L-Carnitina en juveniles de tilapia



En la figura 4 se observa la comparación entre los resultados obtenidos para el parámetro de talla de los tres tratamientos (0-LC, 1000-LC, 2000-LC) durante el periodo de monitoreo. Para los tratamientos de 0-LC y 1000-LC se da una mínima diferencia entre los días 83 y 110. Para los

tratamientos de 0-LC y 2000-LC, se presenta una diferencia significativa entre los días 73 y 118. Por último, entre los tratamientos de 1000-LC y 2000-LC no se presentan diferencias significativas, el rendimiento de ambos tratamientos fue similar.

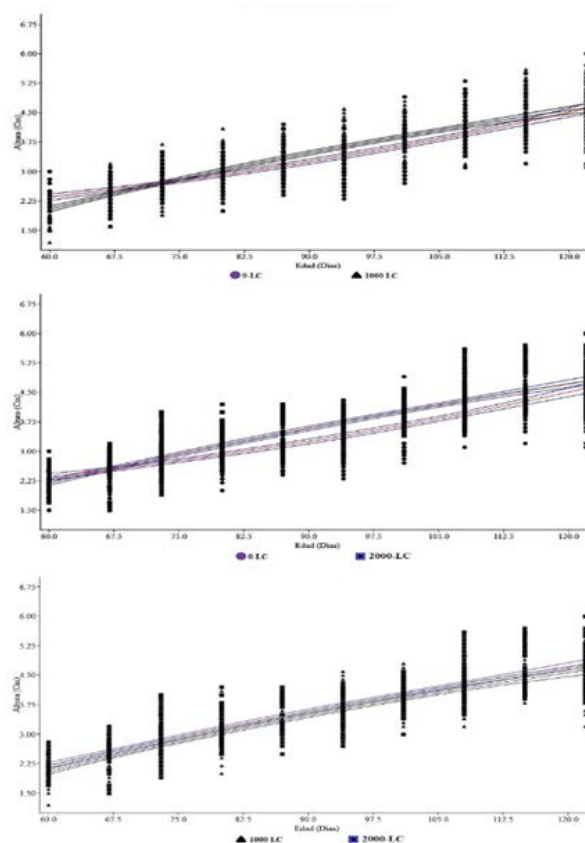
### Altura

Los tres tratamientos para la variable de la altura el modelo de mejor ajuste fue el

exponencial para el tratamiento de 0-LC, mientras que para los tratamientos 1000-LC y 2000-LC, el modelo de mejor ajuste fue Von Bertalanffy, al igual que para el parámetro de la talla. Las alturas iniciales y finales para los tratamientos fueron de 2,5 y 4,5 cm, 2 y 4,6 cm, 2,2 y 4,7 para los tratamientos 0-LC, 1000-LC, 2000-LC, respectivamente. Adicionalmente, la ganancia de altura fue de 2,2 cm aproximadamente en 60 días.

**Figura 5**

Comparación de la altura en distintas concentraciones de L-Carnitina en juveniles de tilapia



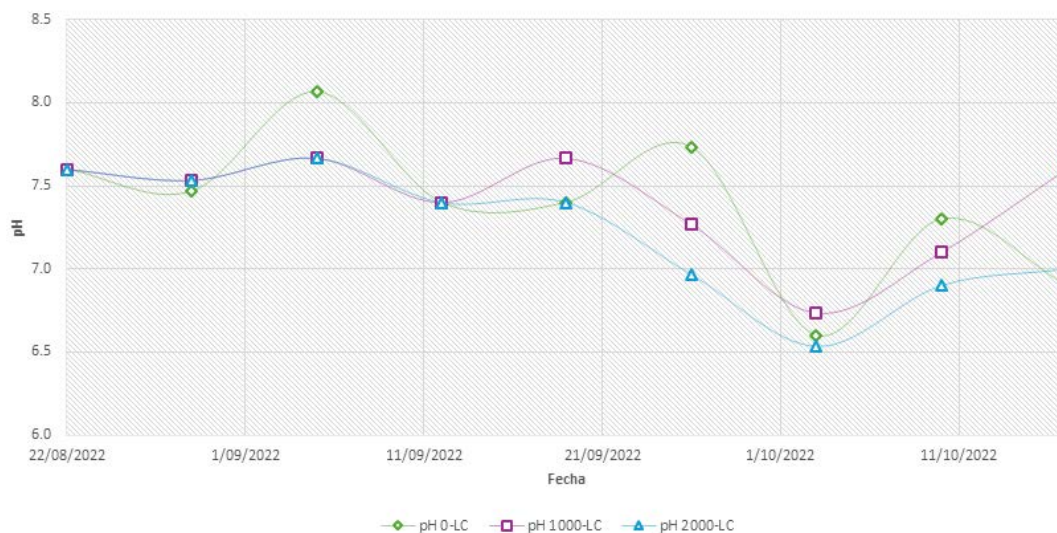
En la figura 5 se observa la comparación entre los resultados obtenidos para el parámetro de la altura de los tres tratamientos (0-LC, 1000-LC, 2000-LC) durante el periodo de monitoreo. Para los tratamientos de 0-LC y 1000-LC se presentó una mínima diferencia significativa entre los días 82 y 112; sin embargo, a los 120 días el rendimiento de ambos tratamientos es muy similar, entre los tratamientos 0-LC y 2000-LC se presentó una diferencia significativa entre los días 73 y 118. Por último, los tratamientos de 1000-LC y 2000-LC, no presentaron una diferencia significativa.

### Calidad del agua

Para evaluar la calidad del agua de los estanques, se midieron varios parámetros *in situ* tales como el pH, el oxígeno disuelto y la temperatura. En la figura 6, se observan los valores promedios respecto al pH obtenidos por estanques, para el estanque 0-LC se nota un comportamiento un poco más variante a comparación de los otros dos estanques con varias alzas y varios descensos en comparación con los tanques 1000-LC y 2000-LC, cuyos comportamientos son más estables y casi idénticos a lo largo del tiempo de muestreo.

**Figura 6**

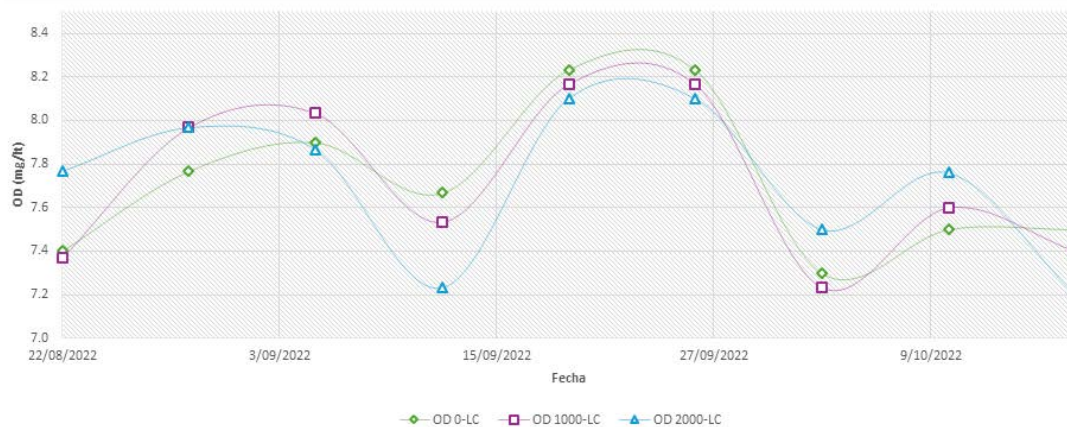
Valores de pH promedio de los estanques



Por otra parte, la variable del OD de los estanques, como se evidencia en la figura 7, es muy similar en los tres estanques dado a que el oxígeno disuelto es fundamental para la supervivencia de las tilapias. Respecto a este, los valores de los tres tanques se encuentran en un rango entre 5,8 y 8,3 mg/l, valores óptimos para el mantenimiento de la vida acuática.

**Figura 7**

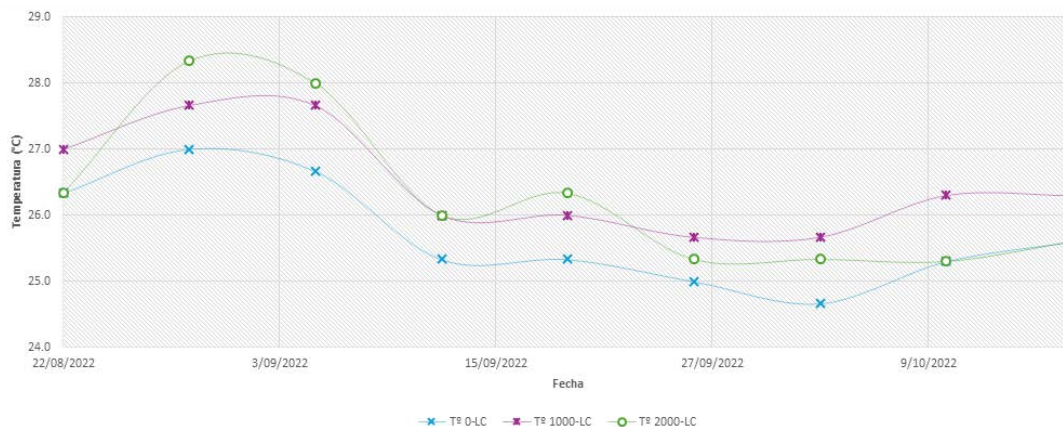
Variaciones de oxígeno disuelto (OD)



Para el parámetro de la temperatura, los tres tratamientos muestran un comportamiento homogéneo. En la figura 8 se observa que el tratamiento 0-LC presenta menores valores durante todo el monitoreo, mientras que la temperatura de los tratamientos 1000-LC y 2000-LC es muy similares. Sin embargo, los mayores valores de temperatura se dan en el tratamiento 2000-LC, el rango de temperatura de los tres estanques comprende valores desde los 24,7 °C hasta los 28,3 °C.

**Figura 8**

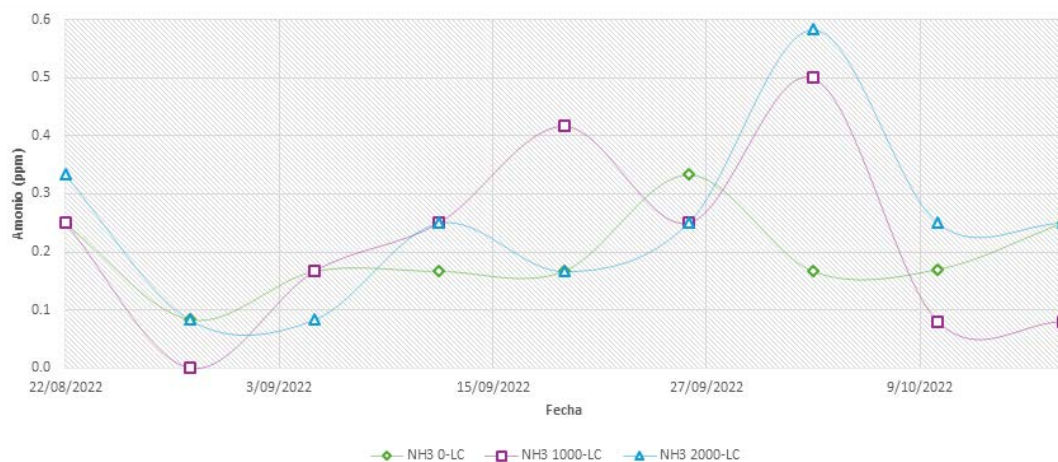
Temperatura (T°)



Ahora bien, en la figura 9 se evidencia el comportamiento del amonio medido en los tres tratamientos. Estos presentan un comportamiento diferente para cada tratamiento, para el tratamiento O-LC el valor mínimo medio es de 0,1 ppm y el máximo es de 0,33 ppm, para el tratamiento 1000-LC se observa un valor mínimo de 0 ppm y un valor máximo de 0,5 ppm. Por último, el tratamiento 2000-LC presenta un valor mínimo de 0,1 ppm y un valor máximo de 0,6 ppm.

**Figura 9**

Amonio (NH<sub>3</sub>) promedio de los estanques



Por último, cabe resaltar que durante el periodo de monitoreo la mortalidad evidenciada fue muy baja, para el tratamiento 0-LC la mortalidad fue de 2.5 %, para el tratamiento 1000-LC fue del 0.83 % y para el tratamiento 2000-LC fue de 2.5 %, lo cual indica que durante el tiempo de monitoreo las condiciones y la calidad del agua estaban en óptimas condiciones, a diferencia del periodo de adaptación, periodo en el que se alcanzó la mayor cantidad de muertes.

## Discusión

El uso de aditivos en las dietas de las tilapias surge como alternativa a los altos costos de producción. Esto debido a que su adición permite obtención de resultados muchos mejores en comparación con la implementación de las dietas comerciales. Estudios como los de Flores *et al.* (2002) y Peña, (2021) demuestran que el uso de aditivos en las dietas posee una influencia positiva en la producción de tilapias, aumentando parámetros como el crecimiento

y la ganancia de peso, mejorando así la producción y la calidad. Estudios como estos permiten el mejoramiento de los procesos productivos, dado que permiten la consecución de información sobre diversos métodos de mejoramiento.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que la implementación de un RAS, como lo indica Ingle de la Mora *et al.* (2003), permite un aumento en la tasa de sobrevivencia de los individuos con una tasa de crecimiento aceptable y más controlada. Además, que posibilita que los parámetros de calidad de agua evaluados se mantengan dentro los límites razonables y permiten la supervivencia de la especie cultivada. Estudios como los Barraza *et al.* (2007), indican que los sistemas de producción basados en tecnologías de recirculación de agua son una excelente alternativa y más aún en las regiones donde el recurso hídrico es escaso.

En ese sentido, el uso de la carnitina como aditivo en la dieta de producción de tilapia *Oreochromis sp*, como lo demuestran los resultados obtenidos, es favorable, ya que mejoran el desempeño de muchos de los parámetros en los que centra este tipo de producción. La carnitina es un agente que favorece la oxidación de las grasas por parte de las mitocondrias presentes en las células de los peces, ayudando a la liberación de acil-CoA que brinda energía al animal y ayuda a su crecimiento. Debido al aumento de la concentración de acil-CoA en el individuo, se disminuye la carga dentro del mismo. Esto debido a que el individuo no se centra en la producción de este compuesto, sino que, en su

lugar, genera más energía y por ende, provoca que este sea más activo y aproveche la energía en otro tipo de actividades y partes del cuerpo, lo que genera un cambio en las características físicas, como por ejemplo la ganancia muscular (Hannover & Germany, 2002).

Para el presente proyecto, se realizó un monitoreo durante 120 días, con una población de más de 300 individuos sometidos a tratamientos con diversas concentraciones de carnitina, aditivo que provocó un desarrollo del animal mucho más rápido que de la manera tradicional, lo cual se traduce en un mayor rendimiento en el momento de culminar el proyecto. Dado esto, se infiere que la carnitina puede actuar como un agente que aumenta el desempeño de los animales. Para analizar los efectos de L-Carnitina sobre los parámetros productivos, se compararon estos mismos parámetros entre los tres tratamientos implementados, dentro los cuales se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento de control (0-LC) y los tratamientos con adición de carnitina (1000-LC y 2000-LC), mientras que entre los tratamientos con adición de carnitina (1000-LC y 2000-LC) no se presentaron diferencias significativas muy marcadas.

El desempeño en los parámetros productivos fue similar, teniendo en cuenta estudios como el de Dikel *et al.* (2010), el cual implementó concentraciones 300 y 600 mg kg<sup>-1</sup> de carnitina, y Keshavanath & Renuka. (1998), quienes implementaron concentraciones de 0, 0.25, 0.5, 0.75 y 1 g Kg<sup>-1</sup> de carnitina. Estos aítpres indican que el uso de este aditivo en la dietas comerciales favorece la obtención

de mejores parámetros productivos a comparación de dietas comerciales. Por otro lado, estudios como los de Schlechtriem *et al.* (2004), los cuales usaron una dieta comercial que contenía 8.1 ppm de carnitina, complementada con concentraciones de 150 a 450 ppm de L-carnitina, concluyen que la implementación del aditivo no influyó en el aumento del parámetro productivo del peso.

Para el caso de esta investigación, se obtuvo que el tratamiento 2000-LC tuvo los mejores rendimientos a comparación de los tratamientos 0-LC y 1000-LC; teniendo en cuenta que el tratamiento 0-LC corresponde al grupo de control, se tiene que el tratamiento 2000-LC obtuvo un incremento de 4,72 %, 1,9 % y 4,44 %, en los parámetros de peso, talla y altura respectivamente. Para el caso del estudio implementado por Dikel *et al.* (2010), el tratamiento de 600 mg kg<sup>-1</sup> (LC600) tuvo un incremento de 7.73 % en el peso en comparación al grupo de control.

Estudios como el de Osorio (2009) indican que no siempre se evidencia un mejor desempeño en el crecimiento del pez; además, indica que la biosíntesis de la carnitina puede mantener los niveles suficientes de tejido durante el crecimiento y, además, esto puede ser afectado por las interacciones ambientales y fisiológicas que tengan los peces durante su tiempo de tratamiento. Por otra parte, Pradhan *et al.* (2021) concluyen que una mayor concentración de carnitina maximiza la utilización de lípidos y otorga mayor eficiencia de proteínas; por lo tanto, se da un mejor rendimiento en el crecimiento de las tilapias.

Por último, Harpaz (2005), indica en su estudio la implementación de carnitina en las dietas comerciales posee varias veces resultados contradictorios debido a que existen estudios de la implementación de este aditivo en individuos de la misma especie, donde varios presentan un aumento en las características productivas y otros no. Sin embargo, en el estudio se resalta que los resultados positivos se evidencian por lo general cuando este aditivo se utiliza en peces muy pequeños o en experimentos de más de 4 meses con la implementación de grandes cantidades de este aditivo en las dietas comerciales. Este aditivo no solo puede mejorar las características productivas, sino que también actúa como un catalizador metabólico, un ahorrador de proteínas, un mejorador de la fertilidad y un ralentizador del envejecimiento de los peces.

## Conclusión

En este estudio se evaluaron de tres tratamientos con diferentes niveles de L-carnitina (0-LC, 1000-LC y 2000-LC) durante un periodo de 120 días en un sistema de recirculación de agua (RAS) monitoreando tres parámetros productivos: talla, peso y altura. Se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento 0-LC y los tratamientos 1000 y 2000-LC, mientras que entre los tratamientos 1000 y 2000-LC se presentan diferencias mínimas, con lo cual, se concluye que la implementación de carnitina como aditivo en la dieta comercial tuvo un resultado positivo en las características productivas monitoreadas. No obstante, las diferencias entre los tratamientos 1000-LC y 2000-LC fueron mínimas.

---

## Bibliografía

---

- Alcaldía de La Ceja. (n.d.). Información del municipio. <https://www.laceja-antioquia.gov.co/mimunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#>
- AUNAP (2014). *Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia –PlaNDAS*. MinAgricultura <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Plan-Nacional-para-el-Desarrollo-de-la-Acuicultura-Sostenible-Colombia.pdf>
- Barraza, C. A. H., Guzmán, G. A., & Cantú, D. G. L. (2009). Sistemas de producción de acuicultura con recirculación de agua para la región norte, noreste y noroeste de México. *Revista mexicana de agronegocios*, 25, 117-130.
- Bertalanffy, L. V. (1952). *Theoretical models in biology and psychology*.
- Brown, D., & Rothery, P. (1993). Models in biology: mathematics, statistics and computing *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 67(1), 105–106.
- Centro Tecnológico de la Acuicultura (2017). Alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal. *Ctaqua*, 46. <https://www.ong-aida.org/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Alimentación-Tilapia-v2.pdf>
- Dikel, S., Ünalán, B., Eroldoğan, O. T., & Hunt, A. Ö. (2010). Effects of dietary L-carnitine supplementation on growth, muscle fatty acid composition and economic profit of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(2).
- Dirección de Cadenas Pecuarías (2020). *Acuicultura en Colombia - Cadena de la Acuicultura*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Dos Santos Sánchez, M. S., Lins-Rodrigues, M., Pessini, J. E., Bittencourt, F., Boscolo, W. R., & Signor, A. (2021). Dietary supplementation with

- L-carnitine for Nile tilapia juveniles. *Aquaculture*, 539(September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736616>
- Flores, M. L., Briones, L. E., & Miguel, A. (2002). Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). *Avances en Nutrición Acuícola*.
- Food Agriculture Organization (2020). Estado mundial de la pesca y la acuicultura. *Marine Pollution Bulletin*, 3(1–2).
- Gamboa, V. (2014). Sistemas de recirculación de agua (RAS) en Piscicultura. *Sistema Institucional de Gestión de Revistas Académicas*, 12, (7).
- Gauss, C. F. (1877). *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium* (Vol. 7). FA Perthes.
- Gompertz, B. (1825). XXIV. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq. FRS &c. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, (115), 513-583.
- Hannover, J. H., & Germany. (2002). The physiological role of L-carnitine. *Lohmann information*, 27, 15-21.
- Harpaz, S. (2005). L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition—a review. *Aquaculture*, 249(1-4), 3-21.
- Ingle de la Mora, G., Villareal-Delgado, E. L., Arredondo-Figueroa, J. L., Ponce-Palafox, J. T., & Barriga-Sosa, I. D. L. A. (2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrobiológica*, 13(4), 247-253.
- Keshavanath, P., & Renuka, P. (1998). Effect of dietary L-carnitine supplements on growth and body composition of fingerling rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquaculture Nutrition*, 4(2), 83-88.
- Merino, M. C. (2021). *Acuicultura en Colombia*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca -AUNAP. <https://www.aunap.gov.co/images/convenio/presentacion-tecnica-acuicultura-en-colombia.pdf>
-

- Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 135(3), 370-384.
- Nuñure Ortega, J. (2019). *Caracterización fenotípica e identificación de especies patógenas de Aeromonas sp. aisladas de truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) clínicamente enfermas de piscigranjas del Perú*. [Tesis pregrado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Ozorio, R. (2009). Dietary L-Carnitine Supplementation to Cultivated Fish: A Mini-Review. *Current Nutrition & Food Science*, 5(1), 40-48. <https://doi.org/10.2174/157340109787314758>
- Peña, O. I. (2023). *Inclusión de capsaicina como aditivo de uso potencial en dietas comerciales para tilapia roja (oreochromis sp)*. [Monografía]. Universidad de Cundinamarca
- Pradhan, C. S. (2021). Suitable ratio of dietary L carnitine and  $\alpha$  ketoglutarate improves growth and health performance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47, 1933-1950. <https://doi.org/10.1007/s10695-021-01020-w>
- Sánchez Calderón, J. D. (2015). Aislamiento e identificación de aeromonas spp. B-hemolíticas y vibrio spp. potencialmente virulentos, en pescados y mariscos comercializados en Bogotá, Colombia. Universidad de los Andes
- Schlechtriem, C., Bresler, V., Fishelson, L., Rosenfeld, M., & Becker, K. (2004). Protective effects of dietary l-carnitine on tilapia hybrids (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) reared under intensive pond-culture conditions. *Aquaculture Nutrition*, 10(1), 55-63.
-