**Capítulo 7**

**Características nutricionales y valor alimenticio del concentrado de proteína de maíz en las dietas acuícolas y de gallinas de postura**

# Introducción

Históricamente, la harina de pescado (HP) ha sido el ingrediente de alto contenido de proteína cruda (PC), el “estándar de oro” utilizado en las dietas acuícolas, pero su uso continuo no es sustentable (Naylor et al., 2009). Por lo tanto, es fundamental encontrar sustitutos adecuados de la harina de pescado y por lo general son los concentrados de proteína de granos, oleaginosas y leguminosas las alternativas atractivas. Desafortunadamente, el uso de fuentes de proteínas vegetales alternativas como el concentrado de proteína de maíz (CPC) y los granos secos de destilería con solubles (DDGS) puede resultar en un desempeño del crecimiento subóptimo y en una menor eficiencia de la proteína, en especial en los peces carnívoros alimentados con dietas que contienen bajas cantidades de harina de pescado y altas cantidades de concentrado de proteína vegetal, aunque pareciera que se hayan cubierto todos los requerimientos de nutrientes esenciales conocidos, incluso los aminoácidos (Gomes et al., 1995; Davies et al. 1997; Refstie et al., 2000; Martin et al., 2003; Gómez-Requeni et al., 2004). Hay diversas razones posibles de un menor desempeño del crecimiento en peces alimentados con cantidades relativamente altas de fuentes de proteína vegetal como un menor consumo de alimento, presencia de factores antinutricionales, esteroides anabólicos y fitoestrógenos, deficiencia de nutrientes no identificados y desequilibrio de aminoácidos esenciales (Gatlin et al. 2007; Glencross et al., 2007; Krogdahl et al., 2010). La causa más probable del crecimiento subóptimo es las cantidades inadecuadas de aminoácidos digestibles proporcionados por las fuentes de proteína vegetal, ya que generalmente son más bajas en lisina (Lys), treonina (Thr) y triptófano (Trp) que la harina de pescado, lo cual podría ocasionar deficiencias relacionadas con los requerimientos de aminoácidos de los peces. Para corregir esas deficiencias, se deben añadir aminoácidos sintéticos suplementarios a todas las dietas con fuentes de proteína vegetal, incluidos los coproductos de maíz como el CPC. Además, Brezas y Hardy (2020) también indicaron que puede variar la dinámica de la digestión de proteína de los ingredientes de proteína vegetal, dependiendo de la sincronización y homogeneidad de la digestión y absorción de aminoácidos, que en última instancia afectan el crecimiento. Por lo tanto, aunque haya desafíos nutricionales por el uso de coproductos altos en proteína fermentada de maíz, como el CPC, en las dietas acuícolas para lograr un crecimiento y composición de filetes óptimos, algunos de ellos se pueden superar mediante la suplementación de las dietas con cantidades adecuadas de aminoácidos sintéticos, en vez de depender únicamente en la sustitución directa de harina de pescado sin ajustar los aminoácidos en la dieta.

**Definición de AAFCO del concentrado de proteína de maíz**

En comparación con el resto de coproductos de maíz, el concentrado de proteína de maíz (CPC) es especial porque contienen la mayor concentración de PC (~ 80%). Se produce utilizando un proceso de molienda en húmedo exclusivo comparado con los diferentes procesos utilizados para producir proteína fermentada de maíz (CPF) y granos secos de destilería altos en proteína (HP-DDG) en las plantas de etanol de molienda en seco. El concentrado de proteína de maíz se produce en las instalaciones de molienda de maíz de Cargill en Estados Unidos y se comercializa bajo la marca comercial Empyreal® 75. También se ha utilizado un proceso modificado para fabricar Lysto™, con un contenido mucho mayor de lisina y perfiles mejorados de aminoácidos en comparación con el utilizado para la fabricación de Empyreal® 75 (Yu et al., 2013). Gracias al contenido muy alto de PC, el CPC es de gran interés para los nutricionistas acuícolas debido a su potencial para sustituir parcial o completamente la harina de pescado (64% PC) en las dietas acuícolas, manteniendo al mismo tiempo las elevadas concentraciones de PC total y de aminoácidos necesarias para cubrir los requerimientos nutricionales de todas las especies de peces. Así define la Association of American Feed Control Officials al concentrado de proteína de maíz:

**48.89 Concentrado de proteína de maíz**

“El concentrado de proteína de maíz es la fracción proteinácea seca del maíz obtenida principalmente del endospermo después de eliminar la mayoría de los componentes que no son proteína mediante la solubilización enzimática del flujo de proteína obtenido a partir del proceso de molienda de maíz en húmedo. La fracción proteinácea del maíz debe contener al menos 80% de proteína libre de humedad y no más del 1% de almidón libre de humedad. El producto debe etiquetarse con base en “como se alimenta”. Esta fracción no debe contener extractos de maíz fermentado, harina de germen de maíz, ni otros componentes no proteínicos, excepto en tales cantidades en las que pueda ocurrir inevitablemente en los buenos procesos de procesamiento. Para reducir el polvo durante el manejo, se deben añadir aceites vegetales u otros ingredientes adecuados, como se definen en la sección 87 de la Publicación Oficial de la Association of American Feed Control Officials (AAFCO OP), en concentraciones que no superen el 3%. De usarse, el nombre del agente de control de polvos debe aparecer como ingrediente añadido”.

Por lo tanto, el CPC contiene principalmente las proteínas del endospermo del grano de maíz, lo cual resulta en cantidades mínimas de fibra y cenizas comparado con otros coproductos de maíz. Además, a diferencia de las proteínas fermentadas de maíz, el concentrado de proteína de maíz no contiene levadura residual.

# Perfil de nutrientes del concentrado de proteína de maíz

Hay pocos datos publicados sobre el perfil nutricional del concentrado de proteína de maíz, pero es posible obtener algunas especificaciones nutricionales comerciales e información de Empyreal® 75 en línea en (https://agripermata.com/brochure/commodity/corn\_protein\_concentrate/brochure2.pdf). Yu et al. (2013) compararon la composición nutricional de dos tipos de concentrado de proteína de maíz con harina de pescado menhaden, harina de soya extraída con solventes (HS), y harina de gluten de maíz (**cuadro 1**). Aunque el contenido de PC del concentrado de proteína de maíz es también mucho mayor que el de la harina de pescado menhaden (64%), la harina de gluten de maíz (CGM 65%) y la harina de soya (50%), contiene relativamente menos Lys y Trp en comparación con la harina de soya y la harina de pescado. Además, el concentrado de proteína de maíz y la harina de gluten de maíz contienen concentraciones sumamente altas de leucina (Leu) lo cual interfiere con la utilización de isoleucina (Ile), valina (Val) y Trp. En el capítulo 1 de este manual se incluye un análisis detallado de los retos del manejo de los desequilibrios de los perfiles de aminoácidos de la proteína de maíz de todos los coproductos de maíz en dietas de monogástricos.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 1.** Composición de nutrientes (con base en como se alimentó) de dos tipos de concentrado de proteína de maíz y comparación con la harina de pescado menhaden (HP), harina de soya descascarillada extraída con solventes y harina de gluten de maíz (Adaptado de Yu et al., 2013) | | | | | |
| **Medición, %** | **HP menhaden** | **Harina de soya extraída con solventes** | **Harina de gluten de maíz** | **Concentrado de proteína de maíz**  **Empyreal®1** | **Concentrado de proteína de maíz**  **Lysto™1** |
| Materia seca | 90.61 | 88.36 | 91.59 | 90.16 | 88.39 |
| Proteína cruda | 64.3 | 49.9 | 64.8 | 79.7 | 79.8 |
| Extracto etéreo | 10.7 | 1.19 | 0.46 | 2.36 | 2.58 |
| FAD | - | 2.83 | 2.82 | 9.8 | 7.5 |
| Cenizas | 15.1 | 5.34 | 6.63 | 0.91 | 0.91 |
| ***Aminoácidos esenciales*** | | | | | |
| Arg | 4.99 | 3.26 | 2.03 | 2.11 | 2.16 |
| His | 2.21 | 1.16 | 1.30 | 2.05 | 1.40 |
| Ile | 3.10 | 1.86 | 2.51 | 2.36 | 2.99 |
| Leu | 5.50 | 3.36 | 10.04 | 10.40 | 11.95 |
| Lys | 6.04 | 2.81 | 1.03 | 1.37 | 5.66 |
| Met | 1.47 | 0.82 | 1.45 | 1.77 | 1.67 |
| Phe | 2.97 | 2.16 | 3.88 | 5 | 4.57 |
| Thr | 3.46 | 1.56 | 2.02 | 2.42 | 2.19 |
| Trp | 1.10 | NN2 | 0.34 | 0.55 | 0.37 |
| Val | 4.09 | 1.78 | 3.03 | 2.85 | 3.29 |
| ***Aminoácidos no esenciales*** | | | | | |
| Ala | 6.45 | 1.72 | 5.32 | 8.26 | 6.17 |
| Asp | 6.84 | 6.55 | 3.72 | 3.89 | 4.10 |
| Cys | 0.43 | 0.88 | 1.10 | 1.28 | 1.27 |
| Glu | 9.70 | 9.64 | 12.89 | 14.20 | 14.06 |
| Gly | 6.05 | 1.89 | 1.79 | 1.84 | 1.83 |
| Pro | 4.48 | 2.36 | 5.82 | 7.42 | 6.78 |
| Ser | 3.37 | 1.95 | 2.97 | 3.53 | 2.78 |
| Tyr | 2.50 | 1.49 | 3.08 | 3.74 | 3.75 |

1Cargill Corn Milling, Cargill, Inc., Blair, NE, EE. UU.

2No se notificó.

# Resumen de las pruebas de alimentación en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

La mayoría de los estudios publicados realizados con concentrado de proteína de maíz en los alimentos acuícolas involucran la alimentación de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Herath et al. (2016a) llevaron a cabo uno de los estudios iniciales para determinar el efecto de la sustitución total de la harina de pescado (21.8%) con concentrado de proteína de maíz (19.4%), HP-DDG (33.2%), harina de gluten de maíz (23.5%) o DDGS (52.4%) en dietas isonitrogenadas sobre el desempeño del crecimiento y composición corporal de juveniles de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, peso promedio inicial 4.5 g) en una prueba de alimentación de 12 semanas. Entre los tratamientos, los peces alimentados con la dieta control con 21.8% de harina de pescado y la dieta con 52.4% de DDGS tuvieron la mayor tasa de crecimiento específica, consumo de alimento, retención de proteína y supervivencia (**cuadro 2**). En contraste, los peces alimentados con las dietas de harina de gluten de maíz y concentrado de proteína de maíz presentaron las tasas más bajas de crecimiento y de coeficiente térmico de crecimiento, consumo de alimento, retención de proteína y supervivencia. La menor retención de proteína en las tilapias alimentadas con las dietas de harina de gluten de maíz y concentrado de proteína de maíz se reflejó en un menor contenido proteínico corporal total, pero no en los filetes (**cuadro 2**). El contenido de lípidos corporal total fue mayor y el contenido de cenizas fue menor en los peces alimentados con dietas de coproductos de maíz en comparación con los alimentados con la dieta control. Sin embargo, no se observaron diferencias en ninguno de los índices corporales medidos. Los resultados de este estudio indican que sustituir por completo la harina de pescado con distintos tipos de coproductos de maíz en las dietas de juveniles de tilapia del Nilo resulta en diferentes efectos sobre el desempeño del crecimiento, composición corporal total y de filetes. Entre los coproductos de maíz evaluados, las dietas con DDGS rindieron mejores respuestas al desempeño del crecimiento y composición, mientras que alimentar una dieta con concentrado de proteína de maíz resultó en el peor desempeño del crecimiento en las dietas sin harina de pescado.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 2.** Comparación del desempeño del crecimiento, índices corporales y color de los filetes de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con dietas de coproductos de maíz durante 12 semanas (adaptado de Herath et al., 2016a) | | | | | |
| **Medición** | **Control** | **HP-DDG1** | **DDGS2** | **CGM3** | **CPC4** |
| ***Desempeño del crecimiento*** | | | | | |
| Tasa de crecimiento específico, % | 3.56a | 3.30b | 3.53a | 2.75c | 2.63d |
| Coeficiente térmico de crecimiento | 1.21a | 1.06c | 1.16b | 0.81d | 0.76e |
| Consumo de alimento, g peso seco | 84.05a | 71.05a | 81.20a | 40.2b | 38.80b |
| Conversión alimenticia | 1 | 1.05 | 1.05 | 1 | 1.10 |
| Tasa de eficiencia proteica | 3.20 | 2.99 | 3.06 | 3.10 | 2.84 |
| Retención de proteína, % | 49.62a | 46.17ab | 46.70ab | 42.02bc | 38.42c |
| Supervivencia, % | 100a | 80.6bc | 97.2 ab | 66.6c | 75c |
| ***Composición corporal total, % base húmeda*** | | | | | |
| Humedad | 69.4 | 68.9 | 69.7 | 70.9 | 71.6 |
| Proteína | 15.5b | 16.7a | 15.4b | 14.6c | 13.9d |
| Lípidos | 8.5b | 9.9a | 10a | 9.8a | 9.6a |
| Cenizas | 6.9a | 5.4c | 5.7b | 4e | 5d |
| ***Composición de filetes, % base húmeda*** | | | | | |
| Humedad | 78.2 | 76.2 | 77.2 | 77.9 | 78.5 |
| Proteína | 18.8b | 19.8a | 18.3b | 19.2b | 18.7b |
| Lípidos | 1.6c | 2.4b | 3.1a | 2.2b | 1.9bc |
| Cenizas | 1.4 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 |
| ***Índices corporales*** | | | | | |
| Índice viscerosomático5 | 10.8 | 11.6 | 12.9 | 12.1 | 12.8 |
| Índice hepatosomático6 | 3 | 2.1 | 2.7 | 2.2 | 2 |
| Rendimiento de filetes7, % | 30.4 | 30.8 | 32.4 | 31.9 | 28.3 |
| Factor de condición8 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 1.9 |

a,b,c,d,eLas medias dentro del mismo renglón con diferentes superíndices son diferentes (P < 0.05).

1HP-DDG = granos secos de destilería altos en proteína.

2DDGS = granos secos de destilería con solubles.

3CGM = harina de gluten de maíz.

4CPC = concentrado de proteína de maíz.

5Índice viscerosomático = 100 × peso visceral (g)/peso corporal (g).

6Índice hepatosomático = 100 × peso del hígado (g)/peso corporal (g).

7Rendimiento de filetes = 100 × peso del filete (g)/peso corporal (g).

8Factor de condición = 100 × peso corporal (g)/longitud total (cm3).

En un estudio comparativo posterior de plazo más largo, Herath et al. (2016b) evaluaron los efectos de alimentar dietas a base de coproductos de maíz en el desempeño del crecimiento, color del filete y composición de tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante un período de alimentación de 24 semanas. En este estudio, las dietas consistieron de una dieta control con 10% de harina de pescado y otras cuatro dietas sin harina de pescado, pero con HP-DDG (33.2%), DDGS (52.4%), harina de gluten de maíz (23.5%) o concentrado de proteína de maíz (19.4%) para sustituir el 50% de la proteína cruda en la dieta. Los peces (con un peso corporal inicial = 21 g) alimentados con las dietas control, HP-DDG y DDGS tuvieron mayores promedios de ganancia de peso, tasa de crecimiento específica, consumo promedio de alimento, proteína, tasa de eficiencia y mejor conversión alimenticia y supervivencia que los alimentados con las dietas de harina de gluten de maíz y concentrado de proteína de maíz (**cuadro 3**). Sin embargo, no hubo efecto de los coproductos de maíz sobre la luminosidad, el enrojecimiento, amarillamiento, proteína cruda y contenido de aminoácidos totales de los filetes. Los peces alimentados con la dieta de harina de gluten de maíz tuvieron el mayor contenido de lípidos y cenizas en los filetes, mientras que la composición de ácidos grasos varió entre los tratamientos de la dieta. Los resultados de este estudio indican que la adición de HP-DDG y DDGS en las dietas sin harina de pescado a niveles de hasta el 50% de proteína cruda en la dieta no tuvo efectos negativos sobre el desempeño del crecimiento o el color del filete, pero la alimentación de dietas con harina de gluten de maíz y concentrado de proteína de maíz con esas tasas de inclusión fue perjudicial para el desempeño del crecimiento.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 3.** Comparación del desempeño del crecimiento, índices corporales y color de los filetes de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con dietas de coproductos de maíz durante 24 semanas (adaptado de Herath et al., 2016b) | | | | | |
| **Medición** | **Control** | **HP-DDG** | **DDGS** | **CGM** | **CPC** |
| ***Desempeño del crecimiento*** | | | | | |
| Ganancia de peso promedio, g | 162.2a | 160.7a | 161.4a | 88.3b | 74.9b |
| Tasa de crecimiento específica, g | 1.27a | 1.26a | 1.27a | 0.96b | 0.90b |
| Consumo promedio de alimento, g | 216.2a | 222.2a | 225.5a | 148.8b | 124.1b |
| Conversión alimenticia | 1.33b | 1.38b | 1.40b | 1.72a | 1.66a |
| Tasa de eficiencia proteica | 2.31a | 2.12a | 2.30a | 1.69b | 1.68b |
| Supervivencia, % | 97.2a | 97.2a | 97.2a | 91.7a | 52.7b |
| ***Composición corporal*** | | | | | |
| Tasa de grasa intraperitoneal | 1.99 | 2.22 | 1.50 | 2.02 | 1.34 |
| Índice hepatosomático | 2.70b | 2.70b | 1.93c | 3.45a | 2.30bc |
| Índice viscerosomático | 9.33 | 10.92 | 9.44 | 11.62 | 11.50 |
| Rendimiento de filetes | 28.16 | 27.52 | 27.34 | 27.14 | 26.37 |
| Condición del color | 2.01a | 1.83c | 1.89bc | 1.94b | 1.87bc |
| ***Medición del color del filete*** | | | | | |
| L\* | 47.8 | 48 | 47.8 | 41.5 | 41.8 |
| a\* | 1.3 | 0.7 | 1.2 | 1.8 | 2.3 |
| b\* | 3.2 | 2.3 | 2.3 | 1.3 | 2.2 |
| Croma1 | 3.5 | 2.4 | 2.7 | 1.9 | 3.3 |
| Ángulo de tono2, grados | 67.5 | 74 | 54.5 | 53.6 | 43.3 |
| ∆E3 | 0 | 1.11 | 0.97 | 6.61 | 6.22 |

a,b,cLas medias dentro del mismo renglón con diferentes superíndices son diferentes (P < 0.05).

1Croma = intensidad del color.

2Ángulo de tono = 0° para enrojecimiento y 90° para amarillamiento.

3∆E = diferencia de color total comparada con el color.

A diferencia de los estudios llevados a cabo por Herath et al. (2016a,b) en los que se alimentaron dietas con 19.4% de concentrado de proteína de maíz, Khalfia et al. (2017) alimentaron a alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con cuatro dietas isocalóricas e isonitrogenadas con menores tasas de inclusión (0, 5, 10 y 19%) de concentrado de proteína de maíz como sustituto de la harina de pescado durante 8 semanas. No hubo diferencias en el desempeño del crecimiento de los peces alimentados con las dietas de 5 y 10%, comparado con los alimentados con la dieta de 0% de concentrado de proteína de maíz; todas las dietas proporcionaron un mejor desempeño del crecimiento comparadas con la dieta de 19% de concentrado de proteína de maíz. Además, no hubo diferencias en el rendimiento de filetes y composición corporal entre los tratamientos de la dieta. Curiosamente, el tamaño del estómago fue ligeramente más pequeño y la pared estomacal más delgada en los peces alimentados con la dieta control que lo observado en los peces alimentados con las dietas de concentrado de proteína de maíz con la ayuda de un microscopio electrónico. Además, la alimentación de dietas con 10 y 19% de concentrado de proteína de maíz redujo el conteo de bacterias aeróbicas totales y coliformes comparado con los alimentados con las dietas de 0 y 5% de este concentrado. Los resultados de este estudio indican que se puede agregar hasta 10% de concentrado de proteína de maíz en las dietas de alevines de tilapia para sustituir hasta 53% de harina de pescado, sin que haya efectos negativos en el desempeño del crecimiento y la composición corporal.

Más recientemente, Ng et al. (2019) evaluaron los efectos de sustituir la harina de pescado con concentrado de proteína de maíz en el desempeño del crecimiento, utilización de nutrientes, morfología intestinal y color de la piel de tilapia roja híbrida (*Oreochromis*sp.). Se formularon cinco dietas isonitrogenadas (35% PC) e isolipídicas (1% extracto etéreo) para contener concentrado de proteína de maíz que sustituyó 0, 25, 50, 75 o 100% de la harina de pescado, que se alimentaron a grupos por triplicado de tilapia (peso promedio inicial = 10.33 g) durante 63 días. Los resultados mostraron que la sustitución de hasta 50% de harina de pescado con concentrado de proteína de maíz en las dietas de tilapia roja híbrida no tuvo efectos negativos sobre la tasa de crecimiento, utilización del alimento, conteo de hematocrito, factor de condición y morfología intestinal de la tilapia, pero al sustituir 75 o 100% de la harina de pescado, sí se observaron efectos negativos. Además, los carotenoides presentes en el concentrado de proteína de maíz aumentaron el amarillamiento de la piel en los peces alimentados con la dieta con el concentrado que sustituyó el 100% de la harina de pescado. Con un análisis de regresión, la tasa de sustitución óptima de la harina de pescado por concentrado de proteína de maíz fue de 25% para el porcentaje de ganancia de peso, 33% para la conversión alimenticia y 29% para la tasa de eficiencia proteica. Los resultados de este estudio indican que puede usarse el concentrado de proteína de maíz como única fuente de proteína vegetal para sustituir hasta el 50% de la harina de pescado en las dietas de tilapia roja híbrida.

# Resumen de las pruebas de alimentación con camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*)

Se llevaron a cabo tres pruebas de alimentación en tanques y una prueba de producción en estanque para evaluar la adición de cantidades crecientes de concentrado de proteína de maíz en el desempeño del crecimiento de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), durante varios períodos de alimentación (Yu et al., 2013). En la primera prueba en tanque, se alimentaron camarones juveniles (0.52 g de peso inicial promedio) con dietas que contenían 8% de harina de gluten de maíz y 6.5 o 13% de concentrado de proteína de maíz durante 6 semanas. La segunda prueba en tanque implicó la alimentación de camarones juveniles (0.36 g de peso inicial promedio) con dietas de 0, 4, 8 y 16% de concentrado de proteína de maíz y L-Lys sintética suplementaria para sustituir harina de soya con base isonitrogenada, junto con una dieta de 9.7% de concentrado de proteína de maíz con un perfil mejorado de aminoácidos y mayor contenido de lisina como sustituto de concentrado de proteína de maíz y L-Lys sintética durante un período de alimentación de 10 semanas. La tercera prueba en tanque implicó la alimentación de dietas con 0, 4, 8 y 16% de concentrado de proteína de maíz a camarones juveniles (0.128 g de peso corporal inicial promedio) durante una prueba de desempeño del crecimiento de 44 días. Los resultados de las dos primeras pruebas no mostraron diferencias significativas en el peso promedio final, ganancia de peso, tasa de conversión alimenticia o supervivencia. Al final de la segunda prueba, no hubo diferencias en materia seca y PC del camarón o diferencias en eficiencia de retención de proteína entre los niveles de concentrado de proteína de maíz en la dieta. No obstante, los resultados de la prueba 3 mostraron reducciones en biomasa final, peso final y conversión alimenticia en los camarones alimentados con las dietas de 8 y 12% de concentrado de proteína de maíz, comparados con los alimentados con las dietas 0 y 4% de este concentrado.

En la prueba de producción en estanque (Yu et al., 2013), se colocaron camarones juveniles (0.023 g de peso inicial promedio) en 16 estanques de producción y se alimentaron con una de cuatro dietas con 0, 4, 8 o 12% de concentrado de proteína de maíz durante un período de alimentación de 16 semanas antes de la recolección. Como se muestra en el **cuadro 3**, no hubo diferencias en peso final, rendimiento, tasa de conversión alimenticia, supervivencia y valor de producción de los camarones entre los tratamientos de la dieta. No obstante, el costo del alimento se redujo significativamente con niveles crecientes de concentrado de proteína de maíz en la dieta, lo cual resultó en menor costo del alimento/kg de camarón para aquellos alimentados con dietas 8 y 12% del concentrado, comparados con los alimentados con las dietas 0 y 4% de concentrado de proteína de maíz. Los resultados de este estudio indican que puede añadirse hasta 12% de concentrado de proteína de maíz en las dietas de juveniles de camarón blanco del Pacífico sin que se afecte el desempeño del crecimiento y al mismo tiempo reducir significativamente el costo de la dieta/kg del camarón producido.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cuadro 3.** Desempeño del crecimiento, costo del alimento y valor de producción de dietas de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) alimentado con niveles crecientes de concentrado de proteína de maíz (CPC) durante 16 semanas (adaptado de Yu et al., 2013) | | | | |
| **Medición** | **0% CPC** | **4% CPC** | **8% CPC** | **12% CPC** |
| Peso final, g | 20.51 | 17.48 | 17.17 | 18.71 |
| Rendimiento, kg/ha | 5,008 | 5,190 | 5,421 | 5,440 |
| Conversión alimenticia | 1.38 | 1.34 | 1.27 | 1.29 |
| Supervivencia, % | 64.9 | 77.6 | 83.6 | 75.9 |
| Costo del alimento, $ | 791a | 716b | 651c | 598d |
| Costo del alimento/kg de camarón | 1.60a | 1.39ab | 1.20b | 1.11b |
| Costo de producción, $ | 2,107 | 1,808 | 1,844 | 2,018 |

a,bLas medias dentro del mismo renglón con diferentes superíndices son diferentes (P < 0.05).

# Resumen de las pruebas de alimentación con gallinas ponedoras

Se llevó a cabo un estudio para evaluar el valor nutricional de agregar concentrado de proteína de maíz a las dietas de gallinas ponedoras en la producción y calidad del huevo (Herrera et al., 2019). Se alimentaron gallinas ponedoras (de 64 semanas de edad, 2.05 kg de peso corporal) con dietas isocalóricas (2,850 kcal/kg) e isonitrogenadas (15% PC) con 0, 0.5, 1, 1.5, 2 o 2.5% de concentrado de proteína de maíz durante 10 semanas. Se observaron respuestas cuadráticas de ganancia de peso corporal de la gallina, consumo de alimento, conversión alimenticia, producción de huevo, masa y peso del huevo a medida que se incrementaban los niveles de concentrado de proteína de maíz en la dieta. Los niveles crecientes del concentrado en las dietas de ponedoras también incrementaron linealmente el consumo de alimento, conversión alimenticia, grosor y resistencia a la ruptura del cascarón, así como el color de la yema. No obstante, la altura de la albúmina y las unidades Haugh no se vieron afectadas por los niveles del concentrado de proteína en la dieta. Los resultados de este estudio indican que la adición de hasta 2.5% de concentrado de proteína de maíz en las dietas de gallinas ponedoras mejora la producción de huevo.

# Conclusiones

El concentrado de proteína de maíz es un ingrediente atractivo alto en proteína como alternativa para su uso en dietas acuícolas y avícolas. Se han realizado pocos estudios para evaluar la adición de concentrado de proteína de maíz en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), los cuales indican que la alimentación de dietas con hasta 10% de concentrado de proteína de maíz o la sustitución de hasta 50% de harina de pescado en las dietas de tilapia y de hasta 12% en las de camarones proporciona un desempeño del crecimiento y una composición corporal y de filetes satisfactorias. La alimentación de gallinas ponedoras con dietas que contienen hasta 2.5% de concentrado de proteína de maíz han demostrado que mejoran la producción y calidad del huevo.

# Bibliografía

AAFCO. 2020. Association of American Feed Control Officials – Official Publication. Champaign, IL.

Brezas, A., and R.W. Hardy. 2020. Improved performance of a rainbow trout selected strain is associated with protein digestion rates and synchronization of amino acid absorption. Sci. Rep. 10:4678. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61360-0>

Davies, S.J. and P.C. Morris. 1997. Influence of multiple amino acid supplementation on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets. Aquaculture res. 28:65-74.

Gatlin, D.M., III, F.T. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T.G. Gaylord, R.W. Hardy, E. Herman, G. Hu, Å. Krogdahl, R. Nelson, K. Overturf, M. Rust, W. sealey, D. Skonberg, E.J. Souza, D. Stone, R. Wilson, and E. Wurtele. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Res. 38:551-579. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704x>

Glencross, B.D., M. Booth, and G.L. Allan. 2007. A feed is only as good as its ingredients – A review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. Aquaculture Nutr. 13;17-34.

Gomes, E.F., P. Rema, and S.J. Kaushik. 1995. Replacement of FM by plant protein in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Digestibility and growth performance. Aquaculture 130:177-186.

Gømez-Requeni, P., M. Mingarro, J.A. Calduch-Giner, F. Médale, S.A.M. Martin, D.F. Houlihan, S. Kaushik, and J. Pérez-Sánchez. 2004. Protein growth performance, amino acid utilization and somatotropic axis responsiveness to FM replacement by plant protein sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture 232:493-510. <https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00532-5>

Herath, S.S., Y. Haga, and S. Satoh. 2016a. Potential use of corn co-products in fishmeal-free diets for juvenile Nile tilapia Oreochromis niloticus. Fish Sci. 82:811-818. <https://doi.org/10.1007/s12562-016-1008-6>

Herath, S.S., Y. Haga, and S. Satoh. 2016b. Effects of long-term feeding of corn co-product-based diets on growth, fillet color, and fatty acid and amino acid composition of Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Aquaculture 464:205-212. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.032>

Herrera, A., M. Ortiz, H. Torrealba, and C.H. Ponce. 2019. Effects of corn protein concentrate levels on egg production and egg quality parameters of commercial layers. J. Anim. Sci. 97(Suppl. 3):345. <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.688>

Khalifa, N.S.A., I.E.H. Belal, K.A. El-Tarabily, S. Tariq, and A.A. Kassab. 2017. Evaluation of replacing FM with corn protein concentrate in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings commercial diet. Aquac. Nutr. 24:143-152. <https://doi.org/10.1111/anu.12542>

Krogdahl, Å., M. Penn, J. Thorsen, S. Refstie, and A. Bakke. 2010. Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: An update on recent findings regarding responses in salmonids. Aquaculture Res. 41:333-344.

Martin, S.A.M., O. Vilhelmsson, F. Médale, P. Watt, S. Kaushik, and D.F. Houlihan. 2003. Proteomic sensitivity to dietary manipulations in rainbow trout. Biochim. Biophys. Acta. 1651:17-29. doi:10.1016/s1570-9639(03)00231-0

Naylor, R.L., R.W. Hardy, D.P. Bureau, A. Chiu, M. Elliott, A.P. Farrell, I. Forster, D.M. Gatlin, R.J. Goldburg, K. Hua, and P.D. Nichols. 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. Proc. Natl. Acad. Sci. 106:15103-15110. Doi:10.1073/pnas.0905235106

Ng, W.-K., T.-C. Leow, and R. Yossa. 2019. Effect of substituting fishmeal with corn protein concentrate on growth performance, nutrient utilization and skin coloration in red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. Aquaculture Nutr. 25:1006-1016. <https://doi.org/10.1111/anu.12918>

Refstie, S., Ø. Korsøen, T. Storebakken, G. Baeverfjord, I. Lein, and A. Roem. 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 190:49-63. doi:10.1016/S0044-8486(00)00382-3

Yu, D., X. Fang, Y. Zhou, M. Rhodes, and D.A. Davis. 2013. Use of corn protein products in practical diets for the Pacific White shrimp. Avances En Nutrición Acuicola. <https://nutricionacuicola.uani.mx/index.php/acu/article/view/62>