DE LAS PLANTAS FRIGORÍFICAS BRASILEÑAS AL ALIMENTO BALANCEADO ECUATORIANO
La matriz nutricional como una variable bajo control de la acuicultura ecuatoriana

Harinas, grasas y hemoderivados de origen animal brasileños como herramientas para la eficiencia nutricional, la competitividad y la circularidad en la producción acuícola del Ecuador

**Por Maínne Xavier | Departamento Técnico de ABRA*

> *Ecuador ya ha demostrado que sabe producir. En 2024, fue el segundo mayor productor de animales acuáticos cultivados (acuicultura) de América Latina y el Caribe, solo detrás de Chile, y durante el primer semestre de 2026 generó US$ 4.7 billones únicamente con la producción de camarones.*
> *Pero cuatro factores, ninguno de ellos bajo control de Ecuador, están redefiniendo el escenario al mismo tiempo: las restricciones sanitarias intermitentes de China, la inestabilidad arancelaria en Estados Unidos, la crisis en el estrecho de Ormuz y la peor temporada de anchoveta peruana en una década —la principal materia prima histórica para la producción de harina de pescado. Ninguno de estos cuatro factores está bajo el control de la industria ecuatoriana.*
> *Pero existe una quinta variable, dentro de la propia cadena, que sí está completamente bajo su control: la matriz del alimento balanceado.*

1. El tamaño de la oportunidade



*APROBAL y Banco Central del Ecuador.

Ecuador no está descubriendo la acuicultura. El país ya ha demostrado su capacidad para transformar recursos naturales, tecnología, genética, manejo y acceso a los mercados internacionales en una de las cadenas acuícolas más competitivas de América Latina.

El camarón ocupa una posición central en la producción acuícola y en las exportaciones ecuatorianas. En 2025, el país exportó aproximadamente 1,39 millones de toneladas de camarón, generando alrededor de US$ 7.480 millones; China, la Unión Europea y Estados Unidos concentraron la mayor parte de estos volúmenes.

La producción acuícola del Ecuador también se inserta en una tendencia regional más amplia. Según la FAO, la producción de animales acuáticos cultivados en América Latina y el Caribe creció, en promedio, 7,2% al año, frente a 4,9% al año a nivel mundial, entre 2000 y 2024. Ecuador produjo cerca de 1,2 millones de toneladas de animales acuáticos cultivados en 2024, posicionándose entre los principales polos acuícolas de la región.

La magnitud de estas cifras evidencia la importancia económica de la alimentación dentro de la cadena acuícola. Pero también plantea una pregunta: ¿cómo mantener la eficiencia nutricional, el desempeño productivo y la competitividad cuando las condiciones de oferta y precio de los ingredientes utilizados en las formulaciones están sujetas a cambios cada vez más frecuentes?

Por ello, la eficiencia de la formulación deja de ser solamente una cuestión nutricional. Pasa a ser también una cuestión económica.

2. Un mercado global, una cadena cada vez más exigente, una formulación sometida a múltiples presiones

El crecimiento de la acuicultura ecuatoriana ocurre en una cadena fuertemente integrada al mercado internacional. China, Estados Unidos y Europa concentran cerca del 90% de los embarques de camarón del país, y China representa aproximadamente el 49,5% del volumen exportado en 2025. El acuerdo de libre comercio entre Ecuador y China, vigente desde mayo de 2024, amplió el acceso comercial entre ambos países.

Como toda cadena internacionalizada, está expuesta a diferentes requisitos sanitarios, regulatorios y comerciales. En 2024 se produjeron suspensiones de establecimientos ecuatorianos para la exportación a China, y en 2026 se registraron nuevas restricciones, incluidos controles relacionados con residuos de metabisulfito. Estados Unidos y la Unión Europea, por su parte, cuentan con sus propios requisitos de comercio, inocuidad de los alimentos, trazabilidad y cumplimiento normativo.

> *Estas presiones no terminan en el mercado de destino. Llegan hasta la formulación.*

La producción de alimentos balanceados para animales de producción y mascotas depende de materias primas cuya disponibilidad y costo están sujetos a las cosechas, la pesca, el clima, la logística, la volatilidad del dólar y la demanda internacional.

> En 2026, la primera temporada de anchoveta en la zona Norte-Centro del Perú fue establecida en 1,914 millones de toneladas, frente a 3 millones de toneladas en 2025. En Perú y Chile, la reducción de las cuotas, sumada a las condiciones oceanográficas y al riesgo asociado a El Niño, contribuyó a presionar el mercado de harina y aceite de pescado. Según la FAO, en mayo, la harina de pescado peruana super prime alcanzó aproximadamente US$ 2.500/t, frente a cerca de US$ 1.400/t un año antes.

En el estudio de Boyd et al. (2021), realizado en 101 granjas camaroneras en Ecuador, el uso estimado de pescado silvestre asociado a la harina y al aceite de pescado utilizados en el alimento fue de 0,65 t de pescado silvestre por tonelada de camarón producido; el mismo estudio estimó aproximadamente 5–6,6% de harina de pescado y 2–3% de aceite de pescado en los alimentos balanceados ecuatorianos.

En Ecuador, la presión también se observa en las materias primas energéticas. APROBAL, la asociación que representa a los fabricantes de alimentos balanceados del Ecuador, estima un déficit estructural de aproximadamente 700 mil toneladas de maíz, reforzando el papel de las importaciones en el abastecimiento de la industria de alimentos para animales de producción y mascotas.

3. Pero, ¿qué alimenta este crecimiento?

Alimento balanceado. Y, detrás de él, una matriz nutricional cada vez más presionada.

En la acuicultura intensiva, el alimento balanceado representa una de las principales herramientas para satisfacer los requerimientos nutricionales de cada especie y etapa productiva. Y cuando el 40% de la producción de alimento balanceado de un país está concentrada en una sola cadena acuícola (el camarón), cualquier innovación relevante en formulación deja de ser un detalle nutricional y pasa a ser una variable estratégica de competitividad.

Para quien formula, esto significa trabajar simultáneamente con proteína y aminoácidos, energía, lípidos, minerales, digestibilidad, palatabilidad, estabilidad y costo, mientras la disponibilidad y el precio de las materias primas pueden cambiar rápidamente.

> *Cada materia prima tiene una composición propia. El contenido de proteína y el perfil de aminoácidos, la energía, los minerales, los lípidos y la digestibilidad determinan diferentes posibilidades de uso en la formulación.*
> *A partir de estas características podemos analizar individualmente las harinas, grasas y hemoderivados de origen animal y comprender su contribución a la alimentación de camarones y peces.*

Los camarones y los peces presentan requerimientos nutricionales distintos, que varían según la especie, la etapa productiva y el sistema de producción.

Las harinas de carne y huesos, de vísceras de aves, de plumas hidrolizadas, de sangre, las grasas y otros ingredientes de origen animal poseen características nutricionales propias y pueden ocupar diferentes posiciones dentro de esta matriz. Conocer estas características es el primer paso para comprender dónde puede encajar cada ingrediente en la formulación.

3.1. Particularidades de las harinas de origen animal en las dietas de camarón y tilapia

El mundo compra camarón, pero quien compra el alimento balanceado está comprando desempeño.

Las harinas de carne y huesos, de vísceras de aves, de plumas hidrolizadas, de sangre y otros productos obtenidos del procesamiento de residuos de faena no destinados al consumo humano presentan características nutricionales y posibilidades de utilización diferentes. No son ingredientes equivalentes.

La variabilidad de la materia prima y del procesamiento puede modificar significativamente su valor nutricional, por lo que la caracterización del producto utilizado en la formulación es fundamental.

- **Harina de carne y huesos bovina (MBM):** esta harina presenta tres características principales: el contenido de proteína y aminoácidos esenciales, y de calcio y fósforo. En camarón *Litopenaeus vannamei*, un estudio publicado en la revista Aquaculture evaluó dietas prácticas con sustitución creciente de harina de pescado por MBM y constató que, hasta un 60% de sustitución, no hubo diferencias significativas en crecimiento, supervivencia, conversión alimenticia, tasa de eficiencia proteica ni composición corporal con respecto al control; solo con niveles más altos de sustitución el desempeño disminuyó significativamente. Esto se suma al dato ya presentado del estudio brasileño con la misma especie (Vieira et al., 2022), en el cual la MBM alcanzó una digestibilidad aparente de la proteína de 71,2%, la más alta entre los subproductos terrestres evaluados en el experimento, superior incluso a la harina de vísceras de aves, que presentó 62,8%, y a la harina de pescado marino brasileña evaluada en paralelo, con 59,7%.
  En tilapia del Nilo, un estudio de Gomaa y El Moghazy (2014) evaluó niveles de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de sustitución de harina de pescado por MBM y concluyó que la harina de carne y huesos puede sustituir de manera segura hasta el 50% de la harina de pescado en la dieta, sin perjudicar el desempeño productivo, aunque desde el punto de vista económico, el 25% de sustitución presentó la mejor relación costo-beneficio en el experimento.

- **Harina de sangre bovina:** con un contenido de proteína cruda típicamente superior al 85% y un perfil de aminoácidos concentrado en lisina (el aminoácido más limitante en dietas de monogástricos basadas en maíz y soya, además de presentar buenos niveles de treonina, valina y arginina), la harina de sangre presentó, en el mismo estudio brasileño de Vieira y colaboradores (2022), una digestibilidad aparente de la proteína de 48,6%, lo que refuerza su papel como herramienta para el ajuste del perfil de aminoácidos de las dietas. También aporta hierro altamente biodisponible, en forma de hierro hemo, relevante para el metabolismo respiratorio de camarones y peces en sistemas de cultivo intensivo, reduciendo el costo de la matriz nutricional de engorde sin comprometer la palatabilidad.
  En un estudio reciente de Bootyothee et al. (2026), se evaluó la sustitución de 25%, 50% y 75% de la proteína de la harina de pescado en la dieta de alevines, correspondientes a aproximadamente 6,25%, 12% y 17,25% de harina de sangre en la dieta. El tratamiento con 50% de sustitución presentó un desempeño superior al control, principalmente en ganancia de peso y conversión alimenticia.

- **Plasma y hemoglobina bovina:** presentan evidencia sólida de efectos nutricionales y funcionales sobre el desempeño, principalmente en etapas más sensibles de la producción. Estos dos ingredientes se asocian con una alta calidad proteica y con la presencia de proteínas y péptidos que actúan sobre la respuesta intestinal e inmunitaria. Un estudio realizado en la Universidad Kasetsart (Tailandia) evaluó plasma secado por aspersión (spray-dried plasma) en dietas para *L. vannamei* y observó mejoras en crecimiento, supervivencia, utilización del alimento, respuestas inmunitarias y resistencia a la infección por *Vibrio parahaemolyticus* con el aumento de la inclusión en la dieta (entre 1,5 y 6%).
  En juveniles de tilapia, niveles cercanos al 5% de sustitución de harina de pescado se asociaron con respuestas positivas en crecimiento, conversión alimenticia, resistencia al estrés, perfil hematológico y relación vellosidad:cripta en el trabajo de Araújo (2017).

- **Harina de carne y huesos de aves (PBM):** Yu (2004) la describe como el ingrediente terrestre nutricionalmente más cercano a la harina de pescado, con digestibilidades de proteína y energía superiores al 88% (frente al 80% de la harina de pescado). En camarón, la misma revisión señala un 70% como tasa óptima de sustitución de harina de pescado por PBM, la más alta entre los ingredientes de origen animal terrestre evaluados para la especie, con un rango de inclusión recomendado de 18% a 25% de la dieta, manteniendo el consumo, la supervivencia, la composición de la carcasa y las características sensoriales.
  En tilapia, existe evidencia de una utilización eficiente de PBM: Hernández et al. (2010) evaluaron la sustitución completa de la proteína de la harina de pescado en juveniles. La dieta con PBM presentó un desempeño y una utilización del alimento estadísticamente similares al control con harina de pescado, cuando las dietas fueron formuladas con base en proteína y energía digestibles. La digestibilidad aparente de la proteína de la PBM alcanzó 98,1%.

- **Harina de plumas hidrolizadas:** aunque su estructura natural es rica en queratina, el proceso de hidrólisis convierte este ingrediente en una fuente proteica viable y económica, además de aportar aminoácidos azufrados. En el estudio brasileño con *L. vannamei* (Vieira et al., 2022), la digestibilidad aparente de la proteína fue de 45,9%, el valor más bajo entre los ingredientes terrestres evaluados, lo que refuerza su uso como fuente de aminoácidos azufrados (cistina, cisteína y metionina), y no como fuente proteica aislada.
  En tilapia, trabajos con aproximadamente 8% de sustitución de harina de pescado por harina de plumas, con suplementación de aminoácidos, demuestran que la tasa de crecimiento específico no se ve afectada cuando la formulación está correctamente balanceada (Piñeros-Roldán et al., 2014; Hernández et al., 2010), confirmando que la harina de plumas adecuadamente procesada tiene un lugar técnico definido en la matriz, especialmente en las etapas de crecimiento y engorde. Cuando además recibe tratamiento enzimático, su aprovechamiento puede mejorar aún más.

- **Harina de vísceras de aves:** es un sustituto robusto de la harina de pescado, con un buen balance de aminoácidos esenciales. Su composición puede variar según la proporción y calidad de las vísceras utilizadas y el procesamiento, por lo que es importante considerar la proteína y los nutrientes digestibles, y no solamente la proteína cruda. Entre los ingredientes evaluados en el estudio brasileño

con *L. vannamei* , presentó una digestibilidad aparente de la proteína de 62,8% (Vieira et al., 2022), mientras que la literatura internacional reporta valores entre 78,7% y 90,4% (Cruz-Suárez et al., 2007), lo que representa la mayor amplitud entre los ingredientes analizados.
En tilapia, la harina de vísceras de aves pudo incluirse hasta en un 18% de la dieta para alevines sin efectos negativos sobre el desempeño productivo, el consumo, la conversión alimenticia o los índices hepatosomáticos, y con una reducción considerable de los costos de formulación (estudio citado por Piñeros-Roldán et al., 2014).

- **Sebo bovino y aceite de aves:** el perfil de ácidos grasos y la estabilidad oxidativa (que dependen directamente de la especie de la materia prima, del procesamiento y de otros factores) determinan la aplicación técnica de cada grasa en la matriz lipídica de la formulación. Este aspecto, más que el precio por tonelada, es el criterio que orienta la elección del formulador. El sebo bovino y la grasa de aves pueden aportar energía y sustituir una parte significativa del aceite de pescado, pero el aceite de pescado también aporta EPA/DHA. Por ello, la literatura deja claro que la sustitución del 100% solo es posible cuando existe suplementación con fuentes de estos LC-PUFA. El trabajo de Arambul-Muñoz y colaboradores (2024) con camarones lo demuestra claramente; incluso, el uso de diferentes fuentes de energía (aceites) con suplementación presentó resultados más favorables en conversión alimenticia, índices hepatosomáticos y tasa de supervivencia.
  Incluso en las harinas proteicas de origen animal, la fracción lipídica tiene un valor nutricional propio. Un estudio de Nates y Suresh (2011) comparó harina de subproductos avícolas integral y desengrasada en dietas para camarón tigre negro y constató una disminución de la ganancia de peso a medida que se retiraba la grasa del ingrediente: una evidencia de que los fosfolípidos, el colesterol y los ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de las harinas animales contribuyen activamente al desempeño del camarón.

3.2. Estrategias de formulación

Camarón (*Litopenaeus vannamei*)

Las dietas para postlarvas y juveniles generalmente requieren entre 35% y 40% de proteína cruda; en la etapa de crecimiento/engorde, el requerimiento se reduce a 30%–35% (NRC, 2011).

- Estrategias experimentales de sustitución

Autores	Ingredientes	Sustitución de la HP	Resultado principal
Cruz-Suárez et al., 2007	PBM	hasta 80%	desempeño y FCR sin perjuicio significativo
Forster et al., 2003	MBM	25–75%	respuesta dependiente del origen de la MBM

Ye et al., 2011	MBM + PBM + sangre + gluten de maíz	hasta 78,4%	mayor importancia del nivel de proteína de la dieta
Nunes et al., 2022	MBM/PBM/sangre/plasma/plumas	diferentes matrices	crecimiento + digestibilidad + atractabilidad
Arambul-Muñoz et al., 2024	grasa de aves + otras fuentes + DHA	hasta 100% del aceite de pescado	viable con corrección de DHA

Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

La tilapia requiere diferentes niveles de proteína según su desarrollo: los alevines menores de 1 g requieren aproximadamente 45% de proteína cruda (PC); de 1 a 30 g, requieren entre 30% y 40% de PC; durante la etapa de crecimiento (30 a 250 g), entre 30% y 35% de PC; y en la etapa de terminación (>250 g), entre 25% y 35% de PC.

- Ejemplo[1] de dieta para alevines, con sustitución del 100% de la harina de pescado:

Ingredientes	Inclusión (%)
Harina de maíz	25,93%
Concentrado proteico de soya	22,28%
Arroz partido	10,00%
Harina de vísceras de aves	10,00%
Harina de plumas hidrolizadas	6,80%
Harina de sangre	5,00%
Gluten de maíz (60%)	5,00%
Aceite de soya	3,28%
Hidrolizado mixto (aves y porcinos)	3,00%
Levadura de alcohol	2,00%
Fosfato dicálcico	1,98%
Gluten de trigo	1,00%
Carbonato de calcio	0,65%
Aminoácidos sintéticos (lisina 0,56%, treonina 0,56%, metionina 0,54%)	1,66%
Cloruro de sodio (sal)	0,50%
Premezcla vitamínico-mineral y aditivos (vit. C, colina, BHT, antifúngico)	0,92%
TOTAL	100,00%

Perfil nutricional alcanzado: aproximadamente 39,5% de PC y 3.462 kcal/kg de energía digestible

- Ejemplo[2] de dieta de costo mínimo para crecimiento/engorde:

Ingredientes	Inclusión (%)
Harina de soya	44,90%
Maíz	36,00%
Harina de carne y huesos (bovina/porcina)	13,80%
Aceite de soya	2,10%
Fosfato dicálcico	1,50%
Suplemento vitamínico y mineral (premezcla)	1,00%
Carbonato de calcio	0,50%
DL-metionina	0,24%
TOTAL	100,00%

Perfil nutricional alcanzado: 31,2% de PC y 2.979 kcal/kg de energía digestible

El uso combinado de las harinas de origen terrestre (vísceras, plumas, sangre, carne y huesos e hidrolizados) permite una gran flexibilidad en la formulación. Es perfectamente posible eliminar la dependencia de la harina de pescado (ejemplo 1) o reducir drásticamente los costos asociados a las proteínas vegetales (ejemplo 2), manteniendo alimentos altamente atractivos, balanceados y con una conversión alimenticia esperada.

> *Una harina de alta densidad proteica puede tener mayor importancia en la etapa inicial, mientras que durante el engorde la matriz puede reorganizarse para reducir costos sin comprometer los aminoácidos digestibles ni la energía para ambas especies.*

La transición nutricional en la acuicultura moderna exige estrategias que integren eficiencia productiva, viabilidad económica y responsabilidad ambiental. La sustitución de la harina de pescado por harinas de origen animal terrestre (carne y huesos, vísceras, plumas, sangre e hidrolizados) se consolida como la solución definitiva para el cultivo intensivo de camarones y tilapias. Estos ingredientes de origen animal aportan un excelente perfil de aminoácidos esenciales, energía y minerales altamente biodisponibles (como calcio y fósforo), y están libres de los compuestos antinutricionales comúnmente encontrados en las fuentes vegetales, como el fitato. Además de no afectar negativamente indicadores de desempeño, como la ganancia de peso y la conversión alimenticia aparente, su uso estratégico y combinado promueve el desarrollo estructural, la salud intestinal y la respuesta inmunitaria de los lotes. Para el productor, el aprovechamiento inteligente de esta matriz garantiza una reducción significativa de los costos de alimentación, un aspecto clave de la producción animal. Desde el punto de vista ecológico, mitiga la contaminación ambiental al dar un destino seguro y de alto valor agregado a los residuos de faena, con una huella de carbono neutra/cero, consolidando una acuicultura más sostenible, independiente de recursos extractivos y altamente rentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, E. P., A. C. R. Silva, M. R. F. Oliveira, A. P. M. M. F. P. P. N. et al. 2017. Dietary spray-dried plasma enhances the growth performance, villus:crypt ratio and cold-induced stress resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 479:675–681. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.07.003.

Boyd, C. E., R. P. Davis, A. G. Wilson, F. Marcillo, S. Brian, and A. A. McNevin. 2021. Resource use in whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* farming in Ecuador. J. World Aquac. Soc. 52:772–788. doi:10.1111/jwas.12818.

Bootyothee, K., A. Phromthep, T. Hemadhulin, S. Arungamol, A. Butna, and A. Sorin. 2026. Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed blood meal from Pon-Yang-Kham fattening cattle. Vet. Integr. Sci. 24:1–14. doi:10.12982/VIS.2026.044.

Chuchird, N., T. Rairat, A. Keetanon, P. Phansawat, C.-C. Chou, and J. Campbell. 2021. Effects of spray-dried animal plasma on growth performance, survival, feed utilization, immune responses, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* infection of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). PLoS One 16:e0257792. doi:10.1371/journal.pone.0257792.

Cruz-Suárez, L. E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, D. Villarreal-Cavazos, M. Nieto-López, and C. Guajardo-Barbosa. 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. Aquaculture 272:466–476. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.04.084.

Eulalio Arambul-Muñoz, L. A., L. A. Galindo-Valdez, and M. T. Viana. 2024. Effect of using a fat mixture to replace partial to total fish oil in diets for *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 579:740262. doi:10.1016/j.aquaculture.2023.740262.

Forster, I. P., W. Dominy, L. Obaldo, and A. G. J. Tacon. 2003. Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Aquaculture 219:655–670. doi:10.1016/S0044-8486(02)00457-X.

Gomaa, A. H. M., and G. M. El Moghazy. 2014. Effect of replacing fish meal with meat and bone meal in Nile tilapia (*O. niloticus*) diets. 1—Nutritional evaluation and safety assessment study. J. Anim. Poult. Prod. 5:365–376. doi:10.21608/jappmu.2014.70515.

Hernández, C., M. A. Olvera-Novoa, R. W. Hardy, A. Hermosillo, et al. 2010. Complete replacement of fish meal by porcine and poultry by-product meals in practical diets for fingerling Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Digestibility and growth performance. Aquac. Nutr. 16:44–53. doi:10.1111/j.1365-2095.2008.00639.x.

Nates, S. F., and A. V. Suresh. 2011. Fat components, energy in poultry byproduct meal provide valuable nutrients to shrimp. Glob. Aquac. Advocate. November/December 2011. Global Seafood Alliance.

National Research Council (NRC). 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academies Press, Washington, DC.

Piñeros-Roldán, A. J., et al. 2014. Sustitución total de la harina de pescado por subproductos avícolas suplementados con aminoácidos en dietas para juveniles de *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. Orinoquia 18:2.

Tan, B., K. Mai, S. Zheng, Q. Zhou, L. Liu, and Y. Yu. 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). Aquac. Res. 36:439–444. doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01223.x.

Vieira, C. C. F., R. C. C. Pinto, A. F. Diógenes, and A. J. P. Nunes. 2022. Apparent digestibility of protein and essential aminoacids from commonly used feed ingredients in Brazil for juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*. Rev. Bras. Zootec. 51:e20210177. doi:10.37496/rbz5120210177.

Yang, Q., X. Zhou, Q. Zhou, B. Tan, S. Chi, and X. Dong. 2009. Apparent digestibility of selected feed ingredients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone. Aquac. Res. 41:78–86. doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02307.x.

Ye, J.-D., K. Wang, F.-D. Li, Y.-Z. Sun, and X.-H. Liu. 2011. Incorporation of a mixture of meat and bone meal, poultry by-product meal, blood meal and corn gluten meal as a replacement for fish meal in practical diets of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at two dietary protein levels. Aquac. Nutr. 17:e337–e347. doi:10.1111/j.1365-2095.2010.00768.x.

Yu, Y. 2004. Replacement of fishmeal with poultry byproduct meal and meat and bone meal in shrimp, tilapia and trout diets. In: R. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M. Nieto-López, D. Villarreal-Cavazos, U. Scholz, and M. González, editors, Avances en Nutrición Acuícola VII: Memorias del VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. pp. 1–11. Hermosillo, México.