

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MATERIAS PRIMAS USADAS
EN DIETAS DE TRUCHA ARCO IRIS (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)**

FERNANDO ISEA, ANA LUISA MEDINA¹, BERTHA SANTIAGO¹
Y DANIEL SALCEDO²

*Programa Doctoral en Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería, Universidad
de los Andes, Mérida (ULA-Mérida), Venezuela
Fax: 0274-2403473, fernandoisea@yahoo.es*

¹*Grupo Ecología y Nutrición, Departamento de Ciencia de los Alimentos,
Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes,
Mérida (ULA-Mérida), Venezuela
analui52@yahoo.com, cate@ula.ve*

²*Laboratorio Regional de Servicios Analíticos (LARSA), Facultad de Ciencias,
Escuela de Química, Universidad de los Andes,
Mérida (ULA-Mérida), Venezuela
salcedoster@gmail.com*

Resumen. Se realizó un análisis físico-químico de materias primas de origen animal y vegetal, para la formulación de alimento concentrado para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), con el objeto de conocer la calidad de las mismas. Las muestras nacionales de origen animal fueron: harina de lombriz Farmacia (HLF), harina de lombriz Trujillo (HLT), harina de pescado Cumana (HPC), harina de carne y hueso (HCH), y las de origen vegetal: afrecho de trigo (AFT), harina de maíz amarillo (HMA), harina de hojas de leucaena (HHL) más tres productos comerciales, dos nacionales A, B y uno importado C. Los análisis fueron realizados (por triplicado) de acuerdo a lo establecido en la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC), en el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos y el Laboratorio Regional de Servicios Analíticos (LARSA), Universidad de los Andes, estado Mérida, Venezuela. Las muestras presentaron diferencias significativas ($P < 0,001$); y los resultados obtenidos en porcentaje (%) variaron para proteína entre 8,5 y 61,5; grasa: 2,3 y 13,8; cenizas: 1,4 y 31,3; humedad: 3,5 y 17,9 y extractos no nitrogenados: 3,6 y 74,5. La harina de lombriz farmacia (HLF) y harina de pescado Cumana (HPC) presentaron % interesantes de proteína (HLF: 61,5 y HPC: 61,4) y lípidos (HLF: 10,7 y HPC: 10,3). Las materias primas presentaron niveles de micronutrientes favorables y concentraciones de metales pesados que cumplen con la normativa de la Asociación Americana de Control Oficial de Alimentos (AAFCO), exceptuando a la HLF. *Recibido: 26 febrero 2007, aceptado: 03 mayo 2007.*

Palabras clave: alimentos, *Oncorhynchus mykiss*, trucha arco iris, dieta, materias primas, composición química, micronutrientes, Venezuela.

CHEMICAL COMPOSITION OF RAW MATERIALS USED IN DIETS OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

Abstract. We determined the physico-chemical properties of both animal and plant raw materials, to better know the quality of concentrated food diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Venezuela. Animal origin samples included: earthworm Pharmacy flour (HLF), earthworm Trujillo flour (HLT), Cumana fish flour (HPC), and meat and bone flour (HCH), and those of vegetal origin were: wheat bran (AFT), yellow corn flour (HMA), and leucaena leaf flour (HHL), as well as three commercial products: two national (A and B), and one imported (C). Analyses were performed (in triplicate) at the Food Sciences Laboratory, Faculty of Pharmacy and Bioanalysis, and at the Regional Laboratory of Analytical Services (LARSA), Faculty of Sciences, University of Los Andes, according to Association of Official Analytical Chemists (AOAC) methods. Samples showed significant differences ($P < 0.001$). Results (%) for protein were 8.5-61.5, fat (2.3-13.8), ash (1.4-31.3), humidity (3.5-17.9), and non-nitrogenated extracts (3.6-74.5). Earthworm Pharmacy flour (HLF) and Cumana fish flour (HPC) presented interesting percentages of protein (HLF: 61.5% and HPC: 61.4%), and lipids (HLF: 10.7% and HPC: 10.3%). Raw materials present favorable levels of micronutrients, and except for HLF, heavy metal concentrations comply with norms established by the Association of American Feed Control Officials (AAFCO). *Received: 26 February 2007, accepted: 03 May 2007.*

Key words: foods, *Oncorhynchus mykiss*, rainbow trout, diet, raw materials, chemical composition, micronutrients, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie de salmónido que se cultiva en Venezuela desde el año 1937 (Bastardo 1994), la cual constituye un recurso biológico de gran relevancia para las zonas altas andinas del estado Mérida. Al inicio del cultivo, en las truchiculturas hacia el año 1937, la alimentación se realizaba utilizando alimento fresco (vísceras de res). Posteriormente, la empresa privada comenzó una línea de alimentos para esta especie de pez, luego se incorporaron otras empresas privadas que se dedicaban a la formulación de alimentos para todo tipo de animales, las cuales no han tenido una producción sostenible ni en calidad, ni en disponibilidad (Bastardo *et al.* 1997). En Venezuela no existen industrias productoras de harina de pescado de calidad como las producidas en Chile o Perú, que se

basan en el uso de la anchoveta entera, entre otras, para fabricar la harina. Además, existen en Venezuela ciertas restricciones que establecen como prioridad que las especies de peces abundantes sean destinadas para consumo humano o para la fabricación de enlatados. Las pesqueras, por lo tanto, venden a las procesadoras de alimentos concentrado para animales, los residuos: cabeza, colas, huesos, escamas y vísceras del pescado con los cuales fabrican la harina de pescado cuya cantidad y calidad es desconocida (León y Angulo 1989). Probablemente la baja calidad de este alimento ha influido en la salud de las truchas arco iris, ocasionando problemas nutricionales y enfermedades como hepatomas y hepatocarcinomas presentes en los criaderos (Bastardo *et al.* 1997). Una de las principales tareas sería la selección de ingredientes adaptados a las necesidades de los peces, que sean económicos y disponibles localmente de manera que podrían emplearse en la preparación de un alimento balanceado, lo que comprendería el análisis de su calidad nutritiva y microbiológica. Basándose en la información obtenida, se podría implementar la preparación de alimentos completos de calidad, de acuerdo a las exigencias nutricionales de las especies a las cuales sea destinado. En todo caso, los ingredientes deberían ser abundantes, disponibles todo el año y/o poder ser sustituidos por productos locales (FAO 1979).

Actualmente en Venezuela existe una deficiencia de formulaciones alimenticias de buena calidad que permitan un desarrollo y crecimiento armonioso en las truchas, la base de estas dietas es la harina de pescado importada de Perú, la cual es costosa. De acuerdo a esto, las empresas venezolanas deberían dirigirse a fabricar varios alimentos concentrados, unos con harinas de pescado nacional de buena calidad para permitir una sustitución parcial o completa de la harina importada, otros con materias primas que permitan la sustitución de la harina de pescado, evitando así la sobre-explotación marina. Lamentablemente, la harina de pescado nacional, en estudios previos, ha sido calificada como de baja calidad, debido a que es preparada a partir de residuos de la industria conservera, y además que los residuos después del beneficio pasan mucho tiempo sin refrigeración, lo cual trae como consecuencia otros problemas por efecto microbiológico, que reducen su valor biológico. Es por tanto necesario realizar otras evaluaciones de esta materia prima para dar un veredicto sobre las necesidades de control durante su elaboración, que permitan mejorar su calidad.

Existe la necesidad de buscar otras alternativas en cuanto a materias primas, fuentes de proteínas de alto valor biológico, aunque se sabe que la harina de pescado es la materia prima indispensable para la acuicultura. Estas posibles fuentes de proteína deben permitir la sustitución parcial o total de la

harina de pescado importada, reduciendo de esta manera el costo del producto y garantizando la calidad del mismo. En este trabajo se determina la calidad físico-química de la harina de pescado nacional y algunas materias primas nacionales con potencialidad para la elaboración de alimentos balanceados para truchas, así como dos dietas comerciales nacionales y una importada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este ensayo se realizó en el Departamento de Ciencia de Alimentos específicamente en el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes, estado Mérida, Venezuela.

Se analizaron materias primas de origen animal [harina de lombriz farmacia (HLF), harina de lombriz Trujillo (HLT), harina de pescado Cumana (HPC) y harina de carne-hueso (HCH)], de origen vegetal [afrecho de trigo: *Triticum aestivum* (AFT), harina de maíz (*Zea mays*) amarillo (HMA) y harina de hoja de leucaena: *Leucaena Leucocephala* (HHL)], y tres productos comerciales, dos nacionales (A y B) y uno importado (C).

ANÁLISIS QUÍMICO

Se efectuó el análisis proximal, donde se determinó el % de humedad, ceniza, grasa y proteína, de acuerdo a lo establecido por la AOAC (1999), y el % de extractos no nitrogenados por diferencia. Todas las muestras se procesaron por triplicado.

Del mismo modo, se efectuó la determinación de minerales o micronutrientes, divididos en macroelementos (Ca, Na, Mg, K), microelementos o trazas (Cu, Fe, Zn, Ni) y elementos de contaminación (As, Pb, Se, Cd). Estos fueron procesados en el Laboratorio Regional de Servicios Analíticos (LARSA) de la Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, mediante una digestión total ácida de la muestra. A 0,5 g de la misma, se le realizó un tratamiento con ácido nítrico (5,6 mL) y ácido sulfúrico (2,5 mL), en caliente (50 °C) por 1 h y 20 min, posteriormente se realizó un filtrado y se transfirió a un balón de 25 mL aforado completando dicho volumen con agua Milli-Q.

Para el análisis de minerales y metales se utilizó un espectrómetro de emisión atómica con fuente de plasma inductivamente acoplado ICP Liberty AX Serie II, con nebulizador concéntrico de vidrio tipo Meinhard y una cámara de nebulización ciclónica como sistema de introducción de muestra, además de una antorcha de pieza única dispuesta de un tubo inyector de 2,3

mm de diámetro interno marca VARIAN, conformaron la configuración del equipo utilizado para la detección y cuantificación de los analitos. Soluciones certificadas; unielemental de 1.000 ppm para el caso del calcio (Ca), sodio (Na), hierro (Fe), potasio (K) y magnesio (Mg) y multielemental de 50 ppm para los analitos cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn), níquel (Ni), selenio (Se), cadmio (Cd), plomo (Pb) y arsénico (As) de VARIAN; se utilizaron para la preparación de soluciones de trabajo diluidas, en agua doblemente desionizada con 18 MΩcm, proveniente de un sistema Millipore Milli-Q Plus y acidificadas al 1% con Ácido Nítrico (HNO₃ 65%) de Fluca. Todo el material empleado fue previamente expuesto en HNO₃ al 20% v/v durante 48 h y luego lavado con agua desionizada 10 veces antes de ser utilizado. Después de optimizar los parámetros instrumentales tales como: potencia de RF aplicada, presión del gas de nebulización, cantidad de solución suministrada al nebulizador por la bomba peristáltica y seleccionadas las longitudes de onda de trabajo para cada uno de los analitos en estudio, se procedió a la determinación de las medidas de intensidades de emisión de las soluciones patrón, estableciéndose la robustez del plasma y la cuantificación de las muestras problemas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cada muestra se analizó por triplicado, y se utilizó un análisis estadístico de MANOVA (Análisis de varianza múltiple), con un nivel de significancia de $P < 0,001$. También se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan con $\alpha = 0,05$, para la determinación de subconjuntos homogéneos o no. Estos cálculos se efectuaron utilizando el programa estadístico SPSS (Statistical Product and Service Solutions) versión 13, para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,001$) para todos los parámetros (humedad, proteína, ceniza, grasa y extractos no nitrogenados) en las diferentes muestras de origen animal y vegetal, como se esperaba. La prueba de rango múltiple de Duncan mostró, igualmente, que existen diferencias ($P < 0,05$) entre las diferentes muestras.

En la Tabla 1, se muestran los valores medios del análisis proximal de materias primas nacionales de origen animal. La HLF presentó un contenido de humedad (7,72%) que entran dentro del rango obtenido por Velásquez *et al.* (1986) y Vielma (2004), valor que fue superado por la HLT con un contenido

de humedad promedio de 17,86%, muy por encima de los valores de referencia de ambos investigadores con 7,3% y 13,5%, respectivamente. Con respecto al contenido de proteína, la HLF tuvo un valor de 61,5% y la HLT 47,0%. La primera entró dentro del rango reportado por Núñez (1995) con 57,7%, Tacon *et al.* (1983) con 58,8% y Vielma (2004) con 62,3%, mientras que la segunda estuvo por debajo de los datos obtenidos por estos investigadores, posiblemente debido al tipo de procesamiento de la misma, la cual al poseer un alto porcentaje de humedad determina una disminución sustancial de la proteína. Los valores medios de grasa para la HLF (10,7%) y la HLT (9,5%) se ubicaron dentro de los valores reportados por Tacon *et al.* (1983), Medina y Araque (1999), Núñez (1995) y Vielma (2004), quienes obtuvieron valores de 9,0%; 9,8%; 10,5% y 11,1%, respectivamente. En cuanto al contenido de cenizas la HLF presentó un valor medio (4,8%) inferior a los reportados por Medina y Araque (1999) y Velásquez *et al.* (1986), que fueron de 6,4% y 8,4%, respectivamente, mientras que la HLT (14,5%) obtuvo un valor más elevado, que se aproxima al reportado por Tacon *et al.* (1983) con un valor de ceniza de 17,2%. Éste resultado podría estar asociado al tipo de preparación de

TABLA 1. Composición nutricional de muestras de harinas de origen animal (g/100 g, base seca).

Muestra	Análisis Proximal (%)				
	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	ENN
HLF	7,72 ^b (± 0,269)	61,51 ^d (± 0,368)	10,65 ^c (± 0,01)	4,76 ^a (± 0,057)	15,36 ^{d*}
HLT	17,86 ^d (± 0,050)	47,04 ^a (± 0,000)	9,47 ^a (± 0,240)	14,45 ^b (± 1,584)	11,18 ^{c*}
HPC	8,78 ^c (± 0,045)	61,37 ^c (± 1,810)	10,31 ^b (± 0,075)	15,64 ^c (± 0,803)	3,90 ^{b*}
HCH	3,52 ^a (± 0,184)	47,73 ^b (± 0,403)	13,80 ^d (± 0,141)	31,34 ^d (± 0,028)	3,61 ^{a*}

*ENN: extractos no nitrogenados: valor obtenido por diferencia; HLF: harina de lombriz Farmarcia; HLT: harina de lombriz Trujillo; HPC: harina de pescado Cumana; HCH: harina de carne y hueso.

la harina en la cual quedarían algunos componentes o impurezas de la misma, favoreciéndose un incremento en su composición mineral. Los valores medios de extractos no nitrogenados para ambas muestras HLF (15,4%) y HLT (11,2%) se estuvieron por encima de los valores conseguidos por Vielma (2004), cuyos resultados oscilaron entre 3,9% y 8,3% para harinas de lombriz liofilizadas y secadas en estufa.

Según lo establecido en la Norma COVENIN (1979) (Alimento para animales: Harina de pescado), el contenido de humedad de la HPC (8,8%) entró dentro de la especificación establecida, que es del orden del 10%. En lo referente al contenido de proteínas la HPC (61,4%) se ubicó en el rango de contenido proteico recomendado que va de 55% a 65%. Con respecto al contenido de grasa, la HPC (10,3%) cumplió con las especificaciones de la norma que va desde 10% hasta un máximo del 13%, lo cual puede ser ventajoso dependiendo del tipo de ácidos grasos presentes en la muestra analizada. La HPC tuvo contenidos de ceniza (15,6%) que están por debajo de lo exigido en la norma (18-20%). No existe en la normativa puntos de comparación para contenido de extractos no nitrogenados, pero la HPC mostró un 3,9% de extractos no nitrogenados. Según los resultados obtenidos, la HPC cumple con las especificaciones de macronutrientes exigidos por COVENIN (1979) (Alimento para animales: Harina de pescado). Sin embargo, se deben evaluar otros factores como el aspecto microbiológico y la presencia de aminas biogenas o toxinas bacterianas, para descartar los factores que en otras investigaciones han causado problemas de enfermedad en las truchas, y de esta manera valorar finalmente este subproducto de la industria conservera de la sardina y el atún en Venezuela.

Los valores promedios de humedad (3,5%), proteína (47,7%), grasa (13,8%) y ceniza (31,3%) para la HCH se ubicaron entre los rangos exigidos por la Norma COVENIN (1999) (Alimentos para animales: harina de carne y hueso), la cual establece en cada caso valores de 5-6% de humedad, 46-50% de proteína, 15% de grasa y 32% de ceniza.

El análisis proximal de materias primas vegetales nacionales se muestra en la Tabla 2. El contenido de humedad (13,3%) y proteína (16,1%) del AFT coincidió con los valores presentados en la tabla de composición de alimentos (INN 2001), que son de 13,2 y 16,3%, respectivamente, pero su valor en grasa 3,1% fue similar al obtenido por Núñez (1995), pero menor al reportado (4,5%) en la tabla de composición, su media en extractos no nitrogenados fue de 61,6% que supera al establecido (59,9%) en este manual de alimentos, pero estuvo por debajo de lo obtenido (66,9%) por Núñez (1995).

La HMA presentó contenidos de humedad, de 13,2% y 2,3%, respectivamente; y según el INN (2001), los valores de humedad fueron altos porque superan el 9,9% de la tabla de composición de alimentos, y tuvo un menor contenido graso del 3,5% establecido. Mientras que en ceniza (1,37%) presentó un valor cercano al reportado (1,1%) por INN (2001) y por Blanco *et al.* (2000), con 1,3% de ceniza. Con respecto a la proteína (8,53%) y extractos

Tabla 2. Composición nutricional de muestras de harinas de origen vegetal (g/100 g, base seca).

Muestra	Análisis Proximal (%)				
	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	ENN
AFT	13,32 ^c (± 0,002)	16,12 ^b (± 0,000)	3,13 ^b (± 0,028)	5,87 ^c (± 0,233)	61,56 ^{b*}
HMA	13,23 ^b (± 0,060)	8,53 ^a (± 0,380)	2,34 ^a (± 0,054)	1,37 ^a (± 0,060)	74,53 ^{c*}
HHL	3,72 ^a (± 0,035)	26,60 ^c (± 0,040)	8,59 ^c (± 0,640)	4,40 ^b (± 0,070)	56,69 ^{a*}

*ENN: Extractos no nitrogenados: Valor obtenido por diferencia; AFT: afrecho de trigo; HMA: harina de maíz amarillo; HAL: harina de hoja de leucaena.

no nitrogenados (74,5), la HMA estuvo un poco por encima del valor de referencia del INN (2001), que son de 7,3% y 78,2%, respectivamente. Según Blanco *et al.* (2000), la proteína de la Harina de maíz (9,7%), se ubicó por encima del valor obtenido en esta investigación (8,5%).

Para el caso específico de la HHL los valores de proteína (26,6%) se ubicaron por encima del contenido proteico reportado por Maurelo (2003) de 24,9%, pero son similares a los obtenidos por Jones (1979) con 25,9% de proteína. Por su parte, Narváez y Lascano (2004), obtuvieron un valor de proteína superior (35,9%) en hojas jóvenes y maduras de esta leguminosa. Con relación a las Cenizas (4,4%) esta harina presentó un menor valor al compararlo con el obtenido por Maurelo (2003) y Jones (1979) quienes lograron contenidos de ceniza de 7,3% y 11,0%, respectivamente. No existen referencias de la composición de grasa y extractos no nitrogenados, pero en la HHL estos valores fueron de 8,6% y 56,7%, respectivamente. Estos valores de grasa son superiores a los reportados por Tacon (1989) con un 6,8% de grasa en semillas de leucaena y para el caso de los extractos no nitrogenados estos están por encima del valor referido por Tacon (1989) de 37,2%.

En la Tabla 3, se muestra el análisis proximal de muestras de alimentos concentrados para truchas. Los contenidos de humedad de las harinas evaluadas presentaron medias, que se ajustan a lo establecido en la norma COVENIN (1985) (Alimento completo para peces) que es de 12%, con valores de 10,1% (A), 12,5% (B) y 9,4% (C). Con respecto al contenido de proteína, todas las muestras analizadas (A, B y C) cumplieron con las especificaciones recomendadas para la etapa de iniciación de la alimentación exógena de peces, que es del 42% como límite máximo según esta norma, ya que los valores

obtenidos fueron de 42,1% (A), 47,9% (B) y 52,5% (C). Las formulaciones comerciales A y C presentaron valores en grasa de 9,3% y 13,6%, respectivamente, que se ubican por encima de lo exigido en la norma (8%), exceptuando la muestra B con el menor valor (7%). No existe en esta norma COVENIN (1985) (Alimento completo para peces), rangos de comparación con respecto a los contenidos de ceniza y extractos no nitrogenados. Sin embargo, los valores fluctuaron entre 7,4% y 7,7% de ceniza y entre 17,1% y 30,9% de extractos no nitrogenados.

Tabla 3. Composición nutricional de formulaciones comerciales (A, B y C) (g/100 g, base seca).

Muestra	Análisis Proximal (%)				
	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	ENN
A	10,05 ^b (± 0,120)	42,06 ^a (± 1,683)	9,25 ^b (± 0,255)	7,70 ^a (± 0,092)	30,94 ^{c*}
B	12,53 ^c (± 0,000)	47,90 ^b (± 1,018)	7,00 ^a (± 0,184)	7,38 ^b (± 0,2121)	25,19 ^{b*}
C	9,37 ^a (± 0,424)	52,50 ^c (± 0,000)	13,56 ^c (± 0,382)	7,43 ^c (± 0,000)	17,14 ^{a*}

*ENN: Extractos no nitrogenados: Valor obtenido por diferencia; HFCA: formulación alimenticia comercial nacional A; HFCA: formulación alimenticia comercial nacional B; HFCA: formulación alimenticia comercial importada C.

Los valores nutritivos de materias primas usadas en la alimentación de truchas obtenidos por la Nacional Research Council (NRC) (1993), se presentan en la Tabla 4. Podemos observar que las materias primas nacionales que más se acercan a los valores de contenido de proteína (65,4%) presentes en el pescado y reseñados por la NRC (1993) son la HPC (61,4%) y la HLF (61,5%). Con relación al contenido de grasa todas las materias primas de origen animal nacionales analizadas en este trabajo poseen cantidades superiores al obtenido en la harina de pescado (7,6%) según el Nacional Research Council (1993). Las muestras de HLF y HPC, fueron las que presentaron valores más cercanos en el parámetro de humedad. Los requerimientos de los alimentos para truchas en cuanto a humedad tienen un límite del 8,0%. Los valores de las HLF y HPC son de 7,7% y 8,8%, respectivamente. En ceniza la HLT (14,5%) y HPC (15,6%) se ubican en valores similares a los presentes en el pescado (14,3%). Con respecto al contenido de extractos no nitrogenados las materias primas más cercanas al valor medio recomendado (4,7%) son la HCH (3,6%) y la HPC (3,9%).

Tabla 4. Valores nutritivos de materias primas usadas en la alimentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (g/100 g).

Insumo	Análisis Proximal (%)				
	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	ENN
Harina de pescado	8,00	65,40	7,60	14,30	4,70*
Torta de soya	10,00	48,50	0,90	5,80	34,80*
Harinilla de trigo	11,00	17,00	4,30	4,60	63,10*
Melaza	6,00	9,60	0,80	12,50	71,10*

*ENN: Extractos no nitrogenados: Valor obtenido por diferencia: Fuente: NRC (1993).

Al comparar el análisis proximal de la harinilla de trigo reportado por la Nacional Research Council (1993), presentadas en la Tabla 4, con los de la muestra de AFT se observa valores de proteína (16,1%), grasa (3,1%) y extractos no nitrogenados (61,6%) que son inferiores. En cuanto al contenido de humedad (13,3%) y ceniza (5,9%), los valores encontrados son superiores a los presentes en la materia prima de referencia. De las otras materias primas evaluadas, la HMA fue la que presentó el menor valor en contenido de proteína, a diferencia de la HHL que obtuvo el mayor valor (26,6%), por lo cual podría recomendarse el empleo de este tipo de materia prima como fuente de proteína de complemento en formulaciones alimenticias.

Según Nuñez (1995), los valores de referencia de los requerimientos nutricionales de la trucha arco iris en la etapa de iniciación (alevines), que es la etapa de mayor exigencia de macronutrientes, van entre 45-50% en proteína, para grasa 5-8% y carbohidratos valores menores al 9%. Según lo antes mencionado en relación al contenido proteico todas las muestras de harina de origen animal (HLF, HLT, HPC y HCH), cumplen con este requisito por poseer porcentajes de proteína que superan el límite superior, cuyo rango varía entre 47,0% y 61,5%. Del mismo modo, en cuanto al contenido graso todas las materias primas de origen animal cumplen con los requerimientos de alevines. Para el caso de los extractos no nitrogenados, solo cumple dentro de lo exigido, la HPC. Las muestras de HLT y HLF, poseen mayores valores de 11,2% y 15,4%, respectivamente, superando al límite superior exigido en la formulación alimenticia.

Desde el punto de vista nutritivo, los macronutrientes más importantes en la alimentación de peces son los niveles de proteína y grasa. De acuerdo a esto, todas las materias primas de origen animal nacionales (HLF, HLT, HPC y

HCH) evaluadas poseen cantidades adecuadas de estos componentes. Sin embargo, es indispensable efectuar estudios de composición en aminoácidos y ácidos grasos, para evaluar su valor biológico. Las muestras vegetales poseen cantidades inferiores de proteína y grasa. No obstante, estas pueden combinarse con las de origen animal para complementar otros ingredientes como la fibra y carbohidratos, recomendados para completar una receta de formulación, o también para imperativos tecnológicos.

COMPOSICIÓN MINERAL

La composición mineral (hierro, potasio, magnesio, sodio, cinc, calcio, cobre y níquel) de muestras animales y vegetales se presenta en la Tabla 5. El análisis estadístico (MANOVA) de estos mostró la existencia de diferencias significativas ($P < 0,001$) entre las muestras; se aplicó asimismo, una prueba de rango múltiple de Duncan para observar donde se encontraban las diferencias, obteniéndose diferencias significativas ($P < 0,05$) con relación a todas las muestras analizadas. Para la comparación de los resultados obtenidos con otros autores, fue necesario en algunos casos la transformación de los resultados de mg/kg a mg/100 g* o g/100 g**.

En la HLF y HLT los valores de hierro fueron de 223,4 mg/kg (22,3 mg/100 g*) y 408,8 mg/kg (40,9 mg/100 g*), respectivamente. Estos valores quedaron por debajo de los reportados por Vielma *et al.* (2007) quienes obtuvieron 103,8 mg/100 g y 105,0 mg/100 g, en muestras de harinas de lombriz secada en estufa y liofilizadas. La HPC y HCH, presentaron valores de hierro de 289,15 mg/kg y 313,24 mg/kg.

El AFT presentó un contenido de hierro de 125,7 mg/kg (12,6 mg/100 g*) valor cercano al establecido en el INN (2001) para el hierro que es de 11,9 mg/100 g. Para la HMA el contenido de hierro fue de 154,5 mg/kg (15,5 mg/100 g*), valor que supera los contenidos reportados por INN (2001) y Maldonado y Sammán (2000), que son de 1,8 mg/100 g y 8,9 mg/100 g, respectivamente. La HHL tuvo un valor de hierro de 115,7 mg/kg, valor inferior al reportado por Espinoza *et al.* (1998) quienes obtuvieron 266 mg/kg de este metal.

La HLF y HLT presentaron valores de potasio de 4.545,1 mg/kg (454,5 mg/100 g*) y 5.275,2 mg/kg (527,5 mg/100 g*), valores inferiores a los obtenidos por Vielma *et al.* (2007) quienes reportan contenidos de potasio de 654,2 mg/100 g y 941,7 mg/100 g, para harina de lombriz secada en estufa y otra harina liofilizada. La HPC y HCH mostraron valores de potasio de 3159,9 mg/kg y 3381,1 mg/kg.

Tabla 5. Composición mineral de materias primas nacionales de origen animal y vegetal.

Muestras	Concentraciones en mg/kg							
	Hierro	Potasio	Magnesio	Sodio	Cinc	Calcio	Cobre	Níquel
HLF	223,36 ^c (± 0,820)	4545,08 ^d (± 0,992)	4257,91 ^b (± 0,995)	7342,49 ^e (± 0,895)	93,99 ^f (1,959)	1309,97 ^c (± 0,250)	29,10 ^f (± 0,451)	ND
HLT	408,80 ^f (± 0,382)	5275,18 ^e (± 0,749)	8690,58 ^f (± 1,901)	3868,96 ^c (± 0,581)	82,70 ^e (± 0,042)	3957,44 ^d (± 0,626)	10,67 ^d (± 0,096)	ND
HPC	289,15 ^d (± 0,036)	3159,94 ^b (± 0,397)	7800,60 ^d (± 1,580)	5477,80 ^d (± 0,909)	91,19 ^f (± 0,011)	29975,0 ^b (± 0,028)	5,29 ^a (± 0,104)	ND
HCH	313,24 ^e (± 0,396)	3381,09 ^e (± 0,408)	6042,50 ^e (± 0,40)	3676,86 ^b (± 0,43)	52,38 ^c (± 0,233)	29206,47 ^e (± 1,038)	ND	ND
AFT	125,73 ^a (± 0,403)	7237,3 ^g (± 0,620)	17653,05 ^h (± 2,487)	ND	60,42 ^d (± 0,269)	666,79 ^b (± 0,078)	8,76 ^c (± 0,04)	ND
HMA	154,46 ^b (± 0,375)	2375,36 ^a (± 0,118)	3463,46 ^a (± 0,704)	ND	20,95 ^a (± 0,042)	131,42 ^a (± 0,033)	ND	ND
HHL	115,67 ^a (± 0,033)	7724,56 ^h (± 1,013)	9382,84 ^e (± 1,544)	ND	26,42 ^b (± 0,008)	5002,82 ^e (± 0,539)	6,03 ^b (± 0,012)	ND
FCN	340,34 ^e (± 0,031)	7096,16 ^g (± 0,828)	8373,95 ^e (± 2,487)	2807,02 ^a (± 0,254)	95,79 ^f (± 0,022)	20260,44 ^f (± 2,014)	13,99 ^e (± 0,248)	ND

ND: no detectables al límite de detección del método analítico del metal; NPC: harina de pescado Cumaná; HLF: harina de lombriz Farmacia; HLT: Harina de lombriz Trujillo; HCH: Harina de Carne y Hueso; AFT: Afrechote trigo; HHL: Harina de hojas de Leucaena; HMA: Harina de maíz amarillo y FCN: Alimento balanceado comercial.

El potasio presente en el AFT fue de 7.237,3 mg/kg (723,7 mg/100 g*) valor inferior al reportado en las tablas de composición de alimentos del INN (2001), quien establece el contenido de potasio en 867 mg/100 g. La HMA presentó un valor de potasio de 2.375,4 mg/kg (237,5 mg/100 g*). En la HHL el potasio fue de 7.724,6 mg/kg (7,7 g/100 g**), valor que supera al contenido de este mineral reportado por Espinoza *et al.* (1998) que fue de 1,9 g/100 g.

En las HLF y HLT los contenidos de magnesio fueron de 4.257,9 mg/kg (425,8 mg/100 g*) y 8.690,6 mg/kg (869,1 mg/100 g*), valores ubicados muy por encima de los reportados por Vielma *et al.* (2007) en harinas secadas en estufa (92,3 mg/100 g) y harinas liofilizadas (91,7 mg/100 g) de lombriz de la especie *Eisenia foetida*. El magnesio presentó valores de 7.800,6 mg/kg para la HPC y 6.042,5 mg/kg para HCH. Estos dos últimos sin valores de referencia para comparar.

Para el caso del magnesio en el AFT, este presentó un valor de 17.653,0 mg/kg (1.765,3 mg/100 g*), el cual está muy por encima del establecido en el INN (2001) que fija un contenido de 522 mg/100 g. La HMA presentó un contenido de magnesio de 3.463,5 mg/kg (346,4 mg/100 g*). El magnesio en la HHL fue de 9.382,8 mg/kg (9,38 g/100 g**) valor que supera al 0,9 g/100 g reportado por Espinoza *et al.* (1998).

Para el caso del sodio, en las harinas vegetales no fue detectada la presencia de este mineral, mientras que en las muestras de origen animal los valores estuvieron comprendidos entre 3.676,9 y 7.342,5 mg/kg. La formulación comercial analizada tuvo un valor inferior de 2.807,0 mg/kg. La HLF y HPC obtuvieron los mayores valores con 7.342,5 y 5.477,8 mg/kg. Cabe destacar que la HLF fue obtenida por un proceso de beneficio de lombrices donde se incluyó una solución de ClNa al 6%, incrementado de esta manera la concentración de sodio en la harina.

En la HLF y HLT el contenido de sodio 7.342,5 mg/kg (734,3 mg/100 g*) y 3.869,0 mg/kg (386,9 mg/100 g*) se ubica por debajo de los valores de referencia de Vielma *et al.* (2007) quienes detectaron niveles de sodio de 1.070,8 mg/100 g y 631,7 mg/100 g de este mineral en las muestras de harinas de lombriz secada a la estufa y liofilizada, respectivamente. La HCH presentó una cantidad de sodio de 367,8 mg/kg (37,7 mg/100 g*), valor inferior al 0,70 mg/100 g obtenido por Ross (1996).

El sodio en el AFT y HMA no fue detectado, pero el libro de composición de alimentos fija un valor de 9 mg/100 g para el afrecho de trigo; no reporta

valor para la harina de maíz amarillo. En la HHL, no fue detectado, pero Espinoza *et al.* (1998) reportaron valores de sodio que van entre 0,1 y 0,2 g/100 g de sodio.

La HLF y la HPC fueron las materias primas con mayores contenidos en cinc con 94,0 y 91,2 mg/kg, respectivamente. Las concentraciones de cinc de la HLF y HLT fueron de 94,0 mg/kg (9,4 mg/100 g) y 82,7 mg/kg (8,3 mg/100 g), respectivamente, cantidades que se ubican por encima de los reportados por Vielma *et al.* (2007), quienes detectaron niveles de 4,4 mg/100 g y 4,4 mg/100 g, de este metal en las harinas de lombriz, secada a la estufa y liofilizadas. La HCH presentó un valor en cinc de 52,4 mg/kg, inferior al contenido (93 mg/100 g) determinado por Ross (1996).

El cinc en el AFT fue de 60,4 mg/kg (6,1 mg/100 g*) valor cercano al establecido en el libro del INN (2001) que muestra un contenido de 7,5 mg/100 g. En la HMA el cinc fue de 21,0 mg/kg (2,1 mg/100 g*) el cual, es similar al obtenido por Maldonado y Sammán (2000), quienes reportaron 3,0 mg/100 g de cinc. La HHL presentó contenidos de cinc en 26,4 mg/kg, valor inferior al reportado por Espinoza *et al.* (1998) que determinaron contenidos de cinc de 37 mg/kg.

La HCH por su naturaleza evidentemente presentó una alta proporción de calcio (29.206,5 mg/kg), seguida de la HHL con 5.002,82 mg/kg. El calcio en la HLF fue de 1.391,0 mg/kg (131,0 mg/100 g*), valor inferior a los obtenidos por Vielma *et al.* (2007) de 202,4 mg/100 g (harina de lombriz secada en estufa) y 211,3 mg/100 g (harina de lombriz liofilizada). Mientras que el valor en calcio de la HLT fue de 3.957,4 mg/kg (395,7 mg/100 g*) que se ubica por encima de los contenidos de referencia. En la HCH, el calcio fue de 29.206,5 mg/kg (290,7 mg/100 g) superior al resultado obtenido por Ross (1996), con 10,3 mg/kg.

El calcio en el AFT fue de 666,8 mg/kg (66,7 mg/100 g*) valor ubicado por debajo del establecido por el INN (2001) que fija 8,0 mg/100 g de calcio en afrecho de trigo. La HMA presentó niveles de calcio de 131,4 mg/kg (13,1 mg/100 g*), superando al contenido que reseña el INN (2001) de 6,0 mg/100 g. Para la HHL el calcio se ubicó en 5.002,8 mg/kg (5,0 g/100 g**), valor superior al reportado por Jones (1979), Espinoza *et al.* (1998) y, Narváez y Lascano (2004), quienes reportaron concentraciones de calcio de 2,4 g/100 g; 2,4 g/100 g y 0,3 g/100 g, respectivamente, de calcio.

Se detectaron contenidos de cobre solo en las muestras animales de HLF y HLT con 29,1 mg/kg y 10,7 mg/kg, cada una. En las muestras vegetales de AFT y HHL se determinaron concentraciones de 8,8 mg/kg y 6,0 mg/kg, respectivamente. La formula comercial tuvo un 14,0 mg/kg de este mineral.

Los niveles de cobre de las HLF y HLT fueron de 29,1 mg/kg (2,9 mg/100 g*) y 10,7 mg/kg (1,1 mg/100 g*), respectivamente, valores cercanos a los obtenidos por Vielma *et al.* (2007) con 2,0 mg/100 g para la harina de lombriz secada en estufa y 1,9 mg/100 g para la harina de lombriz liofilizada. En las muestras de HPC y HCH no se detectó el cobre por tener cantidades no detectables con el método analítico del metal.

El contenido de cobre en el AFT fue de 8,8 mg/kg (0,9 mg/100 g*) ubicándose este por encima del valor de referencia (0,5 mg/100 g) del libro de composición de alimentos del INN (2001). En la HHL el cobre fue de 6,0 mg/kg, el cual, es muy inferior al ser comparado con el valor de referencia (16 mg/kg*) reportado por Espinoza *et al.* (1998). Para el caso de la HMA no se detectó la presencia de cobre, pero Maldonado y Sammán (2000) reportaron 1,0 mg/100 g de este metal.

No se detectó la presencia de níquel en ninguna de las muestras (de origen animal y vegetal) analizadas, porque poseían valores no detectables al límite de detección del método analítico del metal.

En general, las materias primas de origen animal y vegetal poseen cantidades adecuadas de minerales, los cuales cubren las necesidades establecidas para la trucha, de acuerdo a lo establecido en la tabla de niveles de nutrientes recomendados para peces de la FAO (Tacon 1989). Solo se presentaron niveles bajos de cinc en las muestras de HMA y HHL. También, se presentaron niveles de cobre adecuados en las muestras de HLF, HLT, AFT y HHL, por lo que se pueden complementar en la preparación de dietas balanceadas.

METALES PESADOS

La Tabla 6, contiene los resultados obtenidos de la composición en metales pesados (arsénico, cadmio, plomo y selenio) de las muestras de origen animal y vegetal. El análisis estadístico (MANOVA) aplicado determinó diferencias significativas ($P < 0,001$) entre todas las muestras. La prueba de rango múltiple de Duncan, detectó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre algunos parámetros.

Tabla 6. Composición en metales pesados de materias primas nacionales de origen animal y vegetal.

Muestras	Concentraciones en mg/kg			
	Arsénico	Cadmio	Plomo	Selenio
HPC	1,30 ^a (± 0,809)	0,09 (± 0,028)	0,46 ^a (± 0,071)	3,16 ^b (± 0,218)
HLF	3,75 ^d (± 1,478)	5,85 (± 0,165)	3,06 ^e (± 0,412)	10,59 ^c (± 0,572)
HLT	2,30 ^b (± 0,453)	ND	2,06 ^c (± 0,087)	9,96 ^c (± 0,705)
HCH	7,32 ^f (± 1,117)	ND	2,10 ^c (± 0,085)	9,55 ^c (± 0,205)
AFT	3,66 ^c (± 0,389)	ND	0,93 ^b (± 0,09)	1,30 ^a (± 0,001)
HHL	4,82 ^e (± 0,198)	ND	1,14 ^b (± 0,105)	1,98 ^a (± 0,750)
HMA	9,79 ^b (± 0,371)	ND	1,88 ^b (± 0,115)	4,73 ^b (± 0,001)
FCN	8,75 ^e (± 0,020)	ND	2,62 ^d (± 0,379)	3,48 ^b (± 0,410)

ND: no detectables al límite de detección del método analítico del metal, HPC: Harina de pescado Cumana, HLF: Harina de lombriz Farmacia, HLT: Harina de lombriz Trujillo, HCH: Harina de Carne y Hueso, AFT: Afrechote trigo, HHL: Harina de hojas de leucaena, HMA: Harina de maíz amarillo, FCN: Alimento balanceado comercial.

En las harinas vegetales el arsénico fluctuó entre 3,6 y 9,8 mg/kg, mientras que en las harinas de origen animal estuvo comprendido entre 1,3 y 7,3 mg/kg. La dieta comercial presentó para este elemento un valor de 8,8 mg/kg. Las mayores concentraciones de este metal se presentaron en las muestras de HCH (7,3 mg/kg) y HMA (9,8 mg/kg). De acuerdo a lo establecido en la AAFCO (1996), todas las materias primas entran dentro de la norma por tener valores inferiores a los niveles de tolerancia permitidos para animales que es de 50 mg/kg. Sin embargo, la mayoría de las materias primas y la formulación comercial, exceptuando a la HPC (1,3 mg/kg) no cumplen con la legislación europea, de 1988, que exige como contenido máximo 2 mg/kg de arsénico (Méndez 2001). Para la Agencia de Protección Medio ambiental de Estados Unidos (EPA) los problemas de arsénico para humanos están asociados con aguas y pescados, pero raramente con productos de animales domésticos. Este metal se acumula lentamente, pues si bien la absorción es elevada, a su vez este se excreta en la orina (Méndez 2001).

Para el caso del cadmio, este solo fue detectado en las harinas de HPC y HLF con 0,1 y 5,9 mg/kg, respectivamente. Del mismo modo estas materias primas cumplen con la AAFCO (1996), por tener valores inferiores al máximo permitido de 10 mg/kg. Sin embargo, se presenta el mismo resultado, no cumplen con lo establecido en la legislación europea que exige un valor muy por debajo entre 0,5 y 1,0 mg/kg (Méndez 2001). Según Underwood y Suttle (1999), la absorción del cadmio por los animales es baja, donde los porcentajes de absorción no sobrepasan el 1%, pero la retención en el organismo es elevada, particularmente en los riñones.

El plomo en las harinas de origen animal fluctuó entre 0,5 y 2,1 mg/kg. En las harinas vegetales estuvo entre 0,9 y 1,9 mg/kg y la dieta comercial tuvo un valor de 2,6 mg/kg. Según lo exigido por la AAFCO (1996), el límite máximo permitido para el plomo es de 40 mg/kg, por lo que todas las materias primas y la formulación comercial cumplen con la normativa americana. En este caso particular, también cumplen con lo exigido por la legislación europea cuyo nivel crítico es de 5 mg/kg (Méndez 2001). Cabe destacar que la absorción de plomo por los animales es baja, inferior al 1% (Underwood y Suttle 1999). Cuando se formulan alimentos con estas materias primas siempre se considera una mezcla, luego el porcentaje de sustitución con todas las materias primas utilizadas nunca corresponderá un 100% de uso de un solo ingrediente, reduciendo aun más el aporte de estos elementos.

Con respecto a la concentración de selenio, este varió entre 3,1 mg/kg y 10,6 mg/kg en las muestras de origen animal, mientras que en las harinas vegetales estuvo comprendido entre 1,3 y 4,7 mg/kg. La formulación comercial obtuvo una concentración de 3,5 mg/kg. De acuerdo a la AAFCO (1996), los niveles de selenio de todas las materias primas vegetales, la HPC y la dieta comercial están por debajo del límite máximo permitido (10 mg/kg), mientras que la HCH y HLT poseen valores 9,6 y 10,0 mg/kg, muy cercanos al límite crítico (Méndez 2001), exceptuando a la HLF que posee contenidos de 10,6 mg/kg, por encima de este nivel exigido. Sin embargo, las incorporaciones de estas materias primas a las formulaciones alimenticias son menores del 100%, van entre un 10% y un 30%, por lo cual los niveles que se aportan a la dieta formulada son menores.

Las materias primas de origen animal y vegetal evaluadas, poseen niveles de contaminantes (As, Cd, Pb y Se) dentro de los límites exigidos por la Asociación Americana de Control Oficial de Alimentos (AAFCO 1996). La HLF posee niveles de selenio por encima de lo recomendado por la AAFCO. (1996). Por otro lado, la legislación europea de 1988, exige niveles críticos

más bajos, y por ende más estrictos, determinando que algunas materias primas como por ejemplo, la HLF presenten niveles de metales como es el caso del arsénico (3,8 mg/kg) que sobrepasan el límite permitido de 2,0 mg/kg. Sin embargo, esta fuente proteica nunca será utilizada a un 100%, y sus cantidades recomendadas son de un 20% a un 30%, por lo que la incorporación final de este metal a la dieta estará en proporciones de 0,8 mg/kg y 1,1 mg/kg, respectivamente, cumpliendo en este caso con la norma europea.

CONCLUSIONES

La mayoría de las materias primas nacionales de origen animal poseen contenidos de proteína que superan a los contenidos presentes en las formulaciones comerciales, exceptuando la harina de lombriz Trujillo (HLT).

Todas las materias primas nacionales de origen animal poseen contenidos de grasa en la fórmula alimentaria muy cercanos o que superan a las marcas comerciales. Sin embargo, para definitivamente utilizar estas materias primas, es necesario determinar la cantidad y calidad de ácidos grasos presentes para establecer su valor.

El contenido de extractos no nitrogenados de todas las muestras vegetales analizadas superan al contenido presente en las marcas comerciales.

Las muestras analizadas poseen un real potencial a favor de los micronutrientes que cubren con las necesidades de los peces, estos serán complementados ulteriormente con análisis de lípidos para confirmar su calidad. Algunas poseen cantidades de metales pesados que cumplen con los niveles permitidos por la normativa de la AAFCO (1996). En todo caso, se recomendaría procesar otras muestras por lotes en periodos diferentes, para verificar si pueden cumplir con las normas europeas de salud pública exigidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico (CDCHT: Proyecto N° FA-342-05-01-ED), Universidad de los Andes, Mérida, y al Programa Alma-Mater OPSU por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación. Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Mérida) y al Circuito de la Universidad de los Andes para el manejo de Desechos Sólidos (CIULAMIDE), Facultad de Ciencias de la Universidad de los Andes, por el suministro de muestras de harinas y de lombriz fresca, respectivamente. Al Proyecto FONACIT G-200-5000-869, Programa de Cooperación de Pos-

graduados (PCP) franco-venezolano por los entrenamientos recibidos en Francia y a Guillermo Bianchi (CIULAMIDE), quien fue el asesor en los análisis estadísticos.

LITERATURA CITADA

- (AAFCO) ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. 1996. Official Publication. American Academy of Pediatrics. Pediatrics 97: 413–416.
- (AOAC) ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1999. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists (16 ed.). A. O. A. C. Int., Gaithersburg, USA.
- BASTARDO, H. 1994. Sobrevivencia de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en condiciones de cultivo, en Mérida Venezuela. Zootecnia Tropical 12: 77–97.
- BASTARDO, H., C. SCORZA Y S. SOFIA. 1997. Histopatología hepática de la trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*, alimentadas con dietas diferentes. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(Supl. 1): 267–270.
- BLANCO, A., M. MONTERO Y M. FERNÁNDEZ. 2000. Composición química de productos alimenticios derivados de trigo y maíz elaborados en Costa Rica. Archivo Latinoamericano de Nutrición 50: 91–96.
- (COVENIN) COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. 1979. Alimento para animales. Harina de pescado. 1482–79. C.D.U. 636.087.63: 664.957. pp 1–8.
- (COVENIN) COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. 1985. Alimento completo para peces, 1885–85, C. D.U. 636.084: 597, pp 1–9.
- (COVENIN) COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. 1999. Alimento para animales. Harina de carne y hueso (1^{ra} Revisión), 1418-1999, pp. 1–4.
- ESPINOZA, F., R. TEJOS, E. CHACÓN, L. ARRIOJAS Y P. ARGENTI. 1998. Producción, valor nutritivo y consumo por ovinos de *Leucaena leucocephala*, 2: Valor nutritivo. Zootecnia Trop. 16: 163–181.
- (FAO) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1979. Esquema de un programa de investigación aplicada y desarrollo experimental para el centro regional latinoamericano de acuicultura. <http://www.Fao.or/docrep/L5902S/i5902s00.htm>. Revisado el 10 de junio de 2005.
- (INN) TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS PARA USO PRÁCTICO. 2001. Primera reimpresión, enero de 2001. Publicación No. 54. Serie de cuadernos azules. Caracas, Venezuela. MSDS, INN, Dirección Técnica, División de Investigación de Alimentos, p. 20.
- JONES, R. 1979. El valor de la *Leucaena leucocephala* como pienso para los rumiantes en el trópico. Rev. Mundial Zootecnia 31: 13–23.
- LEÓN, A. Y I. ANGULO. 1989. Materias primas alternativas para la producción de alimentos concentrados para animales en Venezuela, II: Fuentes proteicas. CENIAP-Fonaiap, Fonaiap Divulga No. 31. Maracay, Venezuela. <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd31/texto/materias.htm>. 1989. Consultado el 24 de mayo de 2005.

- MALDONADO, S. Y N. SAMMÁN. 2000. Composición química y contenido de minerales de leguminosas y cereales producidos en el noroeste argentino. *Archivo Latinoamericano de Nutrición* 50: 195–199.
- MAURELO, R. 2003. Harina de *Leucaena leucocephala* en dietas para pavos en crecimiento y ceba. *Rev. Prod. Anim.* 15: 23–27.
- MEDINA, A. Y J. ARAQUE. 1999. Obtención, composición química, funcional, perfiles electroforeticos y calidad bacteriológica de la carne y harina de lombriz *Eisenia foetida*. *Revista Facultad Farmacia, Universidad de los Andes* 37: 31–38.
- MÉNDEZ, J. 2001. Metales pesados en alimentación animal. Pp. 217–227, en P. G. Rebollar, C. de Blas y G. G. Mateos (eds.), XVII Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, España.
- NARVÁEZ, N. Y C. LASCANO. 2004. Caracterización química de especies arbóreas tropicales con potencial forrajero en Colombia. *Pasturas Tropicales* 26: 62–69.
- (NRC) NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1993. Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washinton, DC, pp. 3–94.
- NÚÑEZ, M. 1995. Utilización de la harina de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) como sustituto de la harina de pescado en la alimentación de post-larvas de *Macrobrachium rosenbergii*. Tesis de Grado, Facultad de Pesquería, Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú, 84 pp.
- ROSS, C. 1996. Harina de carne y hueso (meat and bone meal). Una fuente valiosa de nutrientes en las dietas para animales y aves de corral. *Darling Internacional* 1 (1): 1–7.
- TACON, A. G. J. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe. Brasilia, Brazil. Project Reports, Documento de Campo No. 4, 592 pp.
- TACON, A., E. STAFFORD Y C. EDWARDS. 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. *Aquaculture* 35: 187–199.
- UNDERWOOD, E. J. Y N. F. SUTTLE. 1999. The mineral nutrition of livestock (3 ed.). AB International, Wallingford, Oxford, UK. pp. 343–373.
- VELÁSQUEZ, L., C. HERRERA E I. IBÁÑEZ. 1986. Harina de lombriz, I Parte: Obtención, composición química, valor nutricional y calidad bacteriológica. *Alimentos* 11 (1): 15–21.
- VIELMA, R. 2004. Estudio físico-químico y funcional de las proteínas de la lombriz *Eisenia foetida*. Tesis de Grado Doctoral, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, 275 pp.
- VIELMA, R., P. CARRERO, C. RONDÓN Y A. L. MEDINA. 2007. Comparación del contenido de minerales y elementos trazas en la harina de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) utilizando dos métodos de secado. *Saber*. 19(1): en imprenta.