

Universidad Central de Venezuela

Facultad de Ciencias

Escuela Biología

Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos



Trabajo Especial de Grado

Evaluación del contenido de aminoácidos en guabina (*Hoplias malabaricus*, Bloch 1794), capturadas en el embalse hipereutrófico de Suata (Estado Aragua).

Trabajo Especial de Grado presentado
ante la ilustre Universidad Central de
Venezuela por la

Br. Julymar Acuña Hernández como
requisito parcial para optar al título de
Licenciada en Biología, Mención
Tecnología de Alimentos

Tutora: Dra. Marinela Barrero

Caracas, Septiembre 2009

Resumen

En este trabajo se evaluó el contenido de aminoácidos en guabinas (*Hoplias malabaricus*), capturadas en el embalse de Suata, Estado Aragua, con la finalidad de aportar información sobre la calidad nutricional de las guabinas comercializadas en la zona. Además se adquirió una guabina (*H. malabaricus*) de referencia en el embalse el Pueblito, Estado Guárico para observar si existe algún efecto de las condiciones de las aguas en el contenido de aminoácidos en los peces.

El muestreo en el embalse de Suata se realizó durante los meses de noviembre de 2007 a julio de 2008, determinándose tanto en la guabina referencia como en las guabinas de Suata el contenido de proteínas, grasa y cenizas. El análisis de aminoácidos de las proteínas se realizó en cuatro pasos: hidrólisis, resecado, derivatización y análisis por HPLC, según el protocolo para el análisis de aminoácidos (totales y libres) aplicado en los laboratorios de Cervecería Polar C.A.

Los resultados obtenidos indicaron que el contenido de proteínas no varió significativamente durante los meses de muestreo. Los aminoácidos no esenciales mayoritarios fueron el ácido aspártico y el ácido glutámico. Los contenidos de serina, glicina y lisina presentaron diferencias estadísticamente significativas durante los meses de muestreo. La lisina y la leucina fueron los aminoácidos esenciales mayoritarios presentes en las guabinas *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata.

En los meses de diciembre de 2007 y febrero de 2008 se observó una disminución en el contenido de aminoácidos no esenciales, esenciales y totales que afectan la calidad nutricional de las proteínas del pescado, probablemente debido a la reducción de nutrientes, como consecuencia de que no se había iniciado el periodo de lluvias que permitiera la resuspensión de nutrientes del fondo a la superficie, para así aumentar sus disponibilidades. El contenido de nitrógeno en noviembre y diciembre de

2007 fue bajo, lo que limitó la síntesis de aminoácidos no esenciales en estos meses. Además, las actividades antrópicas en los alrededores del embalse Suata promovieron la presencia de contaminantes como, metales, pesticidas, amonio, entre otros, que afectaron la salud del hábitat acuático, calidad y alimentos disponibles, causando posiblemente una disminución en el contenido de aminoácidos de guabinas durante algunos de los meses de muestreo.

Las guabinas *H. malabaricus* del embalse de Suata aportan a los humanos proteínas de valor nutritivo por el alto contenido de lisina y otros aminoácidos esenciales.

Las condiciones del agua del embalse de Suata parecieron no afectar el contenido de aminoácidos en las guabinas *H. malabaricus*, ya que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la muestra de referencia capturada en el embalse oligotrófico el Pueblito y las guabinas del embalse de Suata.

Agradecimientos

- A mis padres, por apoyarme, creer, confiar y sentirse orgullosos de mi siempre. Los amo.
 - A mis hermanos por estar allí cada minuto de mi vida. Los adoro.
 - A mi novio y futuro esposo, gracias por acompañarme, guiarme y corregirme todo lo que puedes. Te amo.
 - A mis familiares y seres queridos, por apoyarme y ayudarme siempre.
 - A mi tutora por guiarme a mejorar y aprender cosas nuevas cada día.
 - A todos que de alguna u otra manera me ayudaron a aprender cosas nuevas y buenas para mi desarrollo profesional y humano, amigos y profesores.
- Muchas gracias.

Índice de contenido

• Introducción.....	1
• Antecedentes.....	7
• Objetivos.....	13
• Materiales y métodos. Muestras.....	14
• Materiales y métodos. Composición química.....	15
• Materiales y métodos. Composición de aminoácidos de las proteínas.....	16
• Resultados.....	20
• Resultados. Composición química.....	21
• Resultados. Análisis de aminoácidos.....	24
• Discusiones.....	37
• Conclusiones.....	44
• Recomendaciones.....	45
• Bibliografía.....	46
• Anexos. Cromatogramas de aminoácidos.....	51
• Carta de empresa Polar C.A.....	56

Índice de Figuras

- Figura 1. Guabina (*Hoplias malabaricus*).....4
- Figura 2. Compra de guabinas a pescadores artesanales en el embalse de Suata, Estado Aragua.....14
- Figura 3. Guabinas capturadas en el embalse de Suata.....15
- Figura 4. Guabinas (*Hoplias malabaricus*).....15
- Figura 5. Filetes de guabinas.....15
- Figura 6. Reacción general de derivatización de los aminoácidos en presencia de PITC.....17
- Figura 7. Equipo de HPLC.....18
- Figura 8. Contenido de proteínas en base seca (% $\pm$ DE) en muestras de *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata.....21
- Figura 9. Contenido de grasa en base seca (% $\pm$ DE) en muestras de *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata.....22
- Figura 10. Contenido de ceniza en base seca (% $\pm$ DE) en muestras de *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata.....23
- Figura 11. Contenidos promedios de serina y glicina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata..24
- Figura 12. Contenidos promedios de ácido aspártico, ácido glutámico y alanina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata.....25
- Figura 13. Contenidos promedios de prolina, tirosina y isoleucina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata.....26

- Figura 14. Contenidos promedios de aminoácidos no esenciales totales (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata.....28
- Figura 15. Contenidos promedios de lisina y leucina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata..29
- Figura 16. Contenidos promedios de histidina, arginina y treonina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata.....30
- Figura 17. Contenidos promedios de valina, metionina y fenilalanina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata.....31
- Figura 18. Contenidos aminoácidos no esenciales totales (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata.....33
- Figura 19. Contenidos aminoácidos totales (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, en el embalse de Suata.....34

Índice de Tablas

- Tabla 1. Número de ejemplares, talla (cm) y peso (g) de (*H. malabaricus*) capturados es en el embalse de Suata y la muestra referencia proveniente del embalse El Pueblito.....20
- Tabla 2. Contenido de grasa en base seca ($\% \pm DE$) en muestra de *H. malabaricus* capturados en el embalse de Suata N=3.....22
- Tabla 3. Contenido de aminoácidos no esenciales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.....27
- Tabla 4. Resultados del ANOVA de una vía F y probabilidad para cada aminoácido no esencial presentes en las muestras de *H. malabaricus* durante los meses de muestreo.....27
- Tabla 5. Contenido de aminoácidos no esenciales totales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.....28
- Tabla 6. Contenido de aminoácidos esenciales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.....32
- Tabla 7. Resultados del ANOVA de una vía F y probabilidad para cada aminoácido esencial presentes en las muestras de *H. malabarucus* durante los meses de muestreo.....32
- Tabla 8. Contenido de aminoácidos esenciales totales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.....33

- Tabla 9. Contenido de aminoácidos totales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.....34
- Tabla 10. Composición química de *H. malabaricus* de referencia (% $\pm$ DE), capturada en el embalse El Pueblito, N= 3.....35
- Tabla 11. Contenido de aminoácidos (mg/g de proteínas $\pm$ DE) de *H. malabaricus* de referencia capturada en el embalse El Pueblito, N= 3.....35
- Tabla 12. Resultados de la prueba t-student en el contenido de aminoácidos, entre la muestra referencia capturada en el embalse el Pueblito y las muestras capturadas en febrero, mayo de y julio de 2008 en el embalse de Suata. Valores gl= 4 y $t_{\text{crítico}} = 2,78$36
- Tabla 13. Patrón optimo de aminoácidos esenciales para humanos, según Food and Nutrition Board 2002.....42

Introducción

Los aminoácidos y péptidos proporcionan los elementos necesarios para la síntesis proteica, desempeñan un papel central en la construcción de bloques de proteínas y productos intermediarios del metabolismo y además ayudan a mantener la salud y la vitalidad del organismo. Existen 20 aminoácidos que pueden encontrarse en el cuerpo humano, 18 de los cuales son importantes en la nutrición; 8 aminoácidos no pueden ser sintetizados por los humanos y otros mamíferos y deben ser suplementados en la dieta, por lo que se denominan esenciales, estos son lisina, metionina, treonina, triptófano, arginina, (histidina en infantes), leucina, fenilalanina y valina (Hyneiewiecki y col., 2000; citado por Usydus y col., 2008). Los aminoácidos no esenciales son glicina, prolina, serina, cisteína, tirosina, asparagina, glutamina, ácido aspártico y ácido glutámico. Existen aminoácidos semi-esenciales que incluyen la isoleucina y serina.

En diversas células animales, vegetales o de microbios, ya se pusieron en evidencia más de 150 aminoácidos bajo su forma libre o ligada. En la mayoría de los casos, los aminoácidos están bajo forma libre de intermediarios metabólicos importantes o bien como mediadores químicos, que participan en la transmisión de flujos nerviosos (Cheftel y col., 1989).

La calidad nutritiva de cualquier alimento proteico para humanos está determinada por el contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales, la proporción de aminoácidos esenciales específicos (similar a la de las proteínas del cuerpo), a la energía suministrada para sintetizarlos y, por último, la digestión de éstos (Usydus y col., 2008).

Una vez digerida la proteína sus aminoácidos pueden ser incorporados al metabolismo y entrar a los tejidos. Los aminoácidos absorbidos por los intestinos son utilizados para la reposición de los tejidos ya descompuestos (Infante, 1999).

El conocimiento sobre los requerimientos actuales de aminoácidos en los humanos es de utilidad para formular una dieta adecuada que incremente el valor nutritivo, el rendimiento, y por último, el crecimiento (Campos y col., 2005). El contenido de aminoácidos libres en el músculo de las especies acuáticas es normalmente mayor al de los animales terrestres. Los aminoácidos libres contenidos en los músculos de organismos acuáticos normalmente están entre 0,5 % y 2 % del peso del músculo (Metusalach y col., 2000). Los peces son una fuente de proteínas ricas en aminoácidos esenciales para humanos, tales como, lisina, metionina, cisteína, treonina y triptófano (Sikorski, 1994 citado por Usydus y col., 2008).

Los aminoácidos y péptidos contribuyen directamente al sabor de los alimentos y son precursores de los componentes aromáticos y sustancias coloreadas que se forman mediante reacciones térmicas y/o enzimáticas durante la preparación, almacenamiento y obtención de los mismos. Los aminoácidos glicina, alanina, serina y treonina son de sabor dulce mientras que arginina, leucina, valina, metionina, fenilalanina, histidina e isoleucina poseen sabor amargo. La histidina y la taurina son los más abundantes en especies de peces por sus funciones de buffer biológico y osmorregulación (Metusalach y col., 2000).

Los productos pesqueros son particularmente buena fuente de lisina, que se encuentra en muy bajas proporciones en los cereales, el producto alimenticio más importante en el mundo. Una reducción en el suministro de lisina en la dieta puede conducir a problemas mentales y físicos, ya que es un precursor de la biosíntesis del glutamato, neurotransmisor importante en el sistema nervioso central de los mamíferos

(Papes y col., 2000). Además, en algunos productos pesqueros que contienen azufre en sus aminoácidos esenciales, pueden suplementar la deficiencia de este elemento en las proteínas vegetales. Así, las proteínas en una dieta balanceada pueden ser utilizadas para una constitución saludable del cuerpo humano (Usydus y col., 2008).

Los aminoácidos y los ácidos grasos intervienen en los procesos de curación del tejido humano. Cualquier deficiencia de estos componentes esenciales podría impedir los procesos de cicatrización. La glicina, uno de los principales componentes del colágeno de la piel, junto con otros aminoácidos esenciales tales como alanina, prolina, arginina, serina, isoleucina y fenilalanina, promueven la regeneración y cura de los tejidos, por lo que es importante su presencia en los alimentos (Zuraini y col., 2005). Igualmente, el incremento de la concentración de aminoácidos que contienen sulfuros en los alimentos, como lo es la cisteína, tienen un efecto positivo en la absorción de minerales, especialmente el zinc (Sandstrom y col., 1989). Un menor contenido de lisina en los alimentos ocurre cuando las condiciones de procesamiento, calentamiento y almacenamiento de los mismos son desfavorables, porque los grupos amino libres reaccionan con los carbohidratos y forman estructuras que las enzimas del tracto digestivo no pueden degradar. La detección de un aminoácido o péptido tóxico, como por ejemplo la lisinoalanina, indica que las técnicas de procesamiento de los alimentos no son apropiadas (Nollet, 1992).

Los peces, en contraste con la mayoría de los vertebrados, consumen una gran variedad de alimentos y muestran diferentes hábitos alimenticios. Estos hábitos pueden cambiar aún en una misma especie de acuerdo a la localidad, las condiciones del alimento, la estacionalidad, la edad y el sexo (Anderzeg, 1981).

Los principales componentes del músculo del pescado son el agua, las proteínas y los lípidos. Además, existen otros compuestos como los carbohidratos, vitaminas,

minerales y compuestos nitrogenados no proteicos, los cuales se encuentran en menor proporción y también juegan un papel importante en los procesos bioquímicos (Sikorki, 1990).

La guabina, *Hoplias malabaricus*, especie seleccionada en este estudio, se distribuye en los ríos de Centro y Sur América. A pesar de que pueden sobrevivir en cualquier tipo de aguas, comúnmente se encuentra en aguas mansas de los ríos y en sistemas lénticos. Se localiza usualmente en aguas poco profundas y en zonas cercanas a la costa (Taphorn, 1992). Esta especie es un pez depredador, y recientemente ha sido usada en experimentos de investigación de exposición dietaria a contaminantes (Malares y col., 2006; Neto y col., 2008), debido a su comportamiento voraz, su habilidad para adaptarse a condiciones experimentales y su posición en la cadena alimentaria. Alcanza la madurez sexual al año, la reproducción comienza al inicio de las lluvias y se extiende por cinco meses. Las hembras liberan de 2500 a 3000 huevos en depresiones en las riveras de los ríos (Provenzano y col., 2007). Adicionalmente, tiene una mayor tolerancia a la supresión de alimentos y sobrevive por periodos de hasta 180 días sin reducción de la tasa metabólica (absorción de oxígeno) (Malares y col., 2006).

Orden: Characiformes

Familia: Erythrinidae

Nombre común: Guabina

Nombre Científico: *Hoplias malabaricus* (Fig. 1)



Figura 1. Guabina (*Hoplias malabaricus*) Tomado de: Taphon, (1992).

La eutrofización de los ecosistemas de agua dulce puede causar efectos tóxicos relacionados con la proliferación de productores primarios. La proliferación y posterior descomposición de la materia orgánica, por lo general conduce a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el fondo de las aguas y en los sedimentos de los ecosistemas lénticos eutróficos e hipereutróficos. La hipoxia o anoxia (baja cantidad o ausencia de oxígeno, respectivamente) en estos ecosistemas acuáticos causan la muerte de invertebrados y peces, reduciendo significativamente el hábitat adecuado para la alimentación y reproducción de los mismos (Camargo y Alonso., 2006).

El embalse de Suata, ambiente seleccionado en esta investigación, se encuentra ubicado en el Estado Aragua. Está alimentado por el Río Aragua, formando parte de la cuenca del Lago de Valencia. Es un centro de recreación, pero recibe altas cantidades de residuos químicos y contaminantes, provenientes de industrias, granjas avícolas y porcinas. Este cuerpo de agua fue clasificado como hipereutrófico, debido a los altos valores de fósforo y nitrógeno de sus aguas (González y col., 2009). El embalse de Suata presenta altas concentraciones de material biogénico, fitoplancton principalmente, lo cual limita la transparencia (González y col., 2009). Este tipo de embalse presenta un pH alcalino superior a 8. Los valores de amonio son elevados y unido a elevados valores de pH hacen que el amonio esté presente en forma de hidróxido de amonio, el cual es tóxico para los peces (Wetzel, 2001). Las altas concentraciones de nitratos y amonio se deben a las actividades antrópicas y a los procesos de descomposición dentro del cuerpo de agua.

En las aguas y en los peces del embalse de Suata, se han detectado bajas concentraciones de los metales pesados en agua y peces como Cd, Cu, Cr, Ni, Pb Y Hg. El mercurio es considerado el metal más tóxico y el principal contaminante de ambientes acuáticos y supone un riesgo de enfermedades humanas debido al consumo

de pescados contaminados con este metal (Ghazaly, 1992; citado por Demerdash y col., 1999). Los efectos del mercurio en peces de agua dulce se demuestran por la inhibición de la síntesis de proteínas y enzimas con grupos SH, alteración de órganos y disminución de los mecanismos osmorreguladores. El cadmio es considerado un contaminante ambiental resultado de la industrialización moderna; está presente en los residuos de procesos industriales y en las aguas presenta una alta toxicidad, especialmente para los peces. Los metales pesados, incluyendo el cadmio, tienen efectos negativos en los peces, tales como: desequilibrio osmótico, afección respiratoria, daños en los tejidos y reducción de los recursos energéticos (Demerdash y col., 1999).

Los pesticidas son contaminantes en los ambientes acuáticos. Estos compuestos muestran alta estabilidad química, persistencia y su presencia en los ambientes indica contaminación. El uso indiscriminado de estos compuestos industriales y agrícolas, afecta la diversidad de organismos como plancton, peces, mamíferos acuáticos y terrestres y humanos. La biocumulación de los pesticidas es un fenómeno complejo gobernado por las propiedades fisicoquímicas de los compuestos o por factores ecológicos y biológicos (Di Bella y col., 2006).

Es importante estudiar la calidad nutricional de los peces en el embalse hipereutrófico de Suata, ya que pueden reflejar los impactos antrópicos existente en la zona, promovidos por el vertido de metales pesados, pesticidas y otros contaminantes a las aguas. Además, los pobladores de las zonas aledañas al embalse pescan estos organismos para su consumo, sin el conocimiento acerca de si son adecuados o no.

Antecedentes

El análisis de aminoácidos es aplicado en muchos campos de investigación. Uno de los más importantes es el área de la evaluación del valor nutritivo de los alimentos. Los productos alimenticios enriquecidos tienen una composición de aminoácidos y proteínas adecuado a los requerimientos nutricionales (Nollet, 1992).

Brown (1990) analizó la composición de aminoácidos en azúcares en 16 microalgas usadas en maricultura, y no encontró diferencias significativas en los niveles de aminoácidos concluyendo que este no es un factor determinante en los cultivos.

Al estudiar el efecto biológico en el pez *Tilapia nilotica* como indicador de contaminación por cadmio y mercurio, Dermerdash y col. (1999), encontraron que los peces obtenidos del Lago Maryout contenían una acumulación considerable de residuos de Cd y Hg en sus cuerpos, comparados con las muestras obtenidas en el lago Nozha, ambos en Egipto. Las concentraciones de Cd en las muestras del Lago de Maryout fueron 2,5 a 3 veces mayores que las del Lago de Nozha. Las concentraciones de Hg en las muestras del lago Maryout fueron 1,5 a 1,9 veces mayores que las muestras del lago Nozha. Los resultados obtenidos indicaron que la actividad de todas las enzimas estudiadas fue inhibida por elevado contenido de metales pesados en los lagos. Los principales aminoácidos en la muestras de pescado en el lago Nozha y el Lago de Maryout fueron el ácido aspártico, 11,01 y 10,46 %, y ácido glutámico, 17,05 y 15,55 %, respectivamente, mientras que los menos abundantes fueron cisteína 0,85% en la muestras del lago Nozha y metionina, 2,39 % en las muestras del lago Maryout, los resultados también indicaron que las relaciones de aminoácidos esenciales fueron 44,45 y 34,53 % del total de aminoácidos en muestras del lago Nozha y Maryout, respectivamente, pero la relación de proteínas en ambas muestras fue prácticamente igual, 18,20 % y 17,98 %. La cantidad de aminoácidos esenciales en las muestras

provenientes del lago Nozha fue 1,3 veces mayor que las muestras provenientes del lago Maryout. Esto indicó la disminución en la calidad nutricional de las proteínas del pescado en las muestra del Lago Maryout, debido al contenido de metales pesados. Por otro lado, la relación de los aminoácidos no esenciales en muestras del lago Maryout fue de 66,47 % más alta que en las muestras del lago Nozha (55,55%). La relación de amonio en las muestras del lago Maryout fue 2,5 veces mayor que en las muestras de Nozha, lo cual puede deberse a cambios bioquímicos en las proteínas de los peces por los altos niveles de contaminantes químicos, como el Cd y Hg. Los autores concluyeron que aunque el contenido de proteínas en los peces del lago Maryout fue prácticamente igual al encontrado en las muestras del lago Nozha, la calidad nutricional fue baja, debido al efecto de contaminación por los metales pesados en el lago Maryout.

Infante (1999), realizó el análisis de aminoácidos en muestras de pargo dientón *Lutjanus griseus*, mediante la técnica de HPLC, y obtuvo como resultado la presencia de diez aminoácidos: lisina, valina, tirosina, prolina, leucina, isoleucina, metionina, fenilalanina, cistina y alanina. La alanina y la prolina fueron los aminoácidos mayoritarios con 6,4 %, y los aminoácidos minoritarios fueron treonina 3,4 %, valina 2,9 %, metionina 2,1 %, leucina 0,2 % y fenilalanina 0,1 %.

En un estudio sobre el contenido de proteína cruda, aminoácidos totales y libres en la trucha ártica *Salvelinus alpinus* criada en diferentes densidades de población, Metusalach y col. (2000) encontraron que el contenido de proteínas crudas y lípidos incrementó con el crecimiento de los peces. El contenido de proteínas varió entre las densidades de los grupos de peces, pero no se observó relación entre la densidad y el contenido de proteínas del pescado. El contenido total de aminoácidos varió entre la densidad de los grupos y los días de muestreo. Así, en el tratamiento con densidad de 40 Kg/m³ observaron un alto contenido de serina, glicina y tirosina, pero una baja cantidad

de hidroxiprolina, prolina, valina, cisteína, metionina, isoleucina, leucina, lisina y arginina. En los peces del tratamiento de 50 Kg/m³ observaron un alto contenido de ácido aspártico, treonina, prolina, valina, cisteína, isoleucina, leucina, lisina y arginina, pero baja cantidad de ácido glutámico, alanina y fenilalanina. Sin embargo, para los peces en el tratamiento de 75 Kg/m³ encontraron un alto contenido de ácido glutámico, alanina, metionina y fenilalanina, y un bajo contenido de treonina, glicina y tirosina. Comparando todos los tratamientos, los autores encontraron bajos contenidos de ácido aspártico, prolina, valina, isoleucina y triptófano. Los aminoácidos presentes en mayores proporciones fueron el ácido aspártico, ácido glutámico, leucina y lisina, mientras que el menos abundante fue hidroxiprolina. Los aminoácidos libres en el pescado variaron significativamente con la densidad de los grupos y los días de muestreo; sin embargo, la carnosina, un dipéptido que actúa como antioxidante en los músculos, no se observó en los pescados en densidad de 40 Kg/m³ en las semanas finales del experimento. También encontraron un alto contenido de aminoácidos libres y compuestos derivados como son histidina, lisina, serina y taurina, y un bajo contenido de alanina, hidroxiprolina, prolina y treonina.

Campos y col. (2005) realizaron en Brasil, en un estudio sobre la influencia de los niveles de grasa en la fijación de aminoácidos esenciales en el bagre rayado *Pseudoplatystoma coruscans*, en el que compararon dietas con diferentes niveles y fuentes de grasa, se realizaron dos experimentos. En el primero de los experimentos, la cantidad de grasa en las dietas varió de 0 % a 12 % y en el segundo la cantidad de grasa en las dietas fue constante, 12 %, pero varió la fuente (Campos y col., 2005). En ambos experimentos el contenido de proteínas en los peces permaneció constante; sin embargo el contenido de aminoácidos aumentó con el aumento en la cantidad de grasa añadida en la dieta, excepto el triptófano, el cual presentó un comportamiento irregular. Usando

cantidades fijas de grasa y proteínas, con variación sólo de la fuente, los autores no observaron un efecto aparente en la composición de aminoácidos en el pescado y los resultados fueron similares a los obtenidos con una dieta alta en grasa. Los autores concluyeron que el 12% de la grasa añadida en la dieta, fue adecuada para la fijación de nitrógeno en el pescado y que la fuente de lípidos no tuvo influencia en la utilización de aminoácidos.

Zuraini y col. (2005) evaluaron la composición de los ácidos grasos y aminoácidos en tres peces del género *Channa*. El contenido de proteínas fue de 19 % a 23 % para *Channa lucius*, *Channa micropeltes* y *Channa striatus*, respectivamente, mientras que el contenido de lípidos fue de 5,7 % a 11,9 % y el de cenizas de 1,0 % a 1,8 %. Los aminoácidos en mayor cantidad fueron el ácido glutámico, ácido aspártico y lisina, de 9,7 % a 21,7 % y el ácido graso más abundante fue C16:0, en cantidades de 25,6 % a 30,4 %. Otros ácidos grasos en altas cantidades fueron C22:6, C18:1 y C18:0. El nivel de ácido araquidónico, C20:4, fue usualmente alto en *C. striatus*, (19.02%).

Adeyeye (2008) estudió la composición de aminoácidos de tres especies de peces de Nigeria: *Clarias anguillaris*, *Oreochromis niloticus* y *Cynoglossus senegalensis*. Los autores reportaron que el aminoácido más abundante fue el ácido glutámico (108-118 mg/g de proteína cruda) y la leucina fue el aminoácido esencial más abundante (58,0-64,7 mg/g de proteína cruda), mientras que el contenido total de aminoácidos fue de 618 a 637 mg/g de proteína cruda. El total de aminoácidos esenciales con histidina, fue de 300 a 317 mg/g o de 48,6 a 50,0 %, y sin histidina fue de 283 a 299 mg/g de proteína cruda o de 45,8 a 47,0 %. El aminoácido limitante fue la treonina para *C. anguillaris* y para *C. senegalensis* y la valina para *Oreochromis niloticus*, mientras que los niveles en conjunto de fenilalanina y tirosina, fueron mayores que 1, entre 1,06 y 1,21. Los autores

concluyeron que en todas las muestras de peces existieron diferencias significativas entre el contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales.

Usydus y col. (2008), realizaron en Polonia un estudio sobre la calidad de proteínas y perfiles de aminoácidos disponibles en productos pesqueros. Encontraron que el contenido de proteína cruda fue de 6,7 a 23,3 % y de lípidos totales de 5,38 a 36,6 %. La digestión de las proteínas varió de 97 a 98,7 % debido a la influencia negativa de procesos térmicos. Los aminoácidos predominantes no esenciales fueron el ácido aspártico y glutámico y los esenciales fueron lisina y leucina. Este estudio confirmó, en términos de calidad y cantidad, que los productos pesqueros en Polonia son una fuente significativa de aminoácidos esenciales y que los aminoácidos esenciales que contienen sulfuros y la lisina presentes en el pescado pueden ser un suplemento de la deficiencia de proteínas presentes en los vegetales.

González (2008) realizó un estudio de la composición química y disponibilidad ambiental de los metales en los sedimentos del embalse Suata de Noviembre '07, a Febrero '08. Así mismo, indicó que la concentración de los elementos mayoritarios (Ca, Mg, Al, Fe, Ti, Si) presentaron poca variación dentro del muestreo realizado. Los resultados en el fraccionamiento químico indicaron que la disponibilidad de los metales pesados en los sedimentos presentó el orden $Zn > Mn > Co > Ni > Cd > Cu$, siendo el Zn el que presentó el mayor riesgo ambiental para el cuerpo de agua, ya que se encontró por el orden del 40% p/p en la primera fracción. Los otros elementos representaron un riesgo moderado. El Zn y el Cd pudieron provenir de fuentes antrópicas.

Arú (2008) realizó un estudio del contenido de metales pesados en aguas y peces del embalse de Suata, indicando que la concentración de los metales pesados en el agua no sobrepasó los valores máximos permitidos por la norma EPA (1999) para aguas dulces, por lo que no representaron un riesgo para el destino que tienen dichas aguas. El

Cu presentó la mayor concentración $1,1 \pm 1,3 \mu\text{g/L}$ seguido por $\text{Pb} > \text{Ni} > \text{Cr} > \text{Hg}$. El Cd presentó menor concentración variando de 0,05 a 0,15 $\mu\text{g/L}$. En los tejidos la concentración de los elementos metálicos disminuyó en el siguiente orden $\text{Cu} > \text{Cr} > \text{Hg} > \text{Ni} = \text{Pb} = \text{Cd}$, encontrándose todos por debajo de 0,85 mg/Kg. La concentración de los metales en las muestras de tejidos de pescados no alcanzó los valores límites permitidos según las normas COVENIN 1776 (1995) y COVENIN 1087 (1998) para atún y sardinas, respectivamente y el Codex Alimentarius (1995) para Cd y Hg. En las muestras de hígado, las concentraciones de los metales fueron superiores a las obtenidas en los tejidos de los mismos peces y la concentración de Cu fue superior al nivel máximo permitido por la norma COVENIN. Por otra parte, se encontraron correlaciones significativas entre la concentración de Cu con la talla y peso de los peces, así como también entre la concentración de los elementos Hg y Ni y la talla de los mismos, posiblemente por procesos de bioacumulación.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el contenido de aminoácidos en guabinas *Hoplias malabaricus* Bloch 1794, capturadas en el embalse hipereutrófico de Suata (Estado Aragua).

Objetivos Específicos

- * Realizar un perfil de aminoácidos en muestras de guabinas capturadas en el embalse de Suata y un ejemplar de referencia, capturadas en aguas sin contaminación.

- * Analizar el efecto de la contaminación de las aguas en el contenido de aminoácidos de las guabinas capturadas en el embalse hipereutrófico de Suata (Estado Aragua).

- * Comparar el perfil de aminoácidos obtenidos en el análisis de la guabina capturada en aguas sin contaminación y en las guabinas capturadas en el embalse hipereutrófico de Suata.

Materiales y métodos

Muestras

Esta investigación se llevó a cabo con ejemplares de guabinas (*Hoplias malabaricus*) adquirida a través de pescadores artesanales en el embalse de Suata (Fig 2). Estos ejemplares no fueron cortados ni eviscerados por los pescadores.



Figura 2. Adquisición de guabinas a pescadores artesanales del embalse.

El muestreo fue realizado en conjunto con el Laboratorio de Limnología del Instituto de Biología Experimental (IBE) de la UCV desde noviembre del 2007 a octubre del 2008, colectándose un total de 19 ejemplares con tamaños entre 30 y 45 cm de longitud y peso comprendido entre 500 y 1500 gramos. No se colectaron especímenes de *H. malabaricus* en los meses de abril, agosto, septiembre y octubre.

La guabina *H. malabaricus* de referencia se adquirió en enero del 2009, proveniente del embalse El Pueblito, Edo. Guárico, del río Quebrada Honda ubicado a 45 Km al Oeste de la población de Zaraza (Estado Guárico). Este embalse se emplea para control de inundaciones y González (2000), clasificó el embalse como oligotrófico, por presentar bajas concentraciones de fosfatos y nitratos, baja densidad de algas, transparencia de las aguas elevadas y productividad de peces. Sin embargo, actualmente por las extensas actividades antrópicas en los alrededores del embalse, pudiera haberse

modificado su estado trófico. El ejemplar de referencia midió 35 cm de longitud y pesó 760 gramos.

Tanto la muestra de referencia como las *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata, fueron trasladadas en bolsas plásticas y en frío (Fig 3) hasta el Laboratorio de Productos Pesqueros del Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos. Luego fueron lavadas con agua destilada, fileteadas y congeladas a -40 °C hasta su análisis (Fig 4 y 5).



Fig. 3. Guabinas capturadas en el embalse.



Fig. 4. Guabina (*Hoplias malabaricus*)



Fig. 5. Filete de guabinas.

Composición Química

Las siguientes determinaciones se realizaron por triplicado en el músculo del pescado.

- * Contenido de proteína cruda: se realizó según el método micro Kjeldahl N° 47022 de AOAC 1980 (factor 6,25).
- * Contenido de grasa cruda: se realizó por el método N° 94302 de AOAC (1980).
- * Contenido de ceniza: se realizó según el método N° 18025 de AOAC (1980).

El análisis de la composición de aminoácidos de las proteínas se realizó en cuatro pasos: la hidrólisis de la proteína, resecado, derivatización y análisis por HPLC, según

el protocolo para el análisis de aminoácidos (totales y libres) (Campos y col., 2005; Zuraini y col., 2005; Cheng y col., 2007; Adeyeye, 2008;). Esta fase del estudio se realizó en los laboratorios de la empresa “Cervecerías Polar C.A”

Paso 1: Hidrólisis

Para la determinación de la composición de aminoácidos totales en los alimentos, se requiere la hidrólisis ácida de las proteínas que liberan los aminoácidos. De todos los procedimientos para el análisis de aminoácidos posiblemente es el más delicado (Nollet, 1992).

Para la hidrólisis ácida, se pesó una cantidad de muestra que contenía aproximadamente 40 mg de proteína; se le agregaron 15 mL HCl 6N, purgando (burbujeando el líquido con nitrógeno) y se colocó en un horno a 110 °C por 24 horas. El hidrolizado se filtró y se tomaron 15µL del filtrado y se aplicó vacío para el secado.

Paso 2: Resecado

Es una etapa de extrema importancia para alcanzar el pH requerido en la reacción de derivatización.

A cada tubo con la muestra ya seca se agregaron 10 µL la solución de ressecado, que consistió en una mezcla 2:2:1 de etanol: agua: trietilamina, luego se agitó con un vórtex. Posteriormente, las muestras se colocaron en un desecador conectado a una bomba de vacío.

Paso 3: Derivatización

Los aminoácidos fueron analizados por HPLC con detección por UV- visible. Para ello, fueron derivatizados con Fenilisotiocianato (PITC) para producir Feniltiocarbamil Aminoácidos (PTC) (Fig 6). Así, los aminoácidos presentaron una máxima absorbancia alrededor de 269 nm de longitud de onda.

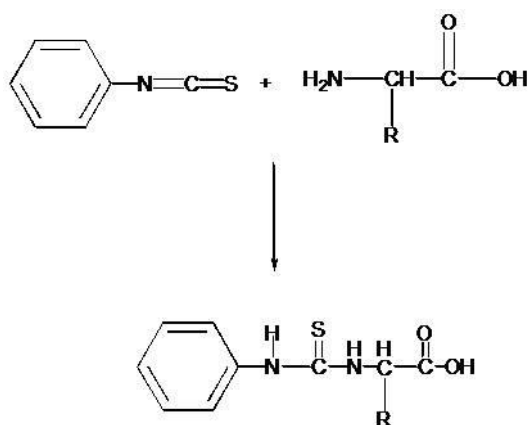


Figura 6. Reacción general de derivatización de los aminoácidos en presencia de PITC (Cervecerías Polar C.A, 2008).

Paso 4: Análisis por HPLC

Preparación de la curva de calibración.

Se realizó una curva estándar con los aminoácidos puros (Pierce N° 88122) analizando cinco concentraciones distintas 0,0125; 0,0375; 0,0625; 0,125 y 0,25 $\mu\text{mol/mL}$. El patrón de aminoácidos se sometió a procesos de secado y resecado de la misma manera que las muestras a analizar.

Análisis de las muestras.

Las muestras y patrones, ya derivatizados y secos, se resuspendieron en solución de dilución, se colocaron en viales adaptados con insertos de bajo volumen, y se introdujeron en el carrusel del inyector automático.

Previamente, el cromatógrafo se equilibró y se purgaron las líneas verificando que no hubiese burbujas. Se cargó el método “acond.AA”, se llevó la columna a 40 °C. Se cargó el método “Aminoácidos LC”. Cada 10 muestras se corrió un estándar, el volumen de inyección fue de 4 μL , el tiempo de corrida fue de 47 min, y el tiempo de espera para la próxima inyección fue de 30 minutos.

El equipo que se utilizó para el análisis es un HPLC en fase reversa (Fig 7) constituido por una válvula de inyección automática marca Rheodyne, dos bombas

marca Shimadzu modelo LC-6A, cromatografía líquida con detector UV-Vis, con cámara de refrigeración, se utilizó una columna Nova-PacK C18 (Waters p/N WATO 11695) 3,9 x 300 mm y la detección se realizó a 254 nm. Una vez corridos los estándares y las muestras se realizó la integración de los picos, y con estas áreas se realizó la curva de calibración.



Figura 7. Equipo de HPLC.

Cálculos

Se realizaron mediante la integración de los picos cromatográficos, con el programa Millennium, de modo de obtener directamente los valores de concentración. El porcentaje de cada aminoácido se calculó por los gramos de proteínas presentes en la muestra, calculados a partir del porcentaje de proteínas determinado previamente a la hidrólisis de la muestra.

Reporte

Los resultados se expresaron como miligramos de aminoácido en base a los gramos de proteínas presentes en la muestra, calculados a partir del porcentaje de proteínas determinado previamente a la hidrólisis de la muestra.

Estadística

Para determinar si hubo diferencias significativas entre el contenido de cada aminoácido, de grasa, proteína y cenizas entre los meses de estudio se aplicó un ANOVA de una vía usando ($p < 0,05$) con el paquete Statistica 5.5. Para detectar los grupos homogéneos, se empleó la prueba “a posteriori” de diferencia mínima significativa (LSD).

Se aplicó una prueba t-student de muestras independientes, usando el paquete Statistica 5.5, a fin de comparar los resultados de los análisis de los ejemplares obtenidos en el embalse de Suata con la muestra de referencia obtenida del embalse El Pueblito.

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los pesos y tallas obtenidos para los diferentes ejemplares de *H. malabaricus* capturados en el embalse de Suata durante el periodo de estudio y la muestra de referencia proveniente del embalse El Pueblito. En el embalse sólo se capturaron ejemplares de *H. malabaricus*.

El análisis de aminoácidos se realizó sólo a una muestra (ejemplares señalados con “*”) por mes, la selección no fue al azar.

Tabla 1. Número de ejemplares, talla (cm) y peso (g) de (*H. malabaricus*) capturados es en el embalse de Suata y la muestra referencia proveniente del embalse El Pueblito.

Mes	Talla cm	Peso g	Observaciones
*Referencia	35,00	760	Hembra con huevas
Nov- 07	40,00	1250	Hembra con huevas
Nov-07	34,00	1000	Macho
*Nov-07	44,00	1400	Macho
*Dic-07	47,00	1250	Macho
Dic-07	40,00	1100	Macho
Dic-07	34,00	500	Hembra con huevas
Dic-07	31,00	400	Macho
*Ene-08	48,00	1550	Macho
Ene-08	40,00	1050	Macho
Ene-08	34,50	650	Hembra
Ene-08	38,00	700	Hembra con huevas
Feb-08	32,00	750	Hembra
*Feb-08	39,00	1200	Hembra
*Mar-08	40,00	1200	Macho
Mar-08	39,00	750	Hembra
*May-08	30,00	1200	Hembra
*Jun-08	42,00	1050	Macho
Jul-08	45,00	1600	Macho
*Jul-08	43,00	1500	Hembra

- **Composición Química**

Contenido de Proteínas

El contenido de proteínas en las muestras de *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata, varió entre 95,31% $\pm$ 1.50 en febrero de 2008 y 98,47% $\pm$ 98.47 en noviembre de 2007. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$) durante los meses de muestreo realizados en el embalse (Fig. 8).

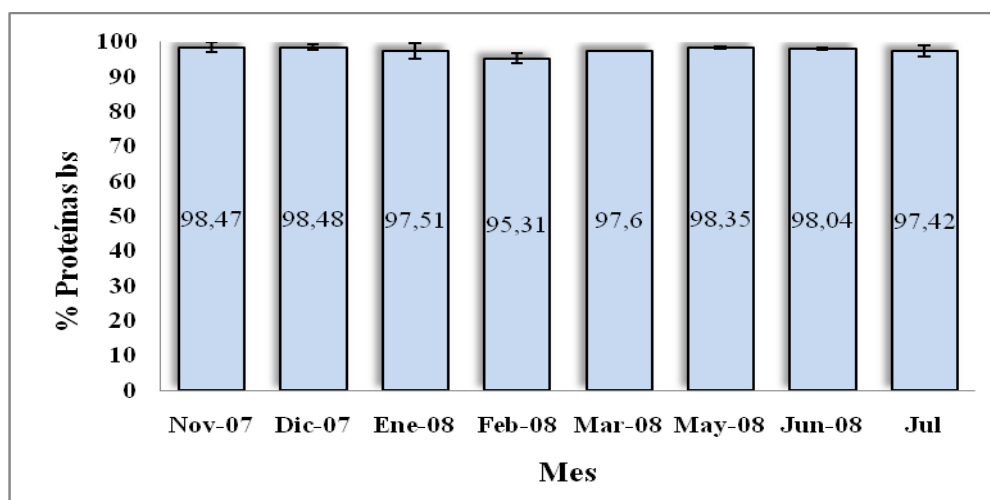


Figura 8.-Contenido de proteínas en base seca (% $\pm$ DE) en muestras de *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata, los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm$ DE.

Contenido de Grasa

El contenido de grasas en las *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata, varió entre 0,22 % $\pm$ 0,005 en el mes de junio de 2008 y 2,51 % $\pm$ 0,56 en el mes de diciembre de 2007. Hubo diferencias estadísticamente significativas durante los meses ($F= 4,6875$) y se registraron cuatro grupos homogéneos (Fig. 9 y Tabla 2)

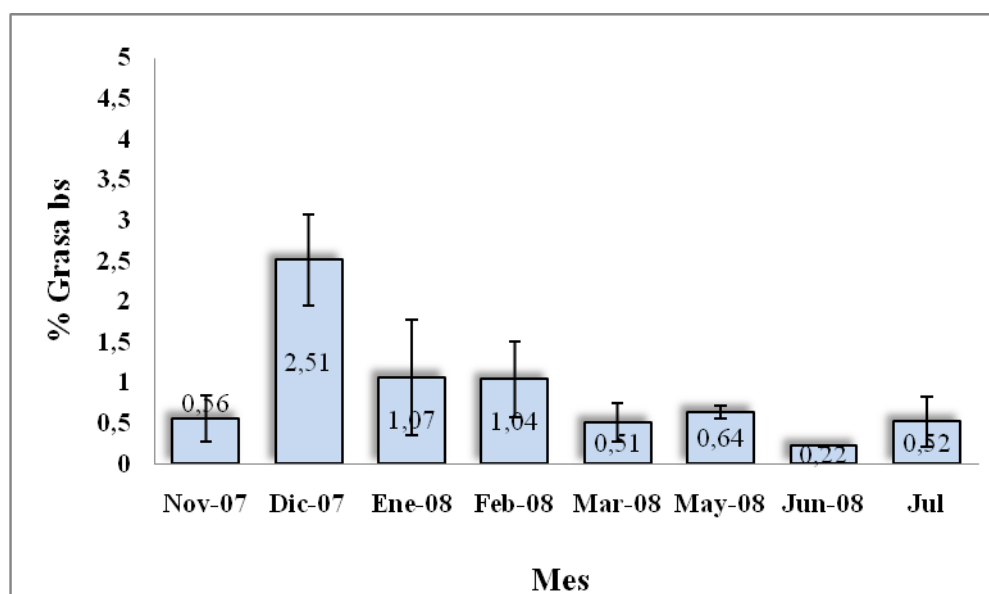


Figura 9.-Contenido de grasa en base seca, (% $\pm$ DE) en muestras de *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata, los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm$ DE.

Tabla 2. Contenido de grasa en base seca (% $\pm$ DE) *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata $N= 3$.

Mes	% Grasa bs
Nov-07	0.56 $\pm$ 0.28 ^{ba}
Dic-07	2.51 $\pm$ 0.56 ^d
Ene-08	1.07 $\pm$ 0.71 ^c
Feb-08	1.04 $\pm$ 0.46 ^{bc}
Mar-08	0.51 $\pm$ 0.24 ^{ba}
May-08	0.64 $\pm$ 0.075 ^{bac}
Jun-08	0.22 $\pm$ 0.005 ^a
Jul-08	0.52 $\pm$ 0.31 ^{ba}

Los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm$ DE. Letras diferentes denotan diferencias significativas, ($p < 0,05$).

Contenido de Ceniza

El contenido de cenizas en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata, varió entre 1,12 % $\pm$ 0,078 en junio de 2008 y 1,36 % $\pm$ 0.16 en julio de 2008. No presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) durante los meses de muestreo (Fig. 10).

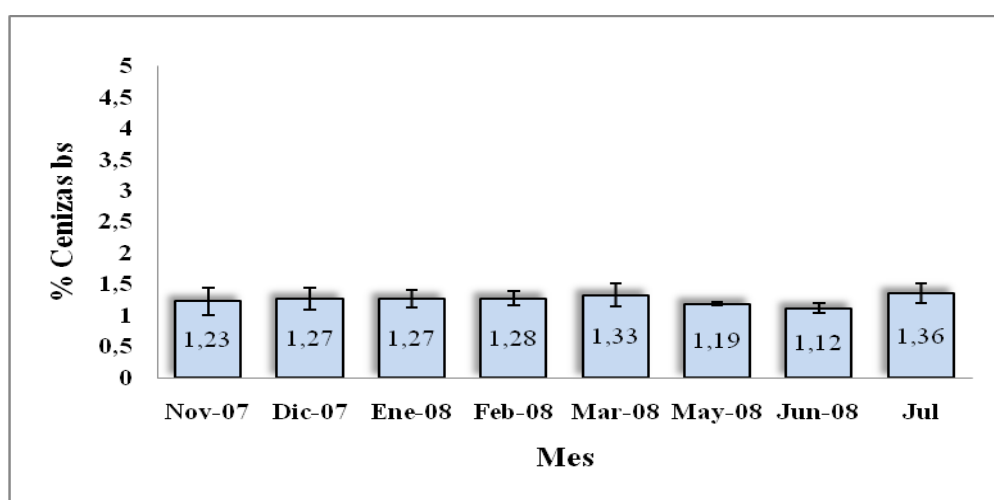


Figura 10.-Contenido de cenizas en base seca (% $\pm$ DE) en muestras de *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata, los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm$ DE.

Análisis de Aminoácidos

- **Aminoácidos no esenciales**

Las concentraciones de serina variaron entre 17,93mg/g en mayo de 2008 y 40,55mg/g en julio de 2008, con un promedio de 24,67mg/g $\pm$ 8,48, presentando diferencias significativas en los meses de muestreo con dos grupos homogéneos. Las concentraciones de glicina variaron entre 28,78mg/g $\pm$ 12,0 en febrero de 2008 y 51,82mg/g $\pm$ 1,4 en julio de 2008, con un promedio de 36,59mg/g $\pm$ 8,63. Presentando diferencias significativas con cuatro grupos homogéneos (Fig. 11 y Tabla 3 y 4).

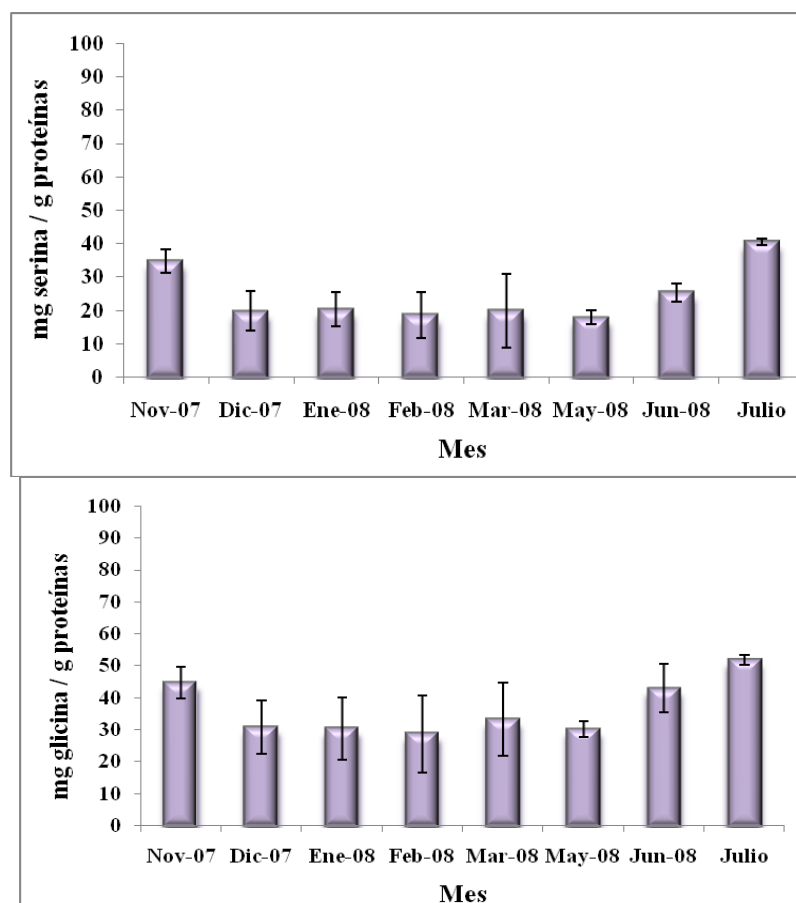


Figura 11.-Contenidos promedios de serina y glicina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata N = 3.

Las concentraciones de ácido aspártico y ácido glutámico variaron entre 57,81mg/g $\pm$ 14,7 y 117,2mg/g $\pm$ 36,3 en diciembre de 2007, respectivamente y 103,79mg/g $\pm$ 5,8 y 180,57mg/g $\pm$ 0,103 en julio de 2008, respectivamente, con un promedio de 75,82mg/g $\pm$ 13,95 y 136, 91mg/g $\pm$ 21,31. El ácido glutámico fue el aminoácido no esencial en mayor cantidad encontrado en las muestras de guabinas *H. malabaricus*. Las concentraciones de alanina variaron entre 40,20mg/g $\pm$ 17,18 en febrero de 2008 y 66,26mg/g $\pm$ 2,64 en julio de 2008, con un promedio de 50,38mg/g $\pm$ 9,83 (Fig. 12 y Tabla 3 y 4).

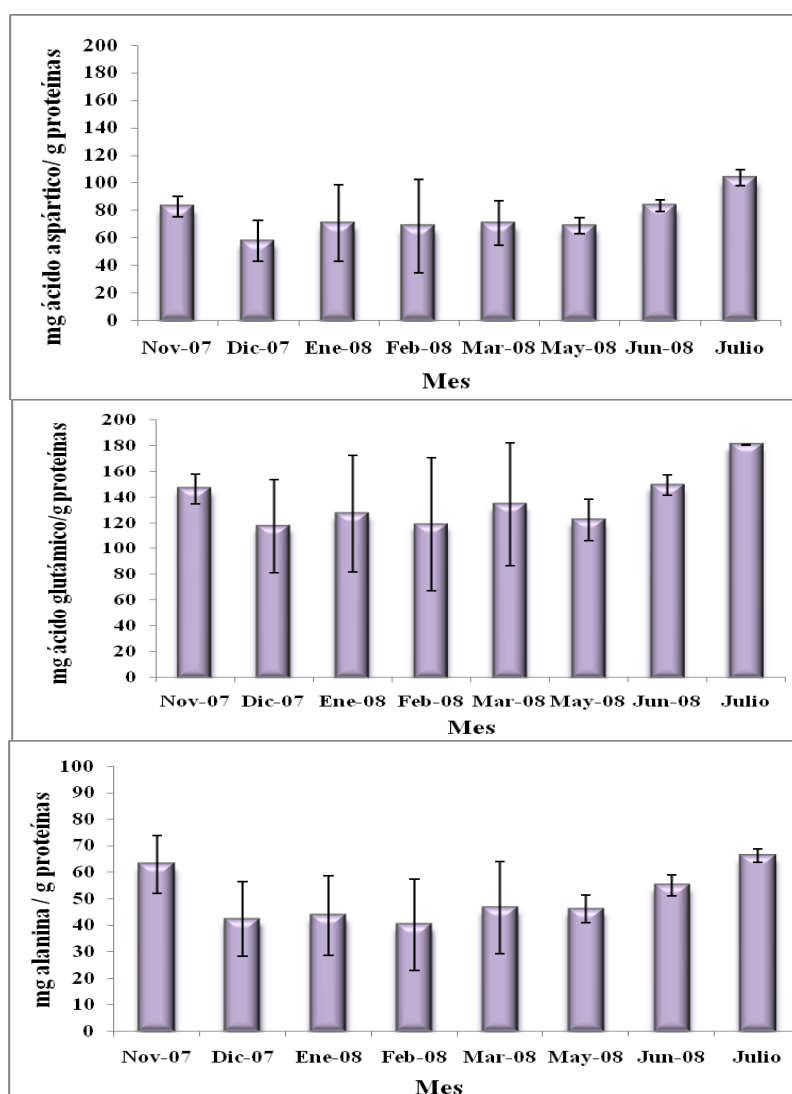


Figura 12.-Contenidos promedios de ácido aspártico, ácido glutámico y alanina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata N = 3.

Las concentraciones de prolina variaron entre $23,38\text{mg/g} \pm 8,90$ en febrero de 2008 y $35,19\text{mg/g} \pm 4,70$ en junio de 2008, con un promedio de $28,78\text{mg/g} \pm 4,31$. Las concentraciones de tirosina variaron entre $19,68\text{mg/g} \pm 8,0$ en febrero de 2008 y $32,15\text{mg/g} \pm 1,49$ en julio de 2008, con un promedio de $23,75\text{mg/g} \pm 3,81$. La concentraciones de isoleucina variaron entre $29,79\text{mg/g} \pm 4,0$ en noviembre de 2007 y $39,27\text{mg/g} \pm 2,23$ en julio de 2008, con un promedio de $33,40\text{mg/g} \pm 3,41$ (Fig. 13 y Tabla 3 y 4).

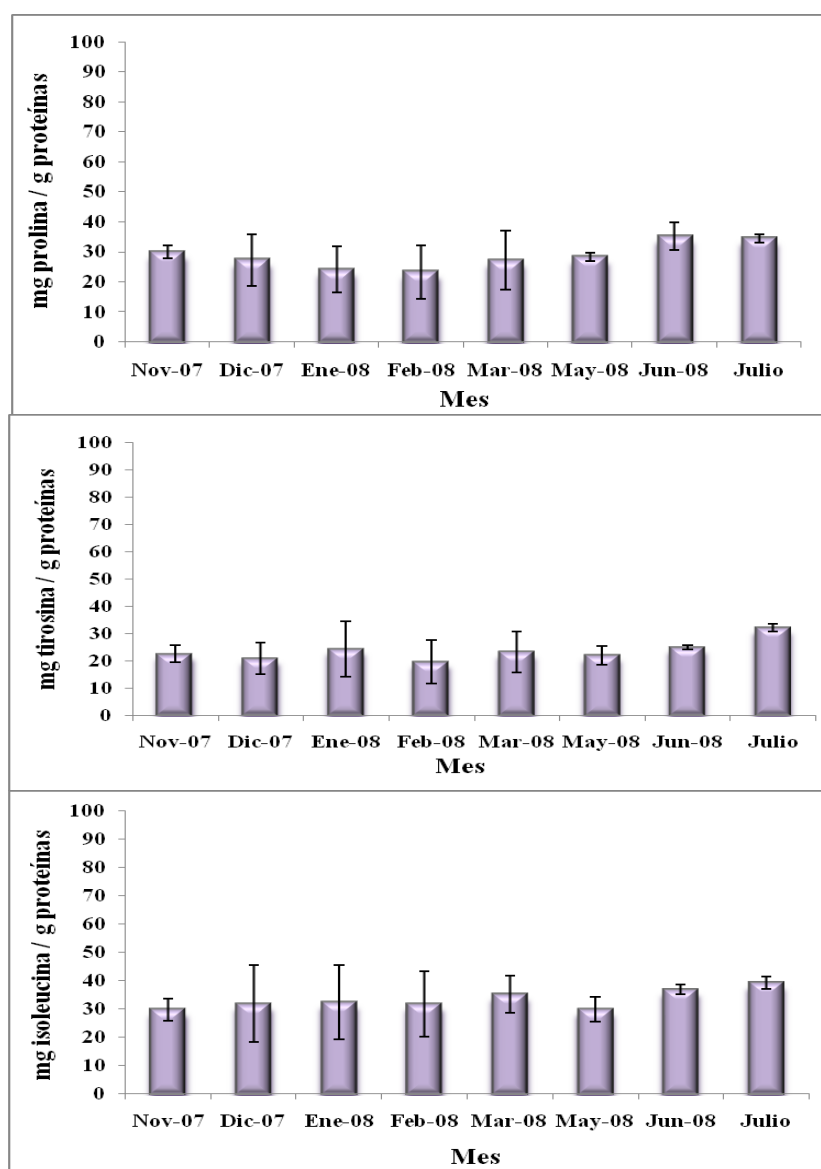


Figura 13.-Contenido promedios de prolina, tirosina e isoleucina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata N = 3.

Tabla 3. Contenido de aminoácidos no esenciales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.

Mes	Ácido aspártico	Ácido glutámico	Serina	Glicina	Alanina	Prolina	Tirosina	Isoleucina
Nov07	82.7 ± 7.30	146.3±11.4	34.81±3.41 ^b	44.65±5.0 ^{cd}	62.86±10.86	29.91±2.10	22.57±3.12	29.79±4.0
Dic-07	57.81±14.7	117.2±36.3	19.78±5.91 ^a	30.86±8.3 ^{ab}	42.29±14.07	27.35±8.62	20.93±5.85	31.88±13.6
Ene-08	70.81±27.9	127.1±45.48	20.35±5.02 ^a	30.40±9.8 ^{ab}	43.62±14.93	24.21±7.64	24.40±10.0	32.42±13.2
Feb-08	68.61±33.9	118.82±51.80	18.60±6.95 ^a	28.78±12.0 ^a	40.20±17.18	23.38±8.90	19.68±8.0	31.8±11.6
Mar08	70.63±16.2	134.14±47.64	19.95±10.93 ^a	33.1±11.0 ^{abc}	46.64±17.49	27.33±9.84	23.3±7.65	35.26±6.5
May08	68.88±5.77	122.13±16.31	17.93±2.16 ^a	30.21±2.5 ^{ab}	46.06±5.27	28.32±1.52	21.98±3.44	29.90±4.42
Jun-08	83.33±4.21	149.09 ± 7.99	25.50±2.73 ^a	42.94±7.6 ^{bc}	55.07±3.90	35.19±4.70	25.03±0.83	36.94±1.80
Jul-08	103.79±5.8	180.57±0.103	40.55±1.00 ^b	51.82±1.4 ^d	66.26±2.64	34.57±1.36	32.15±1.49	39.27±2.23

Los valores son la media de tres replicaciones n = 3 ± DE. Letras diferentes denotan diferencias significativas, (p < 0,05).

Tabla 4. Resultados del ANOVA de una vía F y probabilidad para cada aminoácido no esencial presentes en las muestras de *H. malabaricus* durante los meses de muestreo.

Aminoácido	F	P
Ácido Aspártico	1.800536	0.160451
Ácido Glutámico	1.331535	0.302183
Serina	8.228021	0.000344
Glicina	3.585819	0.018028
Alanina	2.083424	0.110256
Prolina	1.428263	0.265185
Tirosina	1.286175	0.321197
Isoleucina	0.460619	0.847924

p < 0,05 denotan diferencias significativas.

La concentración de aminoácidos no esenciales totales varió entre 348,16mg/g $\pm$ 24,74 en diciembre de 2007 y 548,96mg/g $\pm$ 3,10 en julio de 2008, con un promedio de 410,35mg/g $\pm$ 69,93 (Fig. 14). El contenido de aminoácidos no esenciales presentó diferencias significativas y se registraron tres grupos homogéneos (Tabla 5).

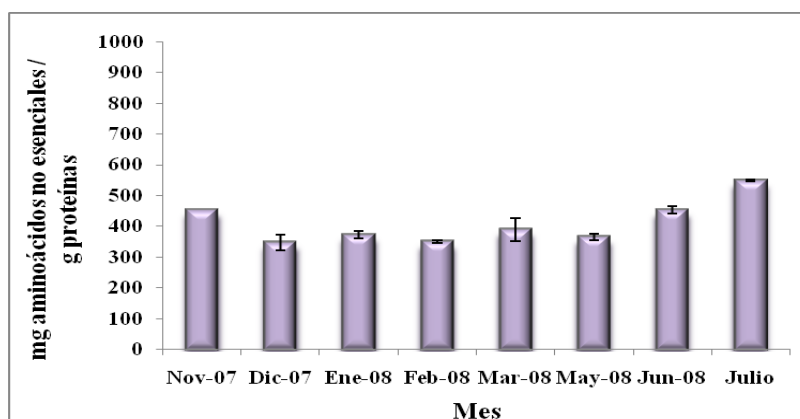


Figura 14.-Contenido de aminoácidos no esenciales totales (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata N = 3.

Tabla 5. Contenido de aminoácidos no esenciales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.

Mes	Aminoácidos no esenciales
Nov-07	453.64 $\pm$ 1.13 ^{bc}
Dic-07	348.16 $\pm$ 24.74 ^{ba}
Ene-08	373.33 $\pm$ 12.30 ^b
Feb-08	349.86 $\pm$ 3.83 ^{ba}
Mar-08	390.35 $\pm$ 37.75 ^{ba}
May-08	365.40 $\pm$ 9.37 ^a
Jun-08	453.10 $\pm$ 11.56 ^{bc}
Jul-08	548.96 $\pm$ 3.10 ^c

Los valores son la media de tres replicaciones n = 3 $\pm$ DE. Letras diferentes denotan diferencias significativas, (p < 0,05).

- **Aminoácidos esenciales**

Las concentraciones de lisina variaron entre $51,58\text{mg/g} \pm 15,0$ en diciembre de 2007 y $96,9\text{mg/g} \pm 3,90$ en julio de 2008, con un promedio de $65,55\text{mg/g} \pm 14,86$. Presentó diferencias significativas en su concentración en el mes de julio de 2008 con el resto de los meses de muestreo excepto el mes noviembre de 2007 (tabla 6 y 7). Las concentraciones de leucina variaron entre $55,00\text{mg/g} \pm 22,2$ en febrero de 2008 y $82,29\text{mg/g} \pm 4,19$ en julio de 2008, con un promedio de $64,25\text{mg/g} \pm 8,58$. La leucina y la lisina fueron los aminoácidos esenciales presentes en mayor cantidad en las guabinas durante los meses de muestreo (Fig. 15 y Tabla 6).

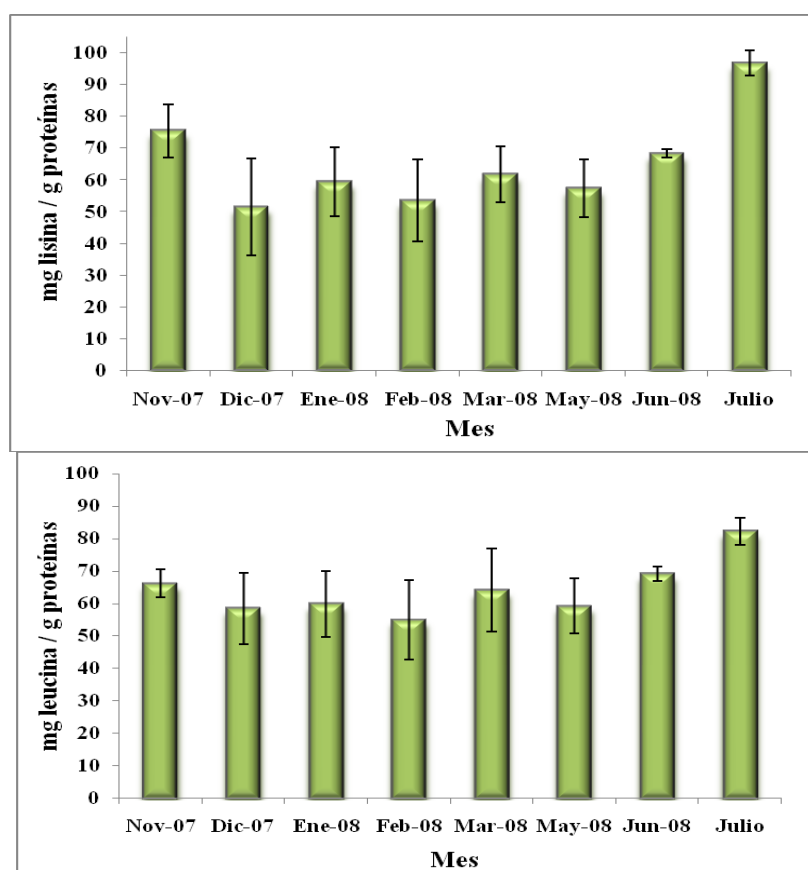


Figura 15.-Contenidos promedios de lisina y leucina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata N = 3.

Las concentraciones de histidina, arginina y treonina variaron entre 19,39mg/g $\pm$ 3,85; 37,51mg/g $\pm$ 18,61; 20,56mg/g $\pm$ 13,9, respectivamente, en febrero de 2008 y 24,69mg/g $\pm$ 0,64; 61,72mg/g $\pm$ 2,42; 42,27mg/g $\pm$ 3,13, respectivamente, en julio de 2008, con un promedio de 20,96mg/g $\pm$ 1,66; 44,38mg/g $\pm$ 8,02 y 28,49mg/g $\pm$ 8,25, respectivamente. (Fig.16 y Tabla 6). La histidina fue el aminoácido limitante encontrado en las guabinas.

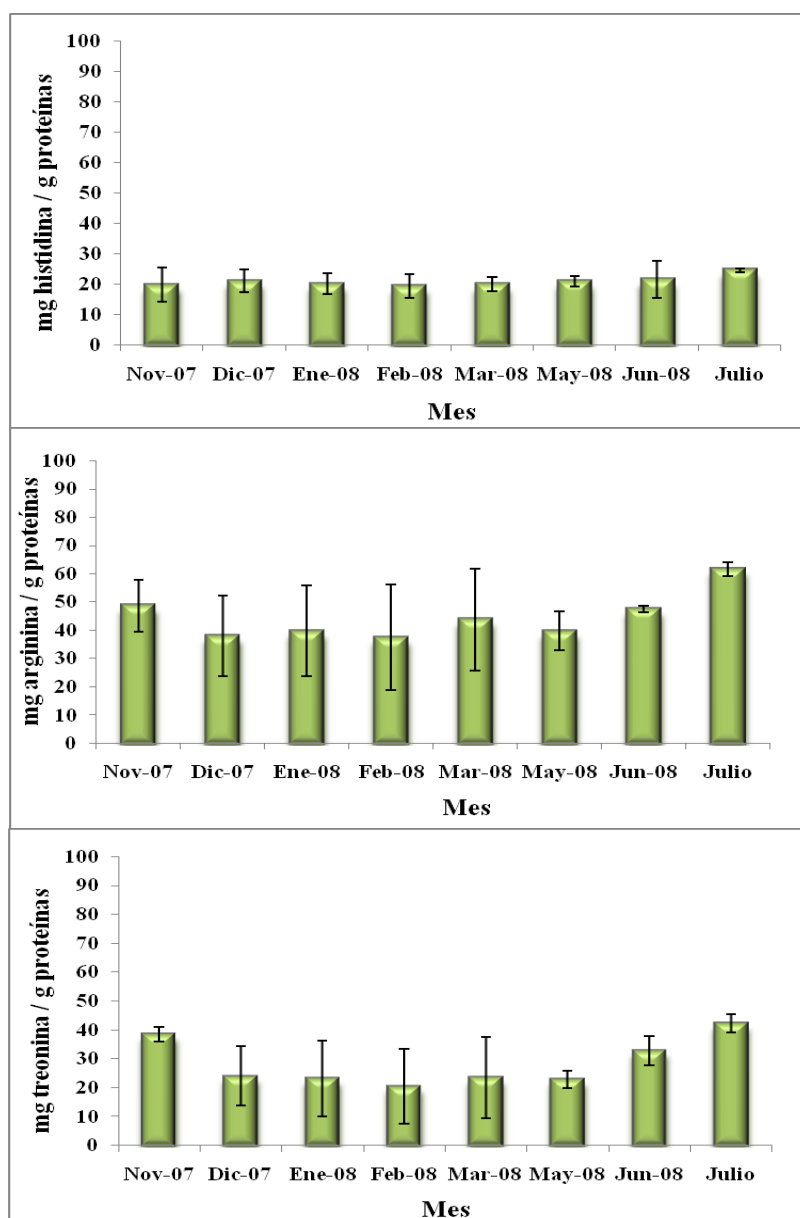


Figura 16.-Contenido promedios de histidina, arginina y treonina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata N = 3.

Las concentraciones de valina, metionina y fenilalanina variaron entre 29,39mg/g $\pm$ 14,22; 19,78mg/g $\pm$ 8,19; 26,74mg/g $\pm$ 11,75, respectivamente, en febrero de 2008 y 40,48mg/g $\pm$ 1,99; 33,72mg/g $\pm$ 1,16; 41,75mg/g $\pm$ 2,02, respectivamente, en julio de 2008, con un promedio de 33,34mg/g $\pm$ 4,07; 24,23mg/g $\pm$ 4,57 y 32,80mg/g $\pm$ 5,33, respectivamente. (Fig.17 y Tabla 6).

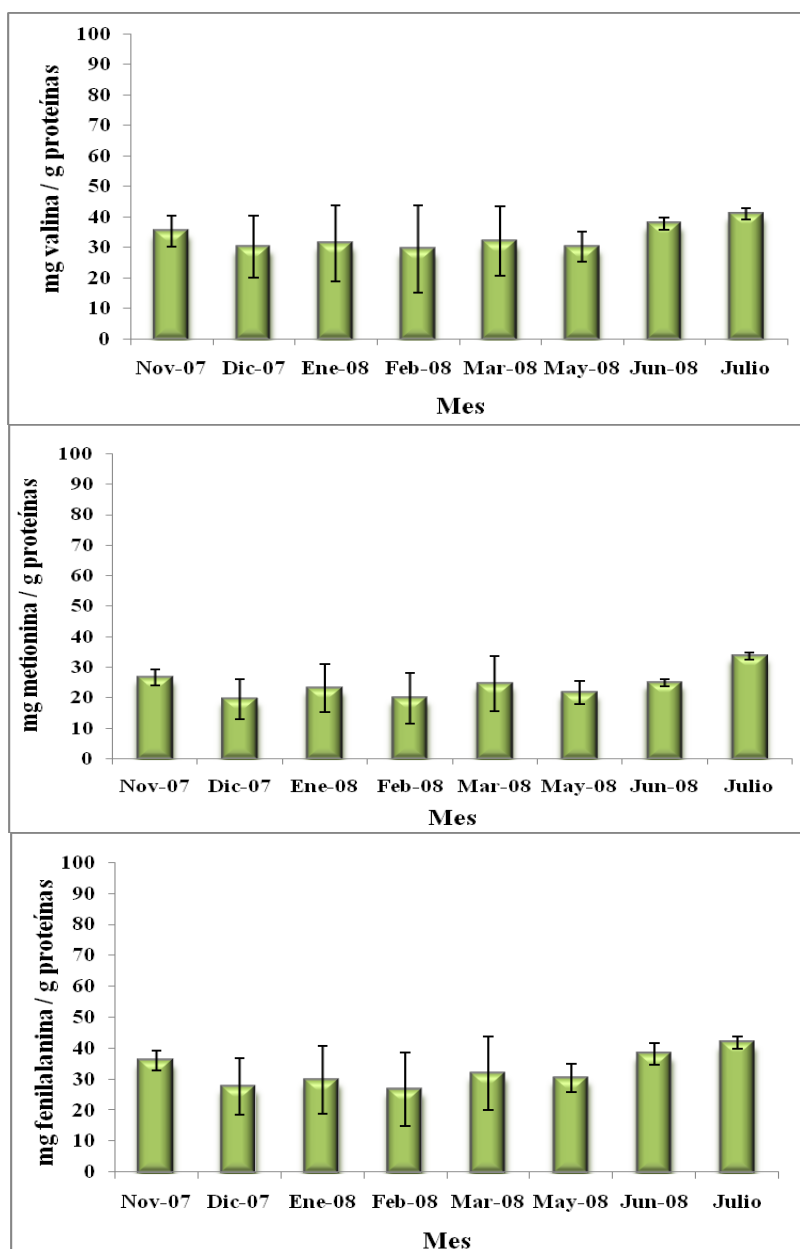


Figura 17.-Contenidos promedios de valina, metionina y fenilalanina (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata N = 3.

Tabla 6. Contenido de aminoácidos esenciales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.

Mes	Histidina	Arginina	Treonina	Valina	Metionina	Leucina	Fenilalanina	Lisina
Nov07	19.87 ± 5.5	48.79±9.12	38.57±2.46	35.27±5.15	26.60±2.59	66.15±4.39	36.05±3.18	75.49±8.4 ^{ab}
Dic-07	21.13±3.66	38.03±14.14	24±10.26	30.15±10.08	19.47±6.58	58.51±21.0	27.63±9.02	51.58±15 ^a
Ene-08	20.20±3.40	39.81±16.1	23.19±13.1	31.33±12.44	23.09±7.77	59.80±20.05	29.81±10.97	59.5±19.8 ^a
Feb-08	19.39±3.85	37.51±18.61	20.56±13.9	29.39±14.22	19.78±8.19	55.00±22.2	26.74±11.75	53.6±22.8 ^a
Mar08	19.96±2.38	43.89±18.0	23.55±14.0	32.04±11.46	24.61±8.94	64.08±21.7	31.85±11.89	61.7±18.9 ^a
May08	20.95±1.62	39.79±6.80	22.91±2.97	30.22±4.85	21.70±3.82	59.15±8.49	30.42±4.67	57.3±9.0 ^a
Jun-08	21.53±6.15	47.57±1.09	32.89±5.00	37.85±2.04	24.90±1.06	69.03±2.24	38.21±3.58	68.4±1.43 ^a
Jul-08	24.69±0.64	61.72±2.42	42.27±3.13	40.48±1.99	33.72±1.16	82.29±4.19	41.75±2.02	96.9±3.90 ^b

Los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm DE$. Letras diferentes denotan diferencias significativas, ($p < 0,05$).

Tabla 7. Resultados del ANOVA de una vía F y probabilidad para cada aminoácido esencial presentes en las muestras de *H. malabarucus* durante los meses de muestreo.

Aminoácido	f	p
Histidina	0.53667	0.793868
Arginina	1.336221	0.300282
Treonina	2.394386	0.073808
Valina	0.678433	0.688245
Metionina	2.005055	0.122228
Leucina	0.984646	0.477607
Fenilalanina	1.388620	0.279783
Lisina	3.290381	0.025085

$p < 0,05$ denotan diferencias significativas

La concentración de aminoácidos esenciales totales varió entre 261,98mg/g $\pm$ 8,68 en febrero de 2008 y 424,32mg/g $\pm$ 19,13 en julio de 2008, con un promedio de 314,36mg/g $\pm$ 54,01 (Fig. 18). El contenido de aminoácidos esenciales totales, presentó diferencias significativas con tres grupos homogéneos (Tabla 8)

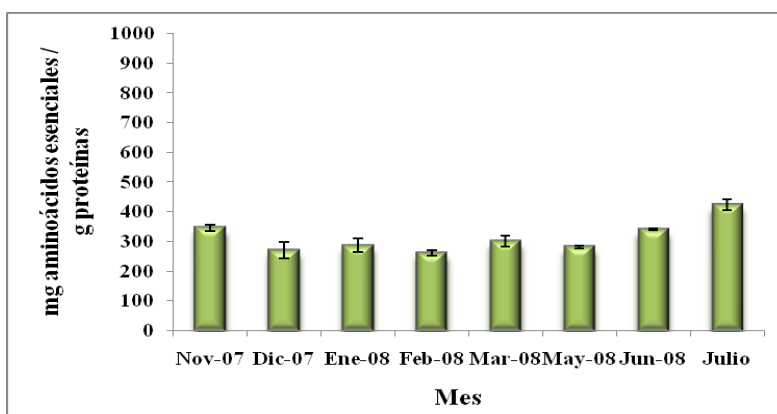


Figura 18.-Contenido de aminoácidos esenciales totales (mg/g de proteínas $\pm$ DE) en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata N = 3.

Tabla 8. Contenido de aminoácidos esenciales en (mg/g de proteína) *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.

Mes	Aminoácidos esenciales
Nov-07	346.79 $\pm$ 10.66 ^{bc}
Dic-07	270.50 $\pm$ 27.28 ^{ab}
Ene-08	286.79 $\pm$ 22.46 ^{bac}
Feb-08	261.98 $\pm$ 8.68 ^{ab}
Mar-08	301.70 $\pm$ 18.40 ^{ab}
May-08	282.46 $\pm$ 4.02 ^a
Jun-08	340.35 $\pm$ 3.20 ^{bc}
Jul-08	424.32 $\pm$ 19.13 ^c

Los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm$ DE. Letras diferentes denotan diferencias significativas, ($p < 0,05$).

El contenido de aminoácidos totales varió entre 611,85mg/g $\pm$ 12,51 en febrero de 2008 y 973,28mg/g $\pm$ 20,93 en julio de 2008, con un promedio de 724,71mg/g $\pm$ 123,85 (Fig. 19). El contenido de aminoácidos totales, presentó diferencias significativas y se registraron tres grupos homogéneos (Tabla 9)

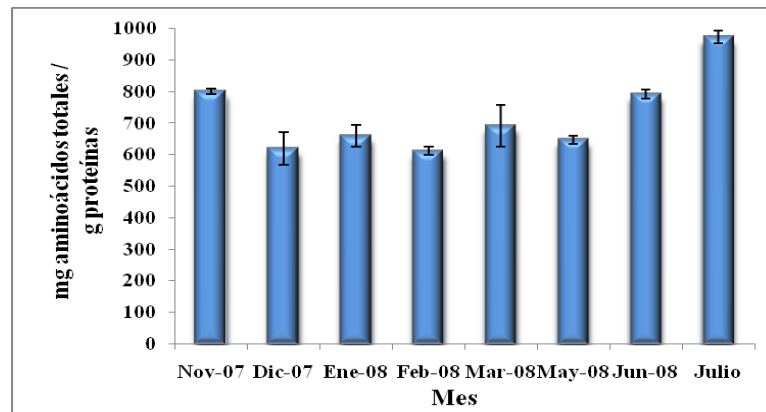


Figura 19.-Contenido de aminoácidos totales en base a los gramos de proteínas, en los meses de muestreo en *H. malabaricus*, capturadas en el embalse de Suata (mg/g $\pm$ DE) N = 3.

Tabla 9. Contenido de aminoácidos totales (mg/g de proteína) en *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo.

Mes	Aminoácidos Totales
Nov-07	800.44 $\pm$ 9.34 ^{bc}
Dic-07	618.66 $\pm$ 52.03 ^{ba}
Ene-08	660.12 $\pm$ 34.77 ^b
Feb-08	611.85 $\pm$ 12.51 ^{ba}
Mar-08	692.04 $\pm$ 65.15 ^{ba}
May-08	647.86 $\pm$ 13.39 ^a
Jun-08	793.44 $\pm$ 14.77 ^{bc}
Jul-08	973.28 $\pm$ 20.93 ^c

Los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm$ DE. Letras diferentes denotan diferencias significativas, ($p < 0,05$).

En la tabla 10, se muestra la composición química de *H. malabaricus* de referencia capturada en el embalse El Pueblito, (Estado Guárico). Se observó que los contenidos de proteínas, grasas y cenizas fueron similares a los de las guabinas capturadas en el embalse de Suata.

Tabla 10. Composición química de *H. malabaricus* de referencia (% $\pm$ DE), capturada en el embalse El Pueblito, N= 3.

Proteínas	98.24 $\pm$ 1.26
Grasas	0.16 $\pm$ 0.025
Cenizas	1.22 $\pm$ 0.075

Los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm$ DE

En la tabla 11, se muestra el contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales en la muestra de *H. malabaricus* de referencia. El aminoácido no esencial en mayor cantidad fue el ácido aspártico con 93,92 mg/g de proteínas y el aminoácido esencial en mayor cantidad fue la lisina con 81,78 mg/g de proteínas.

Tabla 11. Contenido de aminoácidos (mg/g de proteínas $\pm$ DE) de *H. malabaricus* de referencia capturada en el embalse El Pueblito, N= 3.

Aminoácido	mg/g de proteínas
Ácido aspártico	93.92 $\pm$ 13.43
Ácido glutámico	159.24 $\pm$ 17.94
Serina	36.85 $\pm$ 4.17
Glicina	44.98 $\pm$ 4.99
Histidina	20.20 $\pm$ 5.36
Arginina	50.26 $\pm$ 9.07
Treonina	42.86 $\pm$ 3.96
Alanina	59.15 $\pm$ 5.52
Prolina	31.92 $\pm$ 2.96
Tirosina	25.34 $\pm$ 4.89
Valina	34.85 $\pm$ 3.30
Metionina	28.15 $\pm$ 3.31
Isoleucina	32.99 $\pm$ 5.33
Leucina	72.71 $\pm$ 7.96
Fenilalanina	38.20 $\pm$ 3.97
Lisina	81.78 $\pm$ 8.67

Los valores son la media de tres replicaciones $n = 3 \pm$ DE

La guabina utilizada como referencia fue una hembra con huevas (Tabla 1) por lo que se realizó una prueba t-student comparándola con los ejemplares de guabinas hembras en el embalse de Suata de febrero, mayo y julio de 2008, para observar si hubo diferencias en el contenido de aminoácidos según la localidad de captura. En la tabla 12, se muestran los resultados de la prueba t- student realizada entre el ejemplar de referencia vs. los obtenidos en febrero, mayo y julio de 2008, para cada uno de los aminoácidos. Se observó que no hubo diferencias entre el contenido de aminoácidos del ejemplar de guabina referencia con los ejemplares de guabinas capturadas en febrero y julio de 2008. En el mes de mayo de 2008, si se observaron diferencias significativas pero únicamente en el contenido de algunos aminoácidos no esenciales como ácido aspártico, serina, glicina y alanina.

Tabla 12. Resultados de la prueba t-student en el contenido de aminoácidos, entre la muestra referencia capturada en el embalse el Pueblito y las muestras capturadas en febrero, mayo de y julio de 2008 en el embalse de Suata. Valores g/L y $t_{crítico} = 2,78$.

Aminoácidos	Febrero de 2008 $t_{observado}$	Mayo de 2008 $t_{observado}$	Julio de 2008 $t_{observado}$
Ácido aspártico	1.2	3,64*	1,17
Ácido glutámico	1.19	2.6	2.75
Serina	3.9*	6.97*	1.49
Glicina	2.15	4.58*	2.29
Alanina	1.82	2.97*	2.01
Prolina	1.58	1.91	1.41
Tirosina	1.04	1	2.3
Isoleucina	0.16	0.77	1.88
Histidina	0.21	0.23	1.44
Arginina	1.06	1.6	2.11
Treonina	2.65	6.97*	0.2
Valina	1.52	1.36	2.76
Metionina	1.64	2.21	2.75
Leucina	1.3	2.02	1.91
Fenilalanina	1.6	2.19	1.38
Lisina	1.99	3.33	2.75

Diferencias significativas (*)

Discusión

La composición química del músculo en las especies acuáticas puede variar dependiendo del sexo, tamaño y localización de captura, también según los factores ambientales, genéticos, morfológicos, fisiológicos, alimenticios, movimientos migratorios y cambios sexuales relacionados con el desove (Sikorki, 1999).

Las guabina *H. malabaricus* se consideró un pez magro, porque el contenido de lípidos fue menor a 3% (Maeda y col., 2002). Los lípidos almacenados son usados típicamente en las etapas de desove y durante el desarrollo de gónadas (Ando y col., 1985). El contenido de grasa en *H. malabaricus* capturadas en el embalse varió significativamente entre todos los meses de muestreo. El contenido de grasa puede variar notablemente en una especie dependiendo de la época del año, edad, sexo, ingesta de alimentos, entre otros (Bellido y col., 1999).

El contenido de cenizas indica la cantidad de minerales presentes en los peces. Según Love (1970), los valores de ceniza en pescado varían de 0,4 a 1,5%. La carne de pescado se considera una fuente particularmente valiosa de calcio, fósforo, hierro y cobre.

En las guabinas capturadas en Suata el contenido de proteínas no varió durante los meses de muestreo. Hubo una notable disminución, en febrero de 2008 posiblemente por la poca disponibilidad de alimentos en esta época de muestreo o cambios sexuales relacionados al de desove, ya que las guabinas del mes de febrero eran hembras o factores ambientales.

La calidad nutricional de las proteínas depende básicamente de su composición y de los aminoácidos esenciales (Bellido y col., 1999). Una ingesta proteica adecuada debe aportar aminoácidos esenciales y suficiente nitrógeno, para que el organismo pueda fabricar los aminoácidos no esenciales, que cumplen diferentes funciones en el

organismo (Matarese y Gottschlich, 2002). En los humanos y otros mamíferos, existe un incremento de nitrógeno en el organismo al suministrar una dieta rica en aminoácidos con sulfuros, como treonina y triptófano, acelerando así la síntesis de aminoácidos no esenciales (Abboudi y col., 2009).

Por ejemplo la serina, este aminoácido no esencial junto con otros aminoácidos, interviene en la desintoxicación del organismo, en el crecimiento muscular y en el metabolismo de grasas y de ácidos grasos (Vásquez y col., 1999). En cuanto a otros aminoácidos no esenciales la glicina, en combinación con otros aminoácidos, es un componente de numerosos tejidos del organismo. Por otra parte, el ácido aspártico participa en la desintoxicación del hígado y su correcto funcionamiento, se combina con otros aminoácidos formando moléculas capaces de absorber toxinas del torrente sanguíneo. El ácido glutámico, actúa en el funcionamiento del sistema nervioso central y como estimulante del sistema inmunológico (Vásquez y col., 1999). El ácido aspártico y el ácido glutámico fueron los aminoácidos no esenciales en mayor cantidad encontrados en *H. malabaricus* durante el periodo de estudio, resultando similar al de los investigadores, como: Demerdach y col. (1999), en *Tilapia nilotica* del lago Maryout ubicado (Egipto); Metusalach y col. (2002) en la trucha ártica *Salvelinus alpinus*; Zuraini y col. (2005) con peces del genero *Channa*; Usydu y col., (2008), en productos pesqueros de Polonia; y Adeyeye y col. (2008) en las especies de peces de *Clarias anguillaris*, *Oreochromis niloticus* y *Cynoglossus senegalensis* en Nigeria. La alanina interviene en el metabolismo de la glucosa, la prolina está involucrada en la producción de colágeno y tiene gran importancia en la respiración y en el mantenimiento de los músculos y los huesos y por último, la tirosina, funciona como un neurotransmisor directo y puede ser muy eficaz en tratamientos contra la depresión (Bellido y col.,1999). La isoleucina junto con la leucina y la hormona de crecimiento

(HGH) intervienen en la formación y respiración del tejido muscular (Vásquez y col., 1999).

Durante los meses de noviembre y diciembre se observaron bajos valores de aminoácidos no esenciales en los ejemplares examinados, probablemente debido a los bajos valores de nitrógeno observados en el embalse (González y col., 2009). Así mismo, un incremento pudo deberse al aumento de las concentraciones de nitrógeno al aumentar las precipitaciones en el cuerpo de agua a partir de junio de 2008.

La calidad de las proteínas en la dieta es un factor importante que influye en el crecimiento de los peces. Para evaluar la calidad de las proteínas, las variables comúnmente estudiadas son la composición de los aminoácidos esenciales, la digestibilidad y la eficiencia del uso de proteínas (Gaye-Siessirger y col., 2006), estudiaron el efecto de una dieta compuesta con aminoácidos no esenciales sobre el crecimiento de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y concluyeron que una dieta basada en el suministro de aminoácidos no esenciales incrementa la masa del cuerpo y crecimiento de la tilapia. Así mismo, Bervoets y col. (2005) y Abboudi y col. (2009) estudiaron los aminoácidos no esenciales en el salmón atlántico (*Salmon salar*) y encontraron resultados similares.

Cuando un alimento contiene proteínas con todos los aminoácidos esenciales, se dice que son de alta calidad (Matarese y Gottschlich, 2002). La ausencia o deficiencia de aminoácidos esenciales en humanos induce un balance nitrogenado negativo, pérdidas de peso, retraso en el crecimiento en niños y síntomas de enfermedad.

La lisina y la leucina fueron los aminoácidos esenciales mayoritarios en *H. malabaricus*, lo cual también fue registrado por: Metusalach y col. (2002) en la trucha ártica *Salvelinus alpinus*; Zuraini y col. (2005) en peces del genero *Channa*; y Usydu y col. (2008), en productos pesqueros de Polonia. La lisina, en asociación con varios

aminoácidos, interviene en diversas funciones, incluyendo el crecimiento, respiración de los tejidos, generación anticuerpos del sistema inmunológico y síntesis de hormonas (Matarese y Gottschlich. 2002). La leucina junto con la isoleucina y la hormona de crecimiento (HGH) intervienen en la formación y respiración del tejido muscular.

Las necesidades proteicas de un organismo vienen determinadas por la provisión de los aminoácidos que un organismo es incapaz de producir por si mismo (Moreno 2000). En *H. malabaricus* el aminoácido esencial limitante, el encontrado en menor cantidad, fue la histidina con un contenido total durante los meses de muestreo de 20,96 mg/g de proteínas. Un déficit de histidina en humanos puede ocasionar algunos problemas de crecimiento de tejidos (Matarese y Gottschlich. 2002). Este aminoácido debe ser suministrado en lactantes (Vásquez y col., 1999); (Matarese y Gottschlich. 2002), ya que en combinación con hormonas de crecimiento (HGH) y algunos aminoácidos asociados contribuyen al crecimiento y respiración de los tejidos.

La arginina está implicada en la conservación del equilibrio de nitrógeno y dióxido de carbono y en el sistema inmunológico (Matarese y Gottschlich. 2002). Por otra parte, la treonina junto con la metionina y el ácido aspártico cumplen funciones desintoxicación en el hígado.

La valina estimula el crecimiento y la respiración de los tejidos, la metionina interviene en la síntesis de proteínas y constituye el principal limitante en su formación (Vásquez y col., 1999). La fenilalanina interviene en la producción de colágeno, fundamentalmente en la estructura de la piel del tejido conectivo (Bellido y col., 1999).

En el embalse de Suata, la producción de fitoplancton fue elevada por el alto contenido de nitrógeno y fósforo (González y col., 2009); pero también se registró la presencia de contaminantes, como metales, pesticidas, entre otros, que pudieron haber afectado el contenido de aminoácidos esenciales totales.

En febrero de 2008 y diciembre de 2008 se observaron los menores valores en el contenido de aminoácidos esenciales, no esenciales y totales, que pudieron afectar la calidad nutricional de las proteínas del pescado; probablemente por la disminución de nutrientes. Durante estos meses la velocidad del viento era baja impidiendo la suspensión de nutrientes del fondo de las aguas a la superficie para aumentar su disponibilidad (González y col., 2009). Además, el embalse de Suata por las abundantes actividades antrópicas en sus alrededores, recibe numerosos contaminantes como metales que afectan la salud de todo el hábitat acuático, calidad y alimentos disponibles. Los pesticidas pueden causar supresión inmune, problemas neurotóxicos, desorden de tiroides y toxicidad en peces (Neto y col., 2008). El amonio es otro factor de contaminación en ambientes acuáticos por descomposición de la materia orgánica y prácticas de agricultura. El amonio es tóxico en vertebrados causando convulsiones, coma o muerte (Randall y Tsui 2002).

En el embalse los valores de amonio fueron elevados durante todos los meses del período de estudio (González y col., 2009). Estos valores elevados, unidos a valores de pH superiores a 9, pudieron indicar que el amonio estuvo presente en forma de hidróxido de amonio, el cual es tóxico para los peces (Wetzel, 2001). Al presentarse el amonio en forma de hidróxido de amonio, los peces probablemente suprimieron el consumo de alimentos en estado de latencia y lo manifestaron al presentar la disminución en el contenido de aminoácidos totales durante algunos de los meses de muestreo.

Los peces requieren mayor cantidad de aminoácidos esenciales que otros animales. El contenido total de proteínas y aminoácidos varía con el contenido energético de las dietas, especies y edades de los peces. La lisina es el principal componente de los aminoácidos esenciales que promueven el crecimiento y previenen la

mortalidad (Abboudi y col., 2006). El suplemento de arginina, por una parte es necesario para un crecimiento óptimo.

Signos de deficiencia de estos aminoácidos en los peces incluyen la reducción de crecimiento, pobre conversión alimenticia, reducción de apetito y alteraciones anatómicas. En la trucha (*Salmo gairdneri*), se ha demostrado que una deficiencia de metionina, puede causar el desarrollo de cataratas, pobre crecimiento y supervivencia (Ketola y col. 1982).

Tabla 13. Patrón óptimo de aminoácidos esenciales para humanos, según Food and Nutrition Board, 2002.

Aminoácidos Esenciales	mg/g de proteínas
Histidina	18
Lisina	55
Leucina	51
Metionina	25
Fenilalanina	47
Treonina	27
Valina	32

Las cantidades de aminoácidos esenciales presentados por la tabla 13, son muy similares al promedio de aminoácidos esenciales presentes en *H. malabaricus*. Estos peces aportan proteínas de valor nutritivo, porque la lisina u la leucina son los aminoácidos esenciales en mayor cantidad, y los productos pesqueros son particularmente buena fuente de lisina, que se encuentra en bajas proporciones en cereales, legumbres y frutos secos (Usydus y col., 2008).

A pesar de que el contenido de proteínas en las guabinas fue similar durante el periodo del estudio, su calidad nutricional fue bajo, ya que el contenido de aminoácidos no esenciales fue mayor al contenido de aminoácidos esenciales.

La composición química de la guabina referencia fue similar a la que presentaron las guabinas capturadas en el embalse de Suata por lo que el grado de

eutrofización de este último no pareció afectar el contenido de aminoácidos en las proteínas de las guabinas *H. malabaricus*. Tampoco hubo diferencias significativas entre el contenido de aminoácidos de la guabina referencia capturada en el embalse El Pueblito con las guabinas del embalse de Suata. Se observaron algunas diferencias en el contenido de aminoácidos no esenciales en el mes de mayo de 2008 cuando normalmente comienzan el período de lluvia en el embalse (González y col., 2009) y a la vez el ciclo reproductivo de las guabina y hubo una disminución significativa en el contenido de aminoácidos no esenciales de las guabinas del embalse de Suata con la guabina de referencia, posiblemente por la reducción de la tasa metabólica debido a la etapa de reproducción que promueve a la supresión de alimentos que afecta la síntesis de aminoácidos en los peces. (Thaphorn 1992).

Conclusiones

Las condiciones registradas en el embalse de Suata durante los meses de muestreo no afectaron los contenidos de proteínas en las guabinas *H. malabaricus*.

Las guabinas *H. malabaricus* capturadas en el embalse de Suata aportan proteínas de valor nutritivo, ya que contienen altas concentraciones de lisina y otros aminoácidos esenciales.

Las condiciones de las aguas del embalse de Suata parecieron no afectar el contenido de aminoácidos y la calidad nutricional de las proteínas en las guabinas.

Las guabinas *H. malabaricus* comercializadas en el embalse de Suata pueden ser consumidas por los humanos desde el punto de vista nutricional, por la cantidad y calidad de sus proteínas.

Recomendaciones

Es conveniente realizar en los análisis una clasificación por edad, talla y sexo de los peces, garantizando mejores resultados con menor dispersión.

Obtener más número de ejemplares para disminuir las desviaciones en los cálculos y tener resultados más precisos y confiables.

Las muestras referencias deben ser capturadas en cuerpos de agua en los que no haya exposición a contaminantes y sus aguas presenten buena calidad en cuanto a sus características fisicoquímicas.

Bibliografía

- * Abboudi, T; Mambrini, M; Larondelle, Y; Ooghe, W; Rollin, X. 2006. Protein and lysine requirements for maintenance and for tissue accretion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. *Aquaculture*. **261**: 369-383.
- * Abboudi, T; Mambrini, M; Larondelle, Y; Rollin, X. 2009. The effect of dispensable amino acids on nitrogen and amino acid losses in Atlantic salmon (*Salmon salar*) fry fed a protein-free diet. *Aquaculture*. **289**: 327-333.
- * Adeyeye, E.I. 2008. Amino acid composition of three species of Nigerian fish: *Clarias anguillaris*, *Oreochromis niloticus* and *Cynoglossus senegalensis*. *Food Chemistry*. 1-4
- * Anderzeg, P., 1981. Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces. Universidad Central de Venezuela, IZT y Universidad de Varsovia. Departamento de Hidrología – Caracas. 271.
- * Ando, S; Hatano, M; Zama, K., 1985. A consumption of muscle lipid during spawning migration of chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Bull Japan Society Science fish*. **51**: 1817-1824.
- * AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemist. XVI ED. Editado por Mowist. Washington D.C.
- * Arú, R. 2008. Estudio del contenido de metales pesados en aguas y peces del embalse Suata- Estado Aragua. Tesis de Licenciatura, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- * Bellido D., Roman D., 1999. Manual de nutrición y metabolismo. See. London. Cap. II.
- * Bervoets, L; Knaepkens, G; Eens, M; Blust, R. 2005. Fish community responses to metal pollution. *Environmental Pollution*. **138**: 338-349.

- * Brown, M., 1991. Amino acids and sugar composition of 16 species of microalgae used in mariculture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **145**: 147-99
- * Camargo, J; Alonso, A. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*. **32**:831-849.
- * Campos, P; Martino, R; Trugo, L. 2005. Amino acids composition of Brazilian surubim fish (*Pseudospaltystoma coruscans*) fed diets with different levels and sources of fat. *Food Chemistry*. **96**:126-130.
- * Cheftel, J; Louis, J; Lorient, D;. 1989. Proteínas Alimentarias. Editorial Acribia. España. Pag 141-300.
- * Cheng, H; Zhu, X; Qian, J; Zhu, N; Zhao, L; Chen J. 2007. Hydrolysis technology of biomass waste to produce amino acids in sub- critical water. *Bioresource Technology*. **99**:3337-3341.
- * Codex Alimentarius. 1995. Norma general de codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos. Codex Stan 193-1995.
- * COVENIN 1766, Norma Venezolana. 1995. "Atún en conserva". Tercera revisión.
- * COVENIN 1087, Norma Venezolana. 1998. "Sardinas en conservas". Quinta revisión.
- * Dermardash, F; Elagamy E.I. 1999. Biological effects in *Tilapia nilotica* fish as indicators of pollution by cadmium and mercury. *International Journal of Environmental Health Research*. **9**:173-186.
- * Di Bellay, G; Licata, P; Bruzzese, A; Naccari, C; Trombetta, D ; Lo Turco, V; Dugo, G. 2006. Levels and content pattern of polychlorinated biphenyl and

organochlorine pesticide residues in bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) from the Straits of Messina (Sicily, Italy). *Environment International*.**32**:705-710.

* Environmental Protection Agency.1999.Water Quality Standards handbook. Secon Edition.Appendixes A.

* Food and Nutrition Board. 2002. Dietary Reference Intakes amino acids essential. Institute of medicine National Academy Press. Washington.

* Gaye- Siessegger, J; Focken, U; Abel, H; Becker, K. 2006. Influence of dietary non-essential amino acids profile on growth performance and amino acid metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.).*Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* **146**: 71-77.

* González, E; 2000. Caracterización limnológica de embalse El Pueblito (Estado Guárico, Venezuela). Trabajo de Ascenso. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

* González, E; Alvarez, M; Barrero, M. 2009.Limnología y efecto de los impactos antrópicos sobre los peces de interés comercial del embalse de Suata (Estado Aragua) y del Lago de Valencia (Estados Aragua y Carabobo). Informe final. I Etapa (embalse de Suata. Universidad Central de Venezuela.

* González, Y. 2008. Composición química y disponibilidad ambiental de los elementos en los sedimentos del embalse Suata, Estado Aragua, Venezuela. Tesis de Licenciatura, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

* Infante Y. 1999. Análisis químico de aminoácidos, ácidos grasos y carbohidratos en muestras de pargo dienton *Lutjanus griseus*.Tesis de Licenciatura, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

* Ketola, G,. 1982. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. *Comp. Biochem. Physiol.* **73B**: 17-22.

- * Love, R., 1970. The chemical biology of fishes. With a key to the chemical literature. Academic Press. London. 288.
- * Malares, J; Mela, M; da Silva de Assis, H; Pelletier, E; Ferreira, M; Oliveira, C. 2006. Enzymatic inhibition and morphological changes in *Hoplias malabaricus* from dietary exposure to lead (II) or methylmercury. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **67**: 82-88.
- * Maeda, A., 2002. Los moluscos pectínidos de Iberoamérica. Ciencia y acuicultura. Limusa. **2**: 406-408.
- * Matarese L., Gottschlich M., 2002. Nutrición Clínica Práctica. El Sevier. España. Cap II, III y IV.
- * Metusalach, A; Brown, J; Shahidi, F. 2000. Variations in the Contents of Crude Protein, Total and Free Amino Acids of Arctic Charr (*Salvelinus alpinus*) Reared at Different Stocking Densities. *Journal of Aquatic Food Products Technology*. **9**:39-55.
- * Moreno R. 2000. Nutrición y dietética para tecnólogos de alimentos. Díaz de Santos. España. Cap III y IV.
- * Neto, F; Zanata, S; Silva de Assis, C; Nakao, L.S; Randi, C.A; Oliveira R. 2008. Toxic effects of DDT and methyl mercury on the hepatocytes from *Hoplias malabaricus*. *Toxicology in vitro*. **22**: 1705- 1713.
- * Nollet L. 1992. Food Analysis by HPLC. Board. New York. Cap I, II y III.
- * Papes, F; Surpili, M; Langone, F; Trigo, J; Arruda, P. 2000. The essential amino acid lysine acts as precursors of glutamate in the mammalian central nervous system. *FEBS Letters*. **488**: 34-38.
- * Protocolo “Determinación de aminoácidos totales y libres”. Cervecerías Polar, C.A 2008.

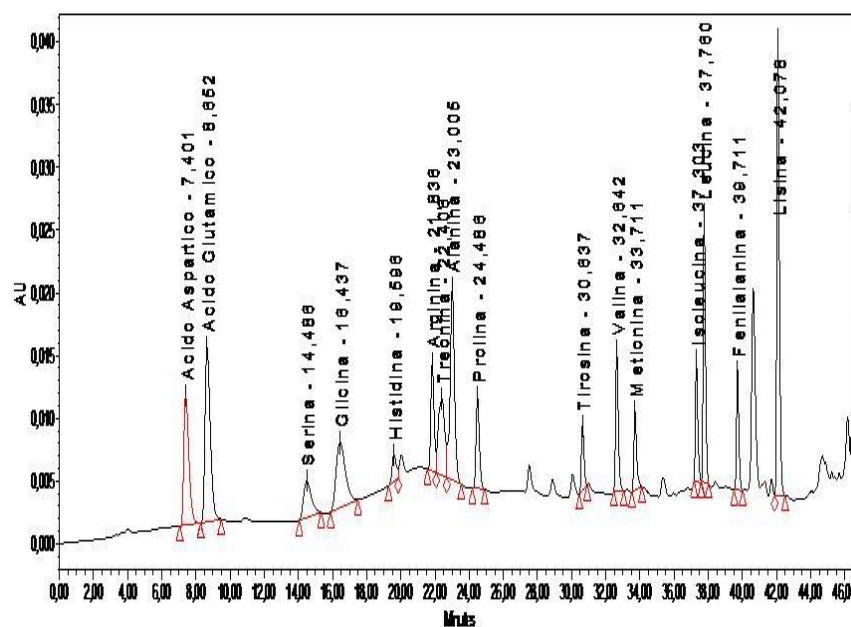
- * Provenzano, F; Milani, N; Donascimento, C; Marcano, A; Rodríguez, E; Marcano, T. 2007. http://izt.ciens.ucv.ve/mbucv/peces/Proyecto%20Atlas/paginaweb/CHARACIFORMES_ERYTHRINIDAE_Familia_Hoplias%20malabaricus.htm. Consultado Junio 2009.
- * Randall, D.J; Tsui T;. 2002. Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin*. **45**: 17- 23.
- * Sandstrom, B; Amgren, A; Kivisto, B; Cederblad, A. 1989. Effect of protein and protein source on zinc absorption in humans. *Journal of Nutrition*. **199**: 48-53.
- * Sikorski Z.E., 1990. Postharvest biochemical and microbial change. Seafood: Resources, Nutritional composition and preservation. CRS. USA. pp 55-75.
- * Taphorn, D. 1992. The characiform fishes of the Apure river drainage, Venezuela. *Biollania*. 443-450.
- * Usydus, Z; Szlinder-Richert, J; Adamczyk, M. 2008. Protein quality and amino acid profiles of fish products available in Poland. *Food Chemistry*. **112**: 139-145.
- * Vásquez C., De Cos A., López C., 1999. Alimentación y Nutrición. Díaz de Santos. Madrid. Capítulo V.
- * Wetzel, R. 2001, Limnology. Lake and river ecosystems. 3rd edition. Academic Press. San Diego, 1006 p.
- * Zuraini, A; Somchit, M.N; Solihah, M.H, Goh, Y; Arifah, A; Zakaria, M; Smochit, N; y col. 2005. Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian *Channa* spp. fish. *Food Chemistry*. **97**: 674-678.

ANEXOS

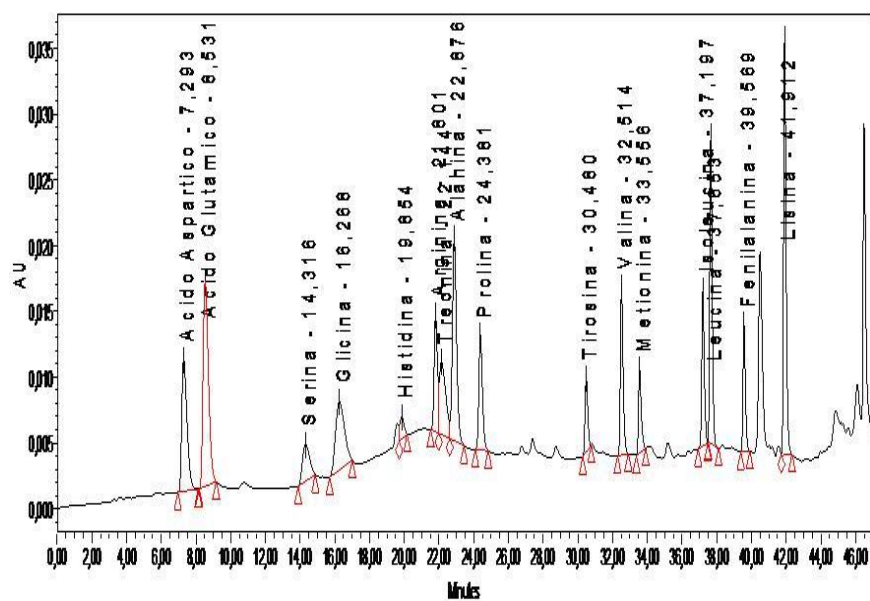
Cromatogramas de aminoácidos

Cromatogramas de aminoácidos

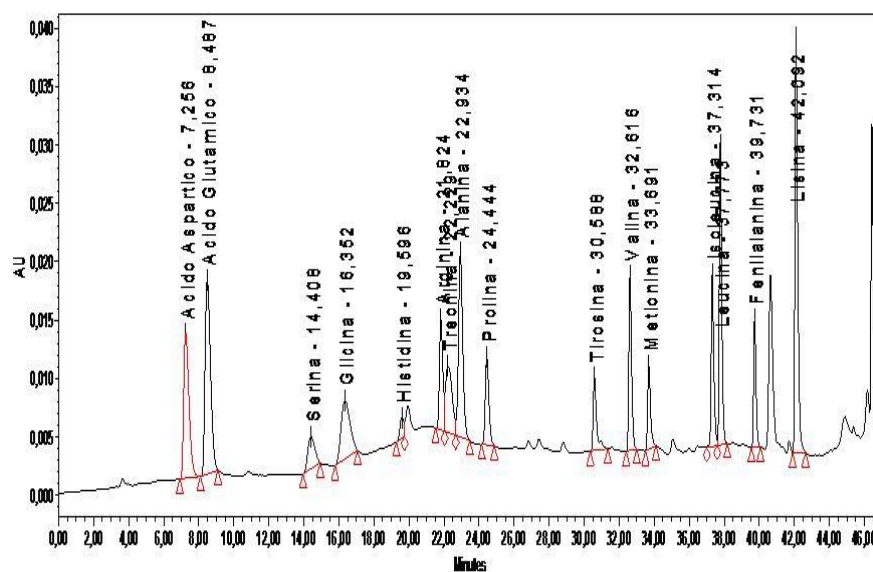
Noviembre de 2007



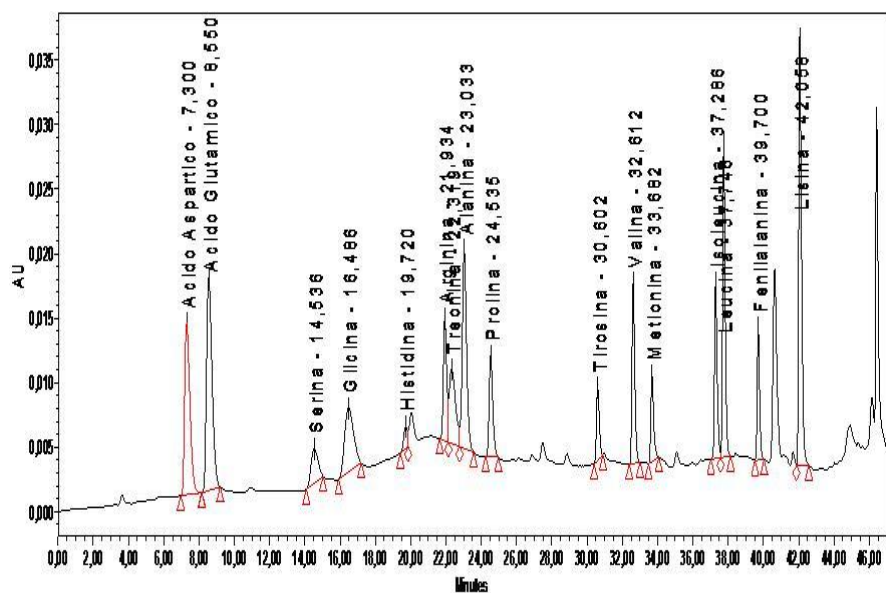
Diciembre de 2007



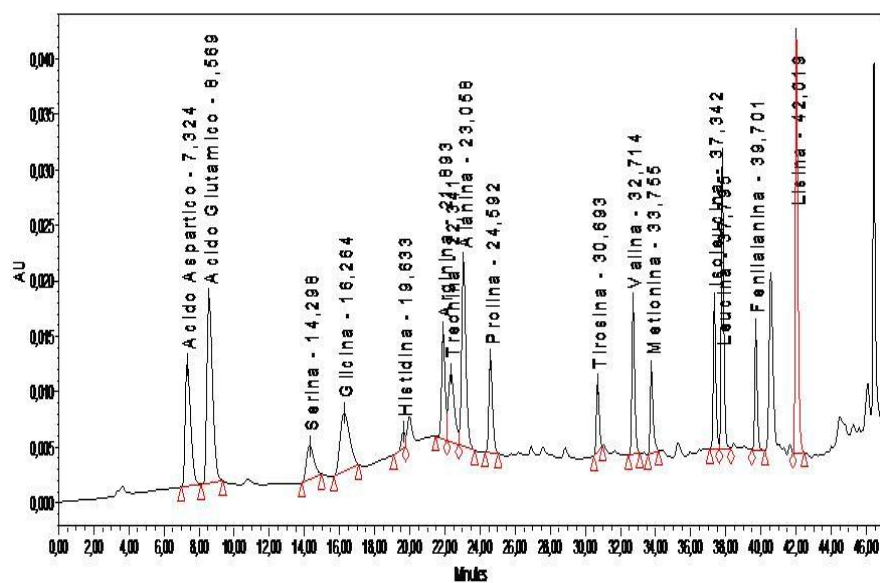
Enero de 2008



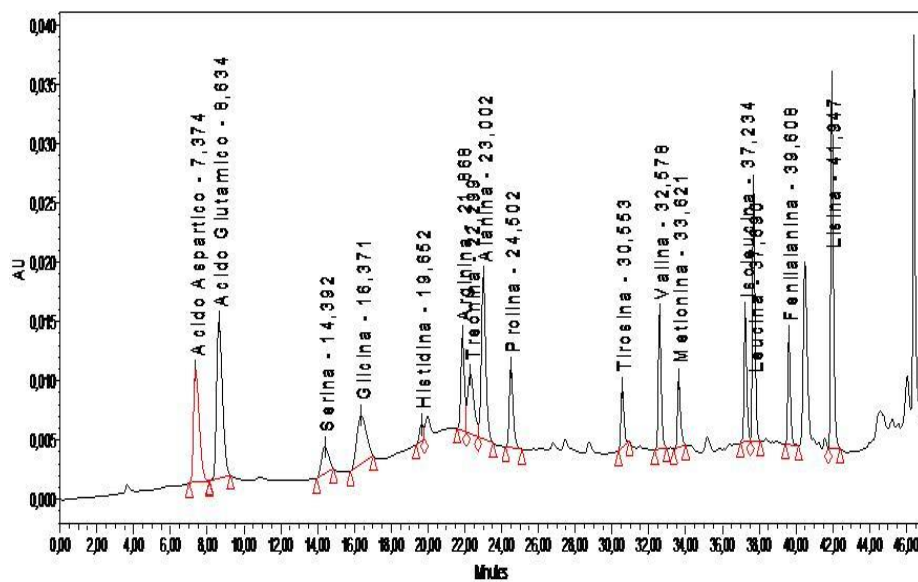
Febrero de 2008



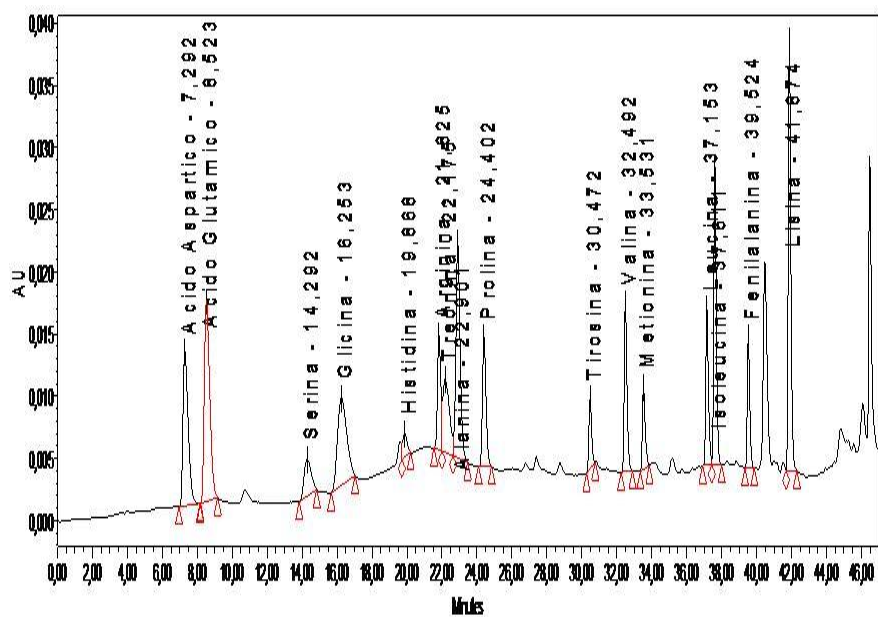
Marzo de 2008



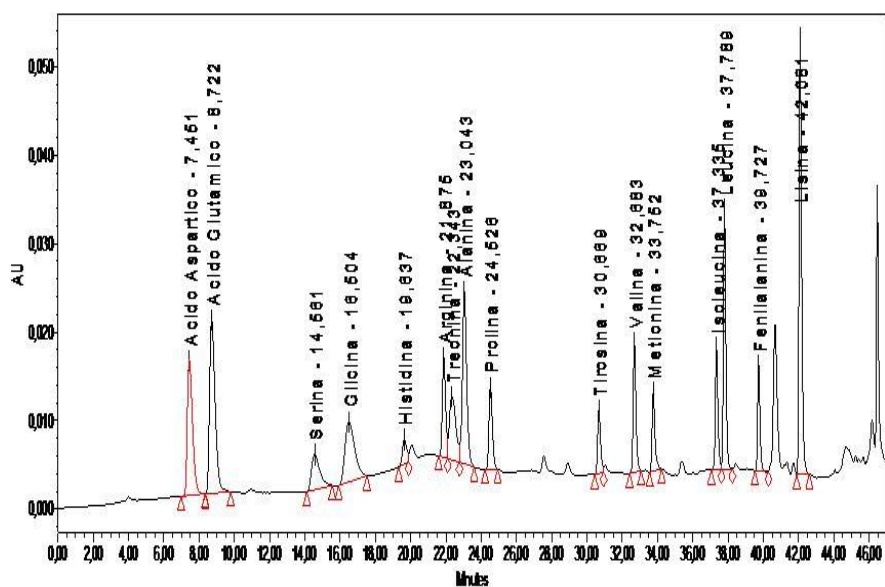
Mayo de 2008



Junio de 2008



Julio de 2008



Referencia de Enero de 2009

