

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS PECUARIAS



**EFFECTO DE DOS TIPOS DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL
CONTENIDO MINERAL EN TEJIDOS DE JUVENILES DE PAICHE
(*Arapaima gigas* Cuvier 1829), CRIADOS EN JAULAS, EN TINGO
MARÍA.**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

LIZ MARITÉ GONZALES ASTOQUILCA

PROMOCIÓN 2006 - II

Tingo María - Perú

2010



M12

G69

Gonzales Astoquilca, Liz M.

Efecto de dos Tipos de Alimentación Sobre el Contenido Mineral en Tejidos de Juveniles de Paiche (*Arapaima gigas* Cuvier 1829), Criados en Jaulas, en Tingo María. Tingo María, 2010

64 h.; 11 cuadros; 3 fgrs.; 37 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Zootecnista) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Zootecnia.

ARAPAIMA GIGAS / CRIANZA - CAUTIVERIO / ALIMENTACIÓN /
MINERALES / PAICHE JUVENILES / METODOLOGÍA / TINGO
MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA

Av. Universitaria Km. 2 Teléfono: (062) 561280
TINGO MARÍA

"Año de la Unión Nacional Frente a la Crisis Externa"



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 30 de octubre del 2009, a horas 7:00 p.m. para calificar la tesis titulada:

EFFECTO DE DOS TIPOS DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL CONTENIDO MINERAL EN TEJIDOS DE JUVENILES DE PAICHE (*Arapaima gigas*, Cuvier 1829), CRIADOS EN JAULAS, EN TINGO MARÍA.

Presentada por la bachiller **Liz Marité GONZALES ASTOQUILCA**; después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobada con el calificativo de **"BUENO"**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el **TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 95, inciso "i" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 30 de octubre del 2009

Ing. MARCO A. ROJAS PAREDES
Presidente



Ing. WALTER PAREDES ORELLANA
Miembro

M.Sc. MEDARDO DIAZ CESPEDES
Miembro

M.Sc. JUAN LAO GONZALES
Miembro - Asesor

DEDICATORIA

El esfuerzo y la dedicación puestos en esta tesis están dirigidos a profesionales, técnicos, estudiantes y todas las personas interesadas en el tema.

A Mis Padres Máximo Gonzales Fonseca y Mariela Astoquilca de Gonzales por su afecto y comprensión, con su dedicación y sacrificio hicieron posible mi formación profesional.

A mis hermanos Noelia y Weninger por brindarme apoyo, alegría y la fortaleza necesaria para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme fuerza, voluntad, salud, vida y oportunidad de aprender, mejorar y crecer junto a personas tan especiales para mí.

A mi entorno que me dio las facultades para pensar en mi futuro y sobre todo a mis padres Máximo y Mariela, por darme la estabilidad emocional, económica, sentimental; para poder llegar hasta este logro, que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin ustedes.

Gracias a la vida que tengo y a mis amigos que más quiero, si no fuera por ellos mi sueño no lo habría cumplido.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la formación profesional.

A mi asesor MSc. Juan Lao Gonzales, por su amistad, paciencia y su constante apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

Al jurado de esta tesis al Presidente Marco Rojas Paredes y demás miembros Walter Paredes Orellana y Medardo Díaz Céspedes por su apoyo para la culminación de esta tesis.

A los docentes de la Universidad, por sus aportes académicos y amistosos.

Al PhD. Manuel Sandoval Chacón a quien debo al realizar esta tesis prestigiosa

A Cristiham Silva Macetas por su colaboración y afecto.

Al Sr. Walter Hidalgo Sifuentes por brindarnos su infraestructura acuícola.

A la Sra. Glelia Ríos, Marlene Durand, Henry Revilla, Lidia Morales por su apoyo ánimo y amistad.

A Luz Jara, secretaria de la facultad de Zootecnia, por su atención y amistad.

A mi familia por tener la paciencia de esperarme con tanta vehemencia.

A mis compañeros y amigos por compartir las angustias y gratificaciones, a todos ellos gracias.

Con mucho cariño, humildemente Liz Marité Gonzales Astoquilca.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos generales del <i>Arapaima gigas</i>	3
2.2. Alimentación del paiche	5
2.3. Generalidades e importancia de los minerales	6
2.4. Macro minerales.....	8
2.4.1. Calcio.....	8
2.4.2. Magnesio.....	10
2.4.3. Sodio y Potasio.....	12
2.5. Micro minerales.....	13
2.5.1. Hierro.....	13
2.5.2. Zinc.....	15
2.5.3. Manganeso.....	17
2.5.4. Cobre.....	19
2.6. Minerales en la piscicultura.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Lugar y fecha de trabajo experimental.....	25
3.2. Animales e instalaciones.....	25
3.3. Alimento y Alimentación.....	26
3.4. Metodología de estudio.....	29
3.4.1. Colección de muestras y toma de datos.....	29
3.4.2. Análisis de las muestras.....	29
3.4.3. Análisis de minerales.....	31
3.5. Variable independiente	32
3.6. Tratamientos.....	32
3.7. Análisis estadístico.....	32
3.8. Variables dependientes.....	33

3.8.1. Determinación de Macro elementos	33
3.8.2. Determinación de Micro elementos	34
IV. RESULTADOS	35
4.1. Contenido de Calcio en tejidos.....	35
4.2. Contenido de Magnesio en tejidos.....	36
4.3. Contenido de Sodio en tejidos	36
4.4. Contenido de Potasio en tejidos.....	37
4.5. Contenido de Cobre en tejidos.....	38
4.6. Contenido de Manganeso en tejidos.....	39
4.7. Contenido de Zinc en tejidos.....	40
4.8. Contenido de Hierro en tejidos.....	41
V. DISCUSIÓN.....	44
5.1. Contenido de Calcio en tejidos.....	44
5.2. Contenido de Magnesio en tejidos.....	45
5.3. Contenido de Sodio en tejidos	46
5.4. Contenido de Potasio en tejidos.....	47
5.5. Contenido de Cobre en tejidos.....	47
5.6. Contenido de Manganeso en tejidos.....	49
5.7. Contenido de Zinc en tejidos.....	50
5.8. Contenido de Hierro en tejidos.....	52
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES.....	55
VIII. ABSTRACT.....	56
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXO	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición nutricional del pez forraje: bujurqui (<i>Cichlassoma sp</i>) ¹ ..	27
2. Composición nutricional de la ración balanceada.....	28
3. Contenido de Ca (%) en tejidos de paiche (<i>Arapaima gigas</i> Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación ¹	35
4. Contenido de Mg (%) en tejidos de paiches (<i>Arapaima gigas</i> Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación ¹	36
5. Contenido de Na (%) en tejidos de paiches (<i>Arapaima gigas</i> Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación ¹	37
6. Contenido de K (%) en tejidos de paiches (<i>Arapaima gigas</i> Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación ¹	38
7. Contenido de Cu (ug/g) en tejidos de paiches (<i>Arapaima gigas</i> Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación ¹	39
8. Contenido de Mn (ug/g) en tejidos de paiches (<i>Arapaima gigas</i> Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación ¹	40
9. Contenido de Zn (ug/g) en tejidos de paiches (<i>Arapaima gigas</i> Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación ¹	41
10. Contenido de Fe (µg/g) en tejidos de paiches (<i>Arapaima gigas</i> Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación ¹	42
11. Contenido de minerales en el agua del estanque donde se realizó la crianza de juveniles de paiche.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Flujograma de proceso de tejidos de paiche para el análisis de minerales.	31
2. Contenido de los macro minerales (%) en base a materia seca en dos tipos de alimento	43
3. Contenido de los Micro minerales ($\mu\text{g/g}$) en base a materia seca en dos tipos de alimento	43

RESUMEN

El experimento se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal y el Laboratorio de Espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; en la ciudad de Tingo María, Huánuco - Perú; con el objetivo de determinar el contenido mineral en muestras de músculo, hígado, riñón, escama, aleta, branquias, intestinos y hueso de paiches juveniles (*Arapaima gigas* Cuvier, 1829), sometidos a dos regímenes de alimentación. Los animales (n=80) con peso promedio de 413 g, longitud promedio de 40 cm fueron distribuidos al azar en 2 grupos experimentales con 4 repeticiones, se criaron en jaulas, donde recibieron sus respectivas raciones según sea pez forraje (PF) o balanceado extruído (RB); las muestras se colectaron después de 12 semanas de alimentación, para ello, fueron sacrificados 4 ejemplares por tratamiento. La cuantificación de Macro elementos Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K); y Micro elementos: Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Hierro (Fe) se realizó por Absorción Atómica (EAA) con llama de aire y acetileno utilizando un equipo Perkin Elmer Modelo, Video 12. Los resultados muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) mediante la prueba de t Student, para el contenido macro elementos que presentaron variaciones desde 0.058 - 25.620 y 0.050 - 21.412 % de Ca; 0.078 - 0.365 y 0.095 - 0.380 % de Mg; 0.345 - 0.658 y 0.242 - 0.705 % de Na; 0.078 - 1.218 y 0.042 - 1.228 de K, para PF y RB, respectivamente. Asimismo, para el contenido de micro elementos cuya variación fue de 4.503 - 94.100 y 4.888 - 106.733 $\mu\text{g/g}$ de Cu; 1.038 - 11.683 y 1.273 - 31.310 $\mu\text{g/g}$ de Mn; 13.080 - 726.478 y 14.178 -

464.360 $\mu\text{g/g}$ de Zn; y 23.398 – 1147.033 y 12.843 – 1048.138 $\mu\text{g/g}$ de Fe, para PF y RB, respectivamente. En conclusión, el contenido de macro y micro minerales en juveniles de paiche presentó concentraciones diferentes debidas principalmente a la naturaleza y función de cada uno de los tejidos evaluados y la contribución de la ración administrada. La concentración de Ca y Mg fue mayor en los tejidos de estructura ósea (hueso, escama, aleta, branquias) comparado a tejidos suaves (hígado, riñón, músculo, intestino).

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la piscicultura es considerada como una actividad prometedora para el desarrollo del Alto Huallaga, pues esta región cuenta con abundancia de agua y suelos inundables y muy bien se puede desarrollar esta actividad. Sin embargo, el beneficio económico de la piscicultura se encuentra íntimamente relacionado con el suministro y el costo del alimento.

En los últimos años el paiche *Arapaima gigas*, se está perfilando como una especie promisoría y de gran importancia para la piscicultura, por su alto valor comercial en el mercado nacional e internacional, por la excelente calidad de su carne, y por su resistencia al manipuleo (FONTENELE & VASCONCELOS, 1982). El paiche se alimenta de pez forraje caracterizándolo como piscívoro, es por ello, que exige relativamente altas concentraciones de proteína en la ración; así mismo. Se conoce que todas las formas de vida requieren minerales para realizar sus funciones vitales por ser nutrientes esenciales para el crecimiento, producción y reproducción de los animales, en la cual se incluye los peces.

Los sistemas intensivos buscan optimizar la producción de paiche a escala comercial mediante la alimentación con raciones balanceadas que

permitan cubrir sus necesidades y expresar su mayor crecimiento. El paiche como toda especie animal requiere de cantidades mínimas de minerales para desarrollarse de manera adecuada, siendo el medio en que vive, y el alimento que consume quienes los provee.

Sin embargo, considerando el hábito alimenticio del paiche es necesario conocer los cambios en la composición de sus tejidos que pueden ocurrir en un proceso de adaptación a una dieta no natural; por lo que es importante conocer si el tipo de alimento influye en la concentración de minerales en tejidos del paiche. Para ello nos trazamos como objetivo: Determinar el contenido mineral en muestras de músculo, hígado, riñón, escama, aleta, branquia, intestinos y hueso de paiches juveniles, sometidos a dos regímenes de alimentación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales del *Arapaima gigas*

El paiche (*Arapaima gigas*), es uno de los principales recursos pesqueros tradicionales y populares en la cuenca amazónica, de gran importancia económica debido a la calidad y cantidad de su carne; científicamente es de gran interés por ser una especie primitiva única en su género. Asimismo, el paiche es una de las especie más conocidas que puede llegar en su fase de adulto a tener una longitud de 3 metros y puede llegar a pesar cerca de 200 Kg (REBAZA *et al.*, 1999).

GUERRA (1980), refiere que el paiche es una de las pocas especies de agua dulce de esta región de América Tropical, que ha merecido la atención de muchos estudiosos tanto regionales como foráneos; debido posiblemente a su gran valor científico y económico, figura en segundo lugar en cuanto a volumen de ingreso a Iquitos, según estadísticas del Ministerio de Pesquería.

El paiche es considerado como pez de clima ecuatorial, con temperatura ambiental elevada todo el año (con promedio de 26 °C) y más de

2000 mm de precipitación anual; habita en regiones de tierras bajas del Río Amazonas y sus tributarios (FRANCO, 2005).

IMBIRIBA *et al.* (1996) refiere que el paiche es una especie estrictamente ictiófaga, es decir que se alimenta exclusivamente de peces. Presenta el cuerpo en forma alargada revestida de grandes y espesas escamas; la aleta caudal tiene forma redondeada. La cabeza del paiche es pequeña en relación al tamaño del cuerpo y presenta una boca superior grande y oblicua. Los ejemplares adultos presentan los caracteres sexuales secundarios solamente pocos días antes y después del desove.

Los machos adquieren una coloración rojiza, en cambio en las hembras esta coloración es poco perceptible. Los paiches presentan órganos sexuales impares, en el caso del macho la funcionalidad se restringe al testículo izquierdo pues el del lado derecho está atrofiado. Como los demás peces ictiófagos, el tubo digestivo del paiche es corto; esta especie presenta dos aparatos respiratorios: branquias para respiración acuática y vejiga natatoria, que se comunica con el tubo digestivo y funciona como pulmón. La respiración aérea del paiche representa un proceso vital para la especie ya que pueden morir si son impedidos de salir a la superficie (IMBIRIBA *et al.*, 1996).

ALCÁNTARA y GUERRA (1992), indican que el paiche es un pez de gran demanda en la amazonía, cuyas posibilidades de cultivo han sido poco exploradas fundamentalmente por su régimen carnívoro. También han

demostrado que paiches sembrados con un peso promedio de 845 g y 45 cm. utilizando “bujurqui” como presa en su cultivo, alcanzaron 3.468 g de peso promedio y una longitud de 73.7 cm en 14 meses de estudio.

La taxonomía del paiche según CAMPOS (2001), es como sigue:

Orden	: Osteoglossiformes
Suborden	: Osteoglossoidei
Superfamilia	: Osteoglossoidae
Familia	: Arapaimidae
Género	: Arapaima
Especie	: <i>Arapaima gigas</i> (Cuvier 1829)
Nombre común	: Paiche ó Picarucú

2.2. Alimentación del paiche

VENTURIERI y BERNARDINO (2002), refieren que a pesar de las conversiones elevadas normales en especies carnívoras, la ganancia del peso diario del paiche es notable, lo que confirma el excelente potencial que la especie tiene para su cultivo. PADILLA *et al.* (2003), indica que el hábito alimenticio de peces carnívoros es una de las mayores dificultades para su crianza en cautiverio, aun así, esta dificultad puede ser solucionada a través de la alimentación con raciones peletizadas o extrusadas, pero se debe tener en consideración un etapa previa de adaptación a dicho alimento.

NICOVITA (2003), los alimentos balanceados para camarones y peces deben ser diseñados, producidos y evaluados para las diferentes etapas y modalidades de cultivo de cada especie y deben poseer un balanceado de nutrientes esenciales, como: proteínas, aminoácidos, ácidos grasos, micro nutrientes minerales y vitamínicos.

En el medio acuático, el control de aporte alimentario está íntimamente ligado a la capacidad de absorción (branquias, piel, vía oral) a partir del medio ambiente. Los animales acuáticos son los más capaces de encontrar en cierto número de macro minerales y de oligosacaridos al margen de su alimentación (GUILLAUME *et al.*, 2004).

2.3. Generalidades e importancia de los minerales

Los minerales y elementos traza según TACON (1989), son constituyentes esenciales de las estructuras esqueléticas, como por ejemplo huesos y dientes; juegan un papel clave en el mantenimiento de la presión osmótica y consecuentemente, regulan el intercambio de agua y solutos dentro del cuerpo animal; sirven como constituyentes estructurales de tejidos blandos; son esenciales para la transmisión de los impulsos nerviosos y para las contracciones musculares juegan un papel vital en el equilibrio ácido-base corporal y consecuentemente regulan el pH de la sangre y otros fluidos corporales y sirven como constituyentes esenciales de muchas enzimas, vitaminas, hormonas y pigmentos respiratorios, o como cofactores en el metabolismo, catálisis y como activadores enzimáticos.

Los peces son capaces de absorber parte de los minerales requeridos directamente del agua a través de las branquias o incluso a través de toda la superficie corporal. La absorción de minerales del agua es un proceso importante para la osmoregulación en peces de agua dulce así como también importante desde el punto de vista nutricional; sin embargo, la absorción de minerales varía entre las especies de peces, y con las variaciones en ciertos factores ambientales, como concentración de minerales, temperatura y pH del agua. Parece ser que los minerales absorbidos del agua no satisface el requerimiento total por lo tanto es necesario un aporte complementario en la dieta ya sea en el alimento natural o en la alimentación complementaria. Los elementos necesarios para los procesos metabólicos de los peces se clasifican en estructurales como el calcio, fósforo, flúor y magnesio son importantes para la formación de huesos; sodio y cloro son los principales electrolitos del plasma sanguíneo y el líquido extracelular, el azufre, potasio y fósforo son los principales electrolitos del líquido intracelular; respiratorios como el hierro y cobre que al formar la hemoglobina participan en la transferencia de oxígeno en la sangre y los metabólicos (HEPHER, 1993).

ADHIKARI (2004), refiere que en algunas especies, el calcio, sodio y potasio, también guardan cierta relación con el magnesio, ya que un aumento en la concentración de este último puede incidir en la homeostasis de los primeros.

Según Mc DOWELL (1992), los macro elementos son requeridos en más de 100 partes por millón (ppm) y frecuentemente se expresan en porcentaje, entre ellos están: cloro, sodio, calcio, fósforo, magnesio, potasio y azufre. Los micro elementos son requeridos en cantidades menores de 100 ppm entre ellos están: hierro, yodo, cobalto, cobre, flúor, manganeso, molibdeno, selenio, zinc, cromo, boro, arsénico, plomo, vanadio, níquel, estaño, silicio, litio.

2.4. Macro minerales

2.4.1. Calcio

El calcio es el principal componente de los huesos, cartílago y del exoesqueleto de crustáceos; esencial para la coagulación normal de la sangre, al estimular la liberación de la tromboplastina de las plaquetas sanguíneas; activador de varias enzimas claves, incluyendo la lipasa pancreática, la fosfatasa ácida, colinesterasa, ATPasa, y succinil dehidrogenasa; estimula la contracción muscular (por ejemplo promueve el tono muscular y el latido cardíaco normal) y regula la transmisión del impulso nervioso de una célula a otra, por medio de su control en la producción de acetilcolina (TACON, 1989).

Según HEPHER (1993), el Ca es el más alto constituyente inorgánico del cuerpo de los animales. El 99% se encuentran en los huesos y el 1% restante desempeña funciones vitales en el organismo. Mientras que GUILLAUME *et al.* (2004) indica que una carencia alimentaria de Ca raramente induce una disminución de crecimiento en peces. En un medio dulceacuícola

los requerimientos alimentarios pueden variar en función a la concentración de este mineral en el agua. Durante el desarrollo precoz su deficiencia pueden acarrear deformaciones del cráneo y vértebras, en ciertas condiciones de ayuno prolongado, madurez sexual pueden llevar una descalcificación intensa sobretodo afecta a las escamas. El contenido más alto de Ca está sobre todo en el esqueleto, siendo más del 30% y en escamas más del 80%. Las escamas constituyen por lo general la reserva más movilizable de Ca. En la carne de pescado (músculo) el contenido varia de 0.02 a 0.5% de materia fresca.

Según MUÑOZ (1990), la absorción de calcio requiere de energía. Las sustancias que promueven la absorción de calcio son vitaminas A, lactosa y proteínas. Las proteínas, por medio de la liberación de aminoácidos durante la digestión, facilita la formación de sales solubles de calcio. La lactosa también puede favorecer la absorción de calcio por interacción con las células de la mucosa intestinal, con lo que aumenta la permeabilidad de los iones de calcio.

Phillips *et al.* (1955) citado por HEPHER (1993) mencionan que el Ca absorbido del agua se acumula principalmente en los huesos con fines estructurales en vez de metabólicos. Su captación, tanto por absorción y asimilación a partir del agua como por asimilación a partir del alimento, depende del metabolismo del pez. Mientras mayor es este, mayor es la captación; de este modo los peces privados de alimentos, en los cuales el metabolismo es bajo, captan menos Ca que los peces alimentados. La temperatura influye en el metabolismo del Ca, la captación es mayor cuando la

temperatura es mayor. La osmorregulación que depende de la concentración de minerales en el agua; afecta el metabolismo y la captación de Ca. La absorción del Ca a partir del agua hace a los peces menos dependientes del calcio del alimento.

2.4.2. Magnesio

Según TACON (1989), el magnesio es un componente esencial de huesos, cartílago y del exoesqueleto de crustáceos; es un activador de varios sistemas enzimáticos claves, incluyendo cinasa (por ejemplo, enzimas que catalizan la transferencia del fosfato terminal del ATP al azúcar o algún otro receptor), mutasas (reacciones de transfosforilación), ATP asas musculares y las enzimas coliesterasa, fosfatasa alcalina, enolasa, dehidrogenasa isocítrica, arginasa, desoxirribonucleasa y glutaminasa. A través de su papel en la activación enzimática, el magnesio (al igual que el calcio) estimula el músculo y la irritabilidad nerviosa (contracciones), está involucrada en la regulación del balance ácido-base intracelular y juega un papel importante en el metabolismo de carbohidratos, proteínas y lípidos. El Mg es fácilmente absorbido a través del tracto gastrointestinal, branquias, piel y aletas de peces y crustáceos. A semejanza del calcio y fósforo, una proporción de magnesio contenido en las materias alimenticias vegetales, puede estar presente en forma de fitina (sal de Ca ó Mg del ácido fítico).

GUILLAUME *et al.* (2004) reporta que en peces el contenido de magnesio es de orden 20 a 100 mg/100g. Este metal es uno de los

constituyentes mayor de los tejidos óseos su metabolismo presentan similitudes con el del calcio. El magnesio interviene en la osmoregulación, síntesis proteica y crecimiento. La deficiencia de magnesio retarda el crecimiento, anorexia, deformación esquelética, calcicosis renal y distrofia muscular.

Según MUÑOZ (1990), la concentración de magnesio en las células de los tejidos blandos es mayor que cualquier otro mineral con excepción del potasio. El magnesio es requerido para la respiración celular específicamente en la fosforilación oxidativa que conduce a la formación del ATP, ADP y AMPc; así mismo, es activador de todas las reacciones enzimáticas que requieren tiamina pirofosfato (TPP) de varias de las reacciones en el metabolismo de lípidos y proteínas. También juega un rol importante en la transmisión y actividad neuromuscular, actuando en algunas etapas sinérgicamente con el calcio y en otras como antagonista de este elemento.

El magnesio es un constituyente esencial de los huesos de los peces, y su actividad metabólica se interrelaciona con el metabolismo de calcio y el fósforo. Asimismo es esencial en algunos procesos enzimáticos del metabolismo de los carbohidratos, en especial los relacionados con metabolitos ricos en fósforo y con ATP (HEPHER, 1993). El músculo de los peces en general tiene 4.5 – 452 mg/100g de Mg (FAO, 1998).

2.4.3. Sodio y Potasio

Según TACON (1989), el sodio y potasio se les encuentra en casi todos los fluidos y tejidos blandos del cuerpo, el sodio se encuentra principalmente en los fluidos celulares, mientras que el potasio se encuentra principalmente dentro de las células. Desempeñan una función vital en el control de la presión osmótica y en el equilibrio ácido-base. Igualmente juegan papeles importantes en el metabolismo del agua; es el principal ión monovalente de los fluidos extracelulares los iones de sodio constituyen el 93% del total de los iones (bases) encontrados en el torrente sanguíneo. Aunque el principal papel del sodio en los animales está asociado con la regulación de la presión osmótica y el mantenimiento del balance ácido-base, también ejerce un efecto en el proceso de irritabilidad muscular y juega un papel específico en la absorción de carbohidratos; es el principal catión de los fluidos intracelulares, y regula la presión osmótica intracelular y el balance ácido-base. Al igual que el sodio, el potasio tiene un efecto estimulante en la irritabilidad muscular. Además es requerido para la síntesis de glicógeno y proteínas, así como el desdoblamiento metabólico de la glucosa.

Según GUILLAUME *et al.* (2004) estos minerales son responsables del mantenimiento del equilibrio iónico extracelular (Na^+ y Cl^-) o intracelular (k^+). La función que juega el Na^+ - Cl^- ATPasa y las células secretoras de cloruro en la osmorregulación es muy significativa.

El metabolismo del sodio está regulado por la aldosterona, hormona de la corteza adrenal que promueve la reabsorción tubular renal. En ausencia de esta hormona la excreción de sodio está incrementada. Además existen otros mecanismos de control pero que ejercen menor efecto (MUÑOZ, 1990). La concentración de potasio del músculo para todos los peces fluctúa entre 19 a 502 mg/100g (FAO, 1998)

El potasio y sodio son absorbidos del tracto gastrointestinal, a través de la piel, aletas y branquias de peces y crustáceos (TACON, 1989). Las sales de sodio se absorben con rapidez y circulan por todo el cuerpo y la excreción se realiza a través de los riñones en la forma de cloruros y fosfatos (MUÑOZ, 1990). El sodio se encuentra en todos los tejidos corporales, las más altas concentraciones se encuentran en el hígado y riñones (DEL RÍO y SARRÍA, 1986).

2.5. Micro minerales

2.5.1. Hierro

Según TACON (1989), el hierro es un componente esencial de los pigmentos respiratorios, hemoglobina y mioglobina; y de varios sistemas enzimáticos, incluyendo los citocromos, catalasas, peroxidasa y las enzimas xantina, aldehído oxidasa y la succinil deshidrogenasa; como un componente de los pigmentos respiratorios y las enzimas involucradas en la oxidación del tejido, el hierro es esencial para el transporte de electrones y oxígeno dentro del cuerpo.

GUILLAUME *et al.* (2004) refiere que el hierro es indispensable para la síntesis de hemoglobina, interviene también en reacciones enzimáticas. La carencia de hierro conduce a la anemia; los peces son capaces de absorber el hierro disuelto en agua; mientras que el exceso de hierro puede aumentar la peroxidación de los lípidos siendo especialmente sensible los ácidos grasos polinsaturados.

Según MUÑOZ (1990), el metabolismo del hierro puede ser descrito como integrado por dos circuitos: uno interno, con reutilización continua de hierro a partir de células catabolizadas en el organismo; y un circuito externo representado por las pérdidas de hierro del organismo y la absorción a partir de la dieta. El principal componente del circuito interno es la reutilización del hierro a partir del catabolismo de los glóbulos rojos. El hierro liberado de la hemoglobina en el sistema retículo endotelial es captado por la transferrina y transportado a la médula ósea para la formación de la hemoglobina en los eritrocitos neoformados. Una fracción del hierro es usada, como es sabido, en la formación de otras células, pero la principal parte del metabolismo interno del hierro es su reciclaje en la masa de glóbulos rojos. Aproximadamente 26% del hierro corporal está almacenado en el hígado, bazo y huesos en la forma ferritina y hemosiderina (hierro proteína complejas). También hay cantidades menores almacenadas en otros tejidos. La absorción del hierro se efectúa principalmente en el duodeno y yeyuno. Los tipos de hierro dietario en relación a los mecanismos de absorción son el hemínico y el no hemínico. El hierro hemínico es captado por las células de la mucosa y

desdoblados dentro de ellas por una enzima desdobladora del compuesto hemo.

TACON (1989), refiere que el hierro es absorbido a través del tracto gastrointestinal, branquias, aletas y piel de peces y crustáceos. La disponibilidad y absorción del hierro, generalmente es abatida al tener ingesta elevadas de fosfato, calcio, fitatos, cobre y zinc en la dieta. Las fuentes inorgánicas de hierro son más rápidamente absorbidas, que las fuentes orgánicas, el hierro ferroso (Fe^{++}), es más fácilmente absorbido que el férrico (Fe^{+++}). Sustancias reductoras, tal como la vitamina C propicia la absorción de hierro no-hemo.

El contenido de hierro de la carne bovina se reportó en promedio de 1.31 mg/100 g, en hígado 6.04 mg/100g, en riñón 3.02 mg/100g (VALENZUELA *et al.*, 2008).

2.5.2. Zinc

LIM y KLESIUS (2000), mencionan que los requisitos dietéticos de zinc para los peces varían de 15 a 30 mg/Kg de dieta. Algunas de las señales de deficiencia de zinc traen consecuencias negativas en crecimiento deprimido, anorexia, alta mortalidad, cataratas, enanismo.

TACON (1989), refiere que el zinc es un componente esencial de más de 80 metaloenzimas, incluyendo anhidrasa carbónica (requerida para el

transporte de dióxido de carbono en la sangre y para la secreción de HCl en el estómago), dehidrogenasa glutámica, fosfatasa alcalina, piridina nucleótido dehidrogenasa, alcohol dehidrogenasa, superóxido dismutasa, carboxipeptidasa pancreática y triptófano desmolasa; sirve como cofactor en muchos sistemas enzimáticos, incluyendo arginasa, enolasa, varias peptidasas y decarboxilasa oxaloacética; interviene en el metabolismo del lípidos, proteínas y carbohidratos, ya que es un componente activo o cofactor de importantes sistemas enzimáticos; siendo particularmente activo en la síntesis y metabolismo de los ácidos nucleicos (ARN) y proteínas. Aunque no ha sido probado, se ha sugerido que el zinc juega un papel importante en la acción de hormonas, tales como la insulina, glucagón, corticotropina, FSH y LH. Se piensa que el zinc ejerce un efecto positivo en la curación de heridas. Este mineral es absorbido del tracto gastrointestinal a través de branquias, aletas y piel de peces y crustáceos. La disponibilidad y absorción del zinc, ofrecido en la dieta, es reducida en la presencia de fitatos, así como por una ingesta alta de calcio, fósforo y cobre.

GUILLAUME *et al.* (2004) indica que el zinc es el cofactor en los sistemas enzimáticos que intervienen en la utilización de casi todos los nutrientes. Así mismo afirma que el zinc es importante en la proteína contra la autorización (vía la superóxido dismutasa o SOD), en salmónidos, la deficiencia de zinc induce cataratas disminución de crecimiento, enanismo y disminución de las actividades de la fosfatasa y de la SOD.

La disponibilidad del zinc depende de varios factores de origen alimentario, la absorción intestinal de zinc está ligada a la presencia de Ca y P. Se considera al zinc al igual que el cobre como elementos esenciales por estar ligados a importantes funciones fisiológicas (GUTIERREZ - GALINDO *et al.*, 1990). Se requiere de zinc para el crecimiento normal, desarrollo, y función de todas las especies animales. Los peces pueden absorber zinc del agua y de las fuentes dietéticas. Sin embargo, el zinc dietético es más eficazmente absorbido que el zinc del agua (NRC, 1993).

Las altas concentraciones de este mineral a pesar de ser un elemento nutritivo para los organismos en los peces influyen de forma negativa en el sistema reproducción causando problemas en las branquias, generando estrés, abrasión de la piel, hemorragia en las aletas y degeneración de la actividad hepática (HOGSTRAND *et al.*, 1994).

Según VILLANUEVA y PAEZ (1996), para los peces en general el nivel de concentración de zinc en músculo es de 200 µg/g. Mientras que DEL RÍO y SARRÍA (1986) refieren que el zinc está presente en casi todos los tejidos en altas concentraciones en hígado, músculo estriado y huesos.

2.5.3. Manganeso

El manganeso funciona en el cuerpo como un activador enzimático para aquellas enzimas que intervienen en la transferencia de un grupo fosfato (fosfato transferasas y fosfato dehidrogenasas), particularmente aquellas

involucradas en el ciclo del ácido cítrico, incluyendo la arginasa, fosfatasa alcalina y hexoquinasa; es un componente esencial de la enzima piruvato carboxilasa. También funciona como cofactor o componente de varios sistemas enzimáticos claves, es esencial en la formación de huesos (en la síntesis de muco polisacáridos, regeneración de células sanguíneas, metabolismo de carbohidratos y el ciclo reproductivo). El manganeso es absorbido del tracto gastrointestinal, a través de branquias, aletas y piel de peces y crustáceos. La disponibilidad y absorción del manganeso ofrecido en la dieta es reducida en presencia de fitatos, así como por una elevada ingesta de Ca (TACON, 1989).

HEPHER (1993), indica que el manganeso está relacionado con el metabolismo de la arginasa en el hígado y la composición de algunas peptidasas, activa muchas enzimas, como fosfoglucomutasa, colinesterasa, α -cetodescarboxilasas oxidativas y ATPasa en el músculo. La deficiencia de manganeso en trucha arco iris presenta cataratas, inhibición de crecimiento y malformación de la columna vertebral y la cola.

El manganeso actúa directamente como parte integrante de las enzimas (piruvato, carboxilasa, lipasa, SOD) o como cofactor de varias enzimas implicadas en el metabolismo de nitrógeno, lípidos y glúcidos. La deficiencia de manganeso se traduce en una disminución del crecimiento, deformaciones esqueléticas. La absorción a partir del agua es escasa, el requerimiento alimentario varía entre 12 y 20 mg/Kg de alimento según la especie y las condiciones de cultivo (GUILLAUME *et al.*, 2004).

En general, los niveles de Mn observadas en tejidos de peces marinos y de agua dulce varían entre 0.2 – 19.00 mg/Kg (HOWE *et al.*, 2004). Mientras que las concentraciones más elevadas de Mn se encuentra en el hígado, hueso, páncreas, tracto gastrointestinal y en las células hepáticas (DEL RÍO y SARRÍA, 1986).

2.5.4. Cobre

Según TACON (1989), el cobre es un componente esencial de numerosos sistemas enzimáticos de oxidación-reducción. Por ejemplo, el cobre es un componente de las enzimas citocromo oxidasa, uricasa, tirosinasa, superóxido dismutasa, amino oxidasa, lisil oxidasa, y ceruloplasmina; como componente de la enzima ceruloplasmina (ferroxidasa), está íntimamente involucrado en el metabolismo del hierro y por lo tanto en la síntesis y mantenimiento de las células rojas de la sangre. Se piensa que el cobre es también indispensable para la formación del pigmento melanina y por ende en la pigmentación de la piel, así como para la formación de huesos y tejido conectivo y para el mantenimiento de la integración de la vainas de mielina de las fibras nerviosas. El cobre es absorbido del tracto gastrointestinal, por las branquias, aletas y piel de peces y crustáceos. La disponibilidad y absorción del cobre ofrecido en la dieta se ve reducida en presencia de fitatos, así como por una elevada ingesta de zinc, hierro, molibdeno, cadmio, sulfatos inorgánicos, y carbonato de calcio.

GUILLAUME *et al.* (2004) indica que el cobre facilita también la absorción de otros micro elementos como hierro y el zinc. Está implicado en el transporte de electrones. La actividad de numerosas enzimas Cu, Zn –SOD (superóxido dismutasa), catalasa tiroxinasa etc, depende de la presencia de cobre, la deficiencia alimentaria de cobre se traduce en una disminución de la actividad de la SOD y de la citocromo oxidasa y a veces en cataratas o los peces absorben con facilidad el cobre disuelto pudiendo causar numerosos problemas de toxicidad los requerimientos de cobre son del orden 3 a 5 mg/kg de alimento. Por su parte VILLANUEVA y PAEZ (1996) mencionan que la concentración de cobre en músculo de peces en general es de 150 µg/g.

VALENZUELA *et al.* (2008) realizó un trabajo de investigación en la que determinó niveles de minerales en diferentes órganos de vacunos de la raza Holstein, encontrando en hígado 5.85 ± 0.08 mg/100g, riñón 0.28 ± 0.03 mg/100g, y en músculo en todos los cortes 0.06 ± 0.03 – 0.19 ± 0.01 mg/100g de cobre.

2.6. Minerales en la piscicultura

Existen trabajos descriptivos conducidos en Pucallpa por el Instituto Veterinario de investigaciones Tropicales y de altura IVITA (1977); donde reportan análisis de fósforo, calcio y cloro, siendo el fósforo el limitante, encontrándose valores muy bajos en los embalses muestreados; con valores próximos a cero en la época de creciente. Siendo el suelo el que juega un rol importante en la regulación de la fisiología del ecosistema, han medido valores

hasta de 9.69 mg/L, de calcio, hasta 2.13 mg/L de fósforo y cloro por encima de 10 mg/L.

La afinidad de los elementos metálicos por las diversas especies estaría asociada además de la dieta alimentaria, al estado metabólico de las mismas. Estas fluctuaciones en el contenido metálico estarían condicionadas por la variabilidad ambiental natural relacionada entre otros factores a las características del hábitat, la disponibilidad del alimento, tamaño, edad del organismo, y la variabilidad estacional que condicionaría el estado fisiológico de la especie y los factores históricos de vida como la migración y reproducción (Ward y Correll, 1992, citado por JACINTO y AGUILAR, 2007)

Las diferencias entre tejidos se relacionan con la capacidad de cada uno de inducir la síntesis de proteínas que fijen los metales, las mayores concentraciones se encuentran en el hígado, donde hay una gran cantidad de estas proteínas (ECOTROPÍA, 2003).

En la fabricación de piensos, una buena fuente de minerales es la harina de pescado (el total de minerales puede ser en este pez hasta de un 8% de la dieta). Las dietas experimentales que son deficientes de minerales provocan disminución del crecimiento, poco apetito, deformaciones esqueléticas, (caso del calcio y el fósforo), anemias (caso del hierro, cobre y cobalto) y convulsiones, (caso del magnesio). Por otro lado, un exceso de minerales aumenta el gasto de energía por parte del pez para eliminarlos; en

y obtuvieron como resultado que en el músculo de los peces las concentraciones son las siguientes: Fe entre 31.26 ± 0.06 $\mu\text{g/g}$ y 68.36 ± 0.05 $\mu\text{g/g}$; Mn entre 2.02 ± 0.05 y 4.16 ± 0.03 $\mu\text{g/g}$; Zn entre 19.09 ± 0.01 y 28.89 ± 0.01 $\mu\text{g/g}$.

GONZÁLES *et al.* (2007) realizaron un trabajo de investigación de análisis de concentración de K, Na, Ca, Mg, Fe en tejido muscular en *P. brachypomus* en Venezuela y los resultados fueron los siguientes, un promedio 45.32 ± 0.52 $\mu\text{g/g}$ en la concentración de hierro, 3497.48 ± 107.06 $\mu\text{g/g}$ en la concentración de calcio, 1528.95 ± 29.25 $\mu\text{g/g}$ en la concentración de magnesio, 3529.66 ± 65.24 $\mu\text{g/g}$ en la concentración de sodio y 16488.90 ± 264.69 $\mu\text{g/g}$ en la concentración de potasio.

MÁRQUEZ *et al.* (2008), determinaron la concentración de minerales en diferentes especies de peces e indica que el manganeso es un metal esencial en el metabolismo enzimático de muchas especies., y los niveles encontrados en músculo son inferiores a las determinadas en otras especies de peces, donde oscilaron entre 2.02 $\mu\text{g/g}$ para *Hypostomus sp* y 4.16 $\mu\text{g/g}$ para *P. squamosimos*, valores intermedios de 3.50 $\mu\text{g/g}$ y 3.91 $\mu\text{g/g}$ fueron detectados para *P. fasciatum* y *P. cariba*, respectivamente. Sin embargo, se reportan en los peces concentraciones mayores de zinc en tejido muscular que oscilaron entre 19.09 $\mu\text{g/g}$ para *P. cariba* y 32.23 $\mu\text{g/g}$ para *P. squamosimos*, valores intermedios de 27.07 $\mu\text{g/g}$ y 28.89 $\mu\text{g/g}$ fueron detectados para *P. fasciatum* y *Hypostomus sp.*, respectivamente. En

Plasgiosium squamosimos, *Pigocentrus cariba*, *Pseudoplatystoma fasciatum* e *Hypostomus* sp para los cuales se cuantificaron concentraciones de hierro entre 31.26 ± 0.06 y 68.36 ± 0.05 $\mu\text{g/g}$.

HEPHER (1993), en el agua dulce, el medio exterior es fuertemente hipotónico en relación con el medio inferior. La diferencia de la presión osmótica conlleva a una pérdida de sales y una absorción de agua a través de la piel con eliminación renal de una orina muy diluida, aunque muy abundante en volumen (alrededor de 100 ml/Kg/día). A nivel branquial, la pérdida de sodio se ve compensada por una eficacia aumentada de bomba de sodio.

DEL ÁGUILA, SANDOVAL y GARCÍA, (2007), realizaron una investigación con el objetivo de determinar la concentración de minerales del músculo del paiche de la región Loreto-Perú en etapa juvenil y adulto, los cuales indicaron que el contenido de macro minerales en paiches juveniles fue de 0.043 ± 0.011 , 0.099 ± 0.003 , 0.911 ± 0.145 y 0.227 ± 0.054 % para Ca, Mg, K, y Na, respectivamente; mientras que en paiches adultos las concentraciones fueron de 0.033 ± 0.006 , 0.106 ± 0.005 , 1.039 ± 0.095 y 0.242 ± 0.027 % para Ca, Mg, K, y Na, respectivamente. Asimismo, el contenido de micro minerales en paiches juveniles fue de 2.361 ± 0.328 , 13.046 ± 2.924 , 0.853 ± 0.121 , y 27.536 ± 13.088 mg/Kg; mientras que en paiches adultos los valores fueron de 2.886 ± 0.249 , 13.835 ± 0.857 , 2.317 ± 0.277 , y 19.333 ± 5.426 mg/Kg, para Cu, Zn, Mn y Fe, respectivamente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de trabajo experimental

El presente trabajo se realizó, en la “Estación Piscícola Villa Hidalgo” ubicado en la localidad de Santa Rosa de Shapajilla, distrito de Padre Felipe Luyando. La fase de laboratorio para determinar la concentración de minerales se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal y Espectrofotometría de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; Ubicado en la ciudad de Tingo María distrito de Rupa Rupa Provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, a 660 m.s.n.m, 09°17'58” latitud sur y 76°01'07” longitud oeste, con una temperatura promedio de 24.85 °C, humedad relativa de 80%. Cuya zona de vida: bosque húmedo-pre montano subtropical y con precipitación pluvial media anual de 3220 mm, distribuidas con mayor intensidad en meses de noviembre a marzo (UNAS, 2005).

El trabajo de investigación se inició el 15 de julio y se culminó el 28 de octubre del 2007.

3.2. Animales e instalaciones

En el experimento se utilizó 80 juveniles de paiche, con peso promedio de 413 ± 85.5 g, una longitud promedio de 40 ± 2.1 cm de ello se

sacrificó 8 ejemplares para el análisis de minerales 4 de cada tratamiento. Los animales se criaron en 4 jaulas de madera divididas en dos, provistas de una tapa cubiertas con malla anchovetera, con dimensiones de 3.00 x 1.50 x 1.10 m largo, ancho y altura respectivamente. Las jaulas fueron colocadas en un estanque de 3500 m² de lámina de agua y con profundidad de 0.80 m. el abastecimiento de agua fue de una quebrada, conducida a través de tubos de PVC.

3.3. Alimento y Alimentación

Los animales recibieron la adaptación a sus respectivas raciones según sea pez forraje o balanceado, por un periodo de 4 meses y en la fase final del experimento se realizó la colecta de muestras.

La alimentación se realizó de forma manual con una frecuencia de dos veces por día (8.00 y 17 horas) la ración se calculó en función a la biomasa existente y la tasa de alimentación (5%), según (REBAZA *et al.*, 1999).

El alimento natural fue a base de pez forraje bujurqui (*Cichlassoma sp*) los cuales fueron capturados del mismo estanque y alrededores, suministrados en forma fresca y picada.

Cuadro 1. Composición nutricional del pez forraje: bujurqui (*Cichlassoma sp*)¹.

NUTRIENTES¹	PROMEDIO
Carbohidratos %	1.680
Proteína %	76.310
Fibra %	0.150
Extracto Etéreo	7.580
Energía Bruta	3838.000
Ca (%)	5.296
Mg (%)	0.220
Na (%)	0.516
K (%)	0.360
Cu (µg/g)	5.450
Mn (µg/g)	139.970
Zn (µg/g)	88.160
Fe (µg/g)	384.450

Fuente: Laboratorio UNAS

¹ Valores reportados en base a materia seca.

El alimento balanceado extruido peletizado fue de 8 mm. Elaborado en la planta de alimentos balanceados de la Facultad de Zootecnia-UNAS; en un extrusor peletizador Marca Vulcano Modelo EV-60.

Cuadro 2. Composición nutricional de la ración balanceada.

Ingredientes	%
Harina de pescado	60.00
Afrecho de trigo	12.30
Polvillo de arroz	12.00
Maíz molido	10.00
Proapak 13 ^a	0.10
BHT	0.02
Cloruro de colina	0.10
Zinc	0.05
Fungiban	0.03
Almidón de yuca	5.00
Aceite de palma	0.40
Total	100.00
Valor nutricional¹	
Proteína bruta	43.0
Fibra bruta	3.2
Grasa	5.0
Ceniza	6.8
Materia seca	92.2
Ca (%)	0.920
Mg (%)	0.072
Na (%)	0.260
K (%)	0.330
Cu (µg/g)	7.470
Mn (µg/g)	37.110
Zn (µg/g)	100.550
Fe (µg/g)	122.700

Fuente: Planta de alimentos balanceados UNAS.
Porcentaje expresado en base a como es ofrecido el alimento

Para las evaluaciones de ganancia de peso y longitud, se realizó quincenalmente, la captura se hizo con jamos largos, después de obtener los datos se trató con sal al 2% por un tiempo de 5 minutos para algunas lesiones a las que fueron expuestas al momento de la evaluación.

3.4. Metodología de estudio

3.4.1. Colección de muestras y toma de datos

Las muestras se colectaron al final del experimento para ello se capturó 8 paiches escogidos al azar dentro de la población de peces alimentados con pez forraje y ración balanceada; los paiches capturados se trasladaron vivos al Laboratorio de biotecnología de la UNAS; previos al sacrificio fueron aturdidos posterior a ello se colectó la muestra de músculo, hígado, riñón aletas, escamas, branquias, hueso e intestinos (proximal, medio y distal).

Se colectó muestras de la ración balanceada, pez forraje y agua del estanque donde se instaló el experimento para su análisis de proximal mineral respectivamente.

3.4.2. Análisis de las muestras

Las muestras extraídas fueron identificadas y rotuladas en bolsas de polietileno luego se colocó 5 g de muestra fresca en crisoles de porcelana de 100 ml (Marca, Coors; EUA) por triplicado para determinar su materia seca a 105 °C por 16 horas; posteriormente se calcinó en una mufla a 550 °C por 16

horas iniciando en 200 °C aumentando gradualmente. Luego los crisoles fueron llevados a un hot plate para ser solubilizados con ácido clorhídrico al 50 % y 10 %, (5 y 70 mL respectivamente) hasta su evaporación parcial luego se adicionó 70 mL de óxido de lantano (La_2O_3) al 0.1% para los crisoles a leer concentraciones de Ca y Mg de la misma forma se adicionó agua destilada-desionizada para los crisoles a leer concentraciones de Na, K, Cu, Mn, Zn y Fe; posteriormente se filtraron las muestras con papel Whatman N° 40 (110 mm) a fin de evitar contaminación y residuos de materia orgánica enraizadas en fiolas a 25 mL (SANDOVAL, 1994).

Para las muestras de pez forraje y la ración balanceada también se hizo el mismo paso descrito anteriormente para determinar el contenido de minerales; para ambas muestras se realizó un análisis proximal.

La concentración de minerales del agua del estanque fueron leídas en el (EAA) Espectrofotómetro de absorción atómica (Anexo, Cuadro 11).

Los crisoles y demás materiales fueron lavados con detergente exento de fosfatos Extram MA-03 para su posterior uso.

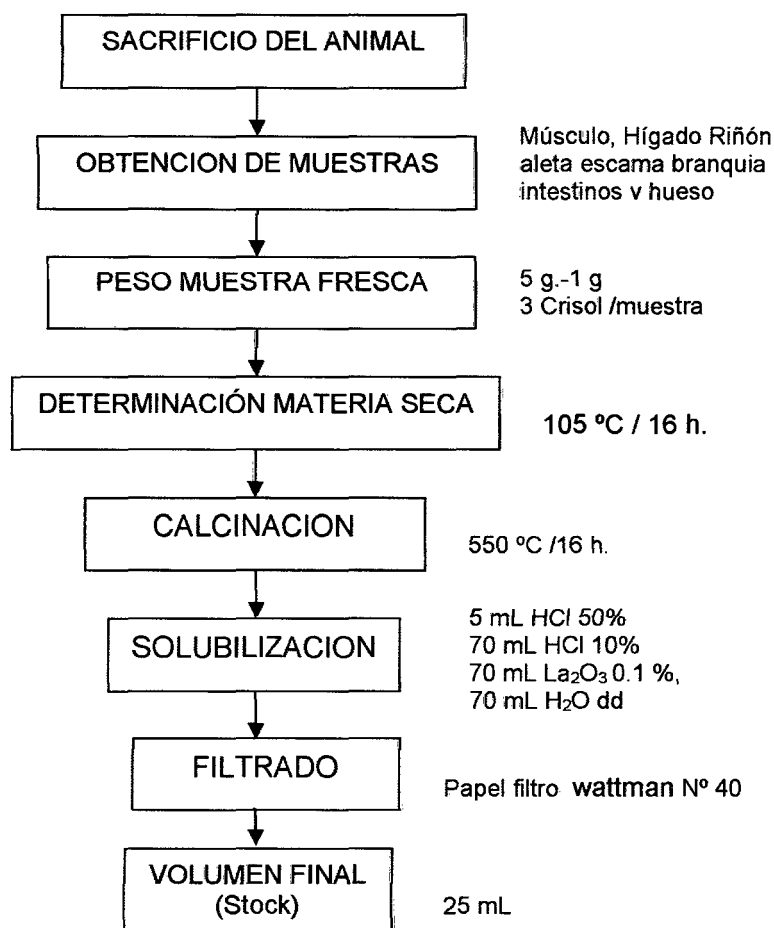


Figura 1. Flujograma de proceso de tejidos de paiche para el análisis de minerales.

3.4.3. Análisis de minerales

La cuantificación de minerales se realizó por Absorción Atómica (EAA) con llama de aire y acetileno utilizando un equipo Perkin Elmer Modelo, Video 12.

El agua utilizada, tanto en la preparación de reactivos, curvas de calibración, fue agua bidestilada y desionizada obtenida con un sistema NANOPURE UV, Marca Barnstead, de conductividad de 18MW/cm.

3.5. Variable independiente

Tipo de alimentación.

3.6. Tratamientos

T1 = Alimento natural con pez forraje.

T2 = Alimento balanceado extruído.

3.7. Análisis estadístico

Los resultados de la concentración de minerales se analizaron mediante la prueba de t de Student para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos aplicándose el Software Instat 2, (California, USA). Cuya fórmula es la siguiente:

$$t = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} \quad , \text{ Donde:}$$

\bar{x}_A = Media muestral grupal de las observaciones del factor A

\bar{x}_B = Media muestral grupal de las observaciones del factor B

S_p^2 = Varianza ponderada

n_A = Número de observaciones del factor A

n_B = Número de observaciones del factor B

3.8. Variables dependientes

Macro elementos: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K).

Micro elementos: Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Hierro (Fe)

3.8.1. Determinación de Macro elementos

Calcio y Magnesio

Para determinar la concentración de minerales, se graficó la curva patrón, con la lectura de los Standard de Ca 1, 2 y 3 ppm, respectivamente; asimismo, para Mg 0.1, 0.2, y 0.4 ppm, respectivamente. Antes de las lecturas se diluyó las muestras con óxido de lantano (La_2O_3) al 0.1 % para las concentraciones que fueron altas; posteriormente, teniendo en cuenta el factor de dilución para los cálculos finales, se hizo las lecturas de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Cálculos:

$$C_{\text{CaMg}}(\%) = \left[\frac{\text{LecturaAbs.} * \text{VolumenStock} * \text{Factordilución}}{\text{Muestra seca}(g)} \right] \div 10000$$

Sodio y Potasio

Para determinar la concentración de minerales, se graficó la curva patrón, con la lectura de los Standard de Na 0.2, 0.50, 1 ppm respectivamente así mismo para K 0.5, 1, y 2 ppm respectivamente. Antes de las lecturas se diluyó las muestras con agua destilada desionizada para las concentraciones que fueron altas, posteriormente, teniendo en cuenta el factor de dilución para

los cálculos finales; se hizo las lecturas de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Cálculos:

$$Na, K (\%) = \left[\frac{\text{Lectura Abs.} * \text{Volumen Stock} * \text{Factor dilución}}{\text{Muestra seca (g)}} \right] \div 10000$$

3.8.2. Determinación de Micro elementos

Cobre, hierro, manganeso y zinc

Para determinar la concentración de minerales, se graficó la curva patrón, con la lectura de los Standard de Cu 1, 2, y 4 ppm respectivamente, para Mn 0.5, 1, y 3 ppm respectivamente, para Zn 0.2, 0.5, y 1 ppm respectivamente así mismo para Fe 1, 2 y 5 ppm respectivamente. Antes de las lecturas se diluyó las muestras con agua destilada desionizada para las concentraciones que fueron altas, posteriormente, teniendo en cuenta el factor de dilución para los cálculos finales; se hizo las lecturas de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Cálculos:

Los resultados de estos análisis se expresan en ppm o ug/g.

$$Zn Mn Cu Fe (ug / g) = \left[\frac{\text{Lectura Abs.} * \text{Volumen Stock} * \text{Factor dilución}}{\text{Muestra seca (g)}} \right]$$

IV. RESULTADOS

4.1. Contenido de Calcio en tejidos

En el Cuadro 3 se presenta los resultados del contenido de Ca, en paiche juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación. El hueso, músculo, intestino medio y distal mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$). De los tejidos evaluados, el hueso mostró la mayor concentración, estos resultados eran de esperarse puesto que este elemento constituye un gran porcentaje en el hueso comparativamente a otros tejidos.

Cuadro 3. Contenido de Ca (%) en tejidos de paiche (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación¹.

Tejido	Pez forraje	Ración balanceada
Músculo	0.065 ± 0.003 ^a	0.050 ± 0.071 ^b
Hígado	0.058 ± 0.005 ^a	0.055 ± 0.003 ^a
Riñón	0.215 ± 0.027 ^a	0.182 ± 0.002 ^a
Aleta	9.688 ± 0.192 ^a	9.138 ± 0.398 ^a
Escama	10.872 ± 0.148 ^a	10.270 ± 0.255 ^a
Branquias	11.912 ± 0.637 ^a	11.878 ± 0.524 ^a
Intestino proximal	0.085 ± 0.009 ^a	0.082 ± 0.002 ^a
Intestino medio	0.178 ± 0.009 ^a	0.145 ± 0.005 ^b
Intestino distal	0.445 ± 0.010 ^a	0.312 ± 0.008 ^b
Hueso	25.620 ± 0.176 ^a	21.412 ± 0.101 ^b

¹Contenido del mineral en base a materia seca.

Valores ubicados en la misma fila con diferente superíndice son diferentes ($p < 0.05$).

4.2. Contenido de Magnesio en tejidos

En el Cuadro 4 se presenta los resultados de contenido de Mg, en paiche juveniles sometidos a dos regimenes de alimentación. Se observa que la aleta y escama muestran un efecto significativo ($p < 0.05$). Los tejidos que poseen una estructura más sólida y acumularon la mayor concentración de Mg fueron: hueso, aleta, branquias y escama.

Cuadro 4. Contenido de Mg (%) en tejidos de paiches (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación¹

Tejido	Pez forraje	Ración balanceada
Músculo	0.182 ± 0.006 ^a	0.190 ± 0.007 ^a
Hígado	0.078 ± 0.005 ^a	0.095 ± 0.010 ^a
Riñón	0.135 ± 0.017 ^a	0.095 ± 0.006 ^a
Aleta	0.348 ± 0.002 ^a	0.282 ± 0.010 ^b
Escama	0.218 ± 0.016 ^b	0.330 ± 0.024 ^a
Branquia	0.305 ± 0.025 ^a	0.312 ± 0.016 ^a
Intestino. proximal	0.115 ± 0.013 ^a	0.098 ± 0.002 ^a
Intestino. Medio	0.115 ± 0.025 ^a	0.138 ± 0.006 ^a
Intestino. Distal	0.115 ± 0.014 ^a	0.130 ± 0.004 ^a
Hueso	0.365 ± 0.029 ^a	0.380 ± 0.024 ^a

¹Contenido del mineral en base a materia seca.

Valores ubicados en la misma fila con diferente súper índice son diferentes ($p < 0.05$).

4.3. Contenido de Sodio en tejidos

En el Cuadro 5 se presenta los resultados de contenido de Na, en paiche juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación. Se observa que

el músculo, aleta, escama, branquia, intestino proximal, intestino medio y hueso muestran un efecto significativo ($p < 0.05$). La tendencia de diferencia entre los dos grupos experimentales fue variada.

Cuadro 5. Contenido de Na (%) en tejidos de paiches (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación¹

Tejido	Pez forraje	Ración balanceada
Músculo	0.402 ± 0.016 ^a	0.242 ± 0.012 ^b
Hígado	0.440 ± 0.029 ^a	0.398 ± 0.006 ^a
Riñón	0.658 ± 0.006 ^a	0.705 ± 0.018 ^a
Aleta	0.602 ± 0.003 ^a	0.500 ± 0.011 ^b
Escama	0.442 ± 0.018 ^a	0.305 ± 0.003 ^b
Branquia	0.420 ± 0.011 ^b	0.490 ± 0.004 ^a
Intestino. proximal	0.555 ± 0.016 ^a	0.400 ± 0.009 ^b
Intestino. Medio	0.348 ± 0.016 ^b	0.432 ± 0.008 ^a
Intestino. Distal	0.345 ± 0.018 ^a	0.302 ± 0.011 ^a
Hueso	0.588 ± 0.019 ^a	0.492 ± 0.008 ^b

¹Contenido del mineral en base a materia seca.

Valores ubicados en la misma fila con diferente súper índice son diferentes ($p < 0.05$).

4.4. Contenido de Potasio en tejidos

En el Cuadro 6 se presenta los resultados de contenido de K, en paiche juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación. Se observa que la escama, intestino proximal e intestino medio mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ambos grupos experimentales.

Cuadro 6. Contenido de K (%) en tejidos de paiches (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación¹.

Tejido	Pez forraje	Ración balanceada
Músculo	1.218 ± 0.082 ^a	1.228 ± 0.021 ^a
Hígado	0.645 ± 0.005 ^a	0.625 ± 0.015 ^a
Riñón	0.365 ± 0.013 ^a	0.418 ± 0.286 ^a
Aleta	0.218 ± 0.011 ^a	0.172 ± 0.015 ^a
Escama	0.078 ± 0.011 ^a	0.042 ± 0.006 ^b
Branquia	0.185 ± 0.065 ^a	0.182 ± 0.025 ^a
Intestino. proximal	0.140 ± 0.015 ^b	0.338 ± 0.016 ^a
Intestino. Medio	0.280 ± 0.016 ^b	0.410 ± 0.004 ^a
Intestino. Distal	0.430 ± 0.045 ^a	0.430 ± 0.353 ^a
Hueso	0.125 ± 0.009 ^a	0.132 ± 0.016 ^a

¹Contenido del mineral en base a materia seca.

Valores ubicados en la misma fila con diferente súper índice son diferentes ($p < 0.05$).

4.5. Contenido de Cobre en tejidos

En el Cuadro 7 se presenta los resultados de contenido de Cu, en paiche juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación. Se observa que solamente el hueso no muestra efecto significativo ($p > 0.05$).

Cuadro 7. Contenido de Cu (ug/g) en tejidos de paiches (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación¹.

Tejido	Pez forraje	Ración balanceada
Músculo	28.103 ± 0.997 ^a	7.320 ± 0.624 ^b
Hígado	81.033 ± 5,823 ^b	106.733 ± 2.139 ^a
Riñón	27.768 ± 1.845 ^b	78.210 ± 3.174 ^a
Aleta	10.033 ± 0.579 ^b	31.113 ± 1.872 ^a
Escama	3.233 ± 0.043 ^b	9.340 ± 0.067 ^a
Branquia	6.730 ± 0.322 ^b	22.052 ± 0.271 ^a
Intestino. proximal	15.738 ± 0.442 ^b	74.483 ± 1.442 ^a
Intestino. medio	27.888 ± 2.535 ^b	65.555 ± 5.735 ^a
Intestino. distal	94.100 ± 0.879 ^a	65.080 ± 0.619 ^b
Hueso	4.503 ± 0.241 ^a	4.888 ± 0.162 ^a

¹Contenido del mineral en base a materia seca.

Valores ubicados en la misma fila con diferente súper índice son diferentes ($p < 0.05$).

4.6. Contenido de Manganeso en tejidos

En el Cuadro 8 se presenta los resultados de contenido de Mn, en paiche juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación. Se observa que solamente el riñón no muestra diferencia significativa ($p > 0.05$).

Cuadro 8. Contenido de Mn (ug/g). en tejidos de paiches (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación¹.

Tejido	Pez forraje	Ración balanceada
Músculo	1.038 ± 0.010 ^b	1.290 ± 0.015 ^a
Hígado	1.783 ± 0.356 ^b	2.273 ± 0.054 ^a
Riñón	7.380 ± 0.087 ^a	6.873 ± 0.030 ^a
Aleta	11.470 ± 0.782 ^a	6.310 ± 0.010 ^b
Escama	6.365 ± 0.310 ^a	3.950 ± 0.087 ^b
Branquia	10.630 ± 0.429 ^a	4.978 ± 0.262 ^b
Intestino. proximal	8.498 ± 0.249 ^b	12.600 ± 0.167 ^a
Intestino. medio	11.683 ± 0.440 ^b	18.735 ± 0.037 ^a
Intestino. distal	11.650 ± 0.206 ^b	31.310 ± 0.793 ^a
Hueso	11.533 ± 0.098 ^a	5.870 ± 0.221 ^b

¹Contenido del mineral en base a materia seca.

Valores ubicados en la misma fila con diferente súper índice son diferentes (p<0.05).

4.7. Contenido de Zinc en tejidos

En el Cuadro 9 se presenta los resultados de contenido de Zn, en paiche juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación. Se observa que la aleta, escama, branquia, intestino proximal, intestino medio y hueso mostraron diferencias significativas (p<0.05).

Cuadro 9. Contenido de Zn (ug/g) en tejidos de paiches (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación¹.

Tejido	Pez forraje	Ración balanceada
Músculo	13.080 ± 0.992 ^a	14.178 ± 0.412 ^a
Hígado	153.500 ± 7.717 ^a	158.340 ± 13.564 ^a
Riñón	726.478 ± 102.770 ^a	464.360 ± 59.797 ^a
Aleta	83.753 ± 4.016 ^b	95.653 ± 2.115 ^a
Escama	59.720 ± 4.019 ^a	45.740 ± 1.649 ^b
Branquia	79.250 ± 4.026 ^b	94.875 ± 1.992 ^a
Intestino. proximal	147.623 ± 6.756 ^b	180.618 ± 7.343 ^a
Intestino. medio	139.700 ± 14.389 ^b	209.868 ± 10.601 ^a
Intestino. distal	206.500 ± 11.219 ^a	211.603 ± 23.751 ^a
Hueso	85.540 ± 1.146 ^b	134.343 ± 1.671 ^a

¹Contenido del mineral en base a materia seca.

Valores ubicados en la misma fila con diferente súper índice son diferentes ($p < 0.05$).

4.8. Contenido de Hierro en tejidos

En el Cuadro 10 se presenta los resultados de contenido de Fe, en paiche juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación. Se observa que todos los tejidos evaluados mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$).

Cuadro 10. Contenido de Fe ($\mu\text{g/g}$) en tejidos de paiches (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) juveniles sometidos a dos regímenes de alimentación¹.

Tejido	Pez forraje	Ración balanceada
Músculo	25.303 \pm 0.227 ^a	23.748 \pm 0.580 ^b
Hígado	1065.363 \pm 28.525 ^a	837.548 \pm 21.921 ^b
Riñón	1147.033 \pm 27.177 ^a	1048.138 \pm 4.741 ^b
Aleta	47.883 \pm 0.726 ^a	26.815 \pm 1.376 ^b
Escama	29.360 \pm 0.366 ^a	22.460 \pm 0.251 ^b
Branquia	68.155 \pm 4.855 ^a	37.410 \pm 1.770 ^b
Intestino. proximal	255.005 \pm 3.442 ^a	156.355 \pm 0.811 ^b
Intestino. medio	1104.530 \pm 2.335 ^a	658.323 \pm 3.903 ^b
Intestino. distal	766.438 \pm 15.837 ^a	466.308 \pm 12.823 ^b
Hueso	23.398 \pm 0.594 ^a	12.843 \pm 1.325 ^b

¹Contenido del mineral en base a materia seca.

Valores ubicados en la misma fila con diferente súper índice son diferentes ($p < 0.05$).

En la Figura 2 se muestra la distribución de los niveles de macro minerales de los dos tratamientos. La concentración máxima se evidencian en el Ca para el caso del pez forraje y ración balanceada muestra valores bajos.

En la figura 3 se presenta los niveles de micro minerales de los dos tratamientos. La concentración máxima se evidencia en el Fe para el caso del pez forraje.

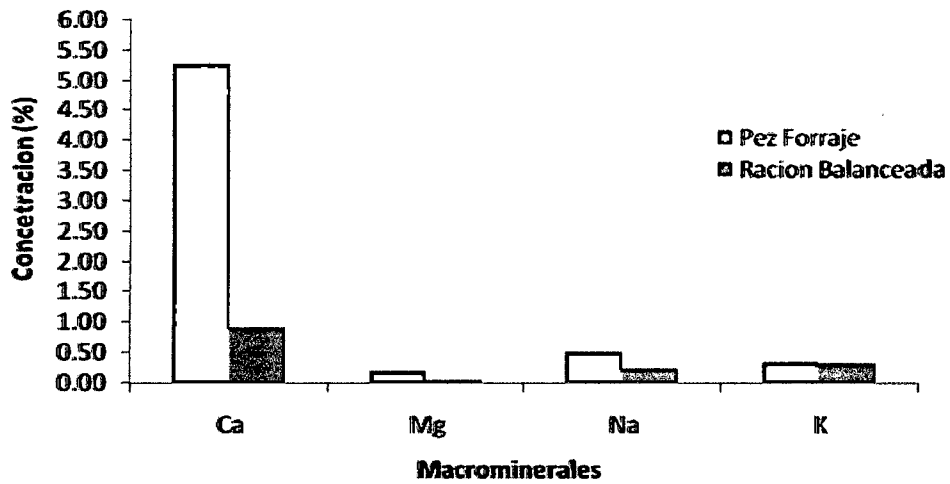


Figura 2. Contenido de los macro minerales (%) en base a materia seca en dos tipos de alimento.

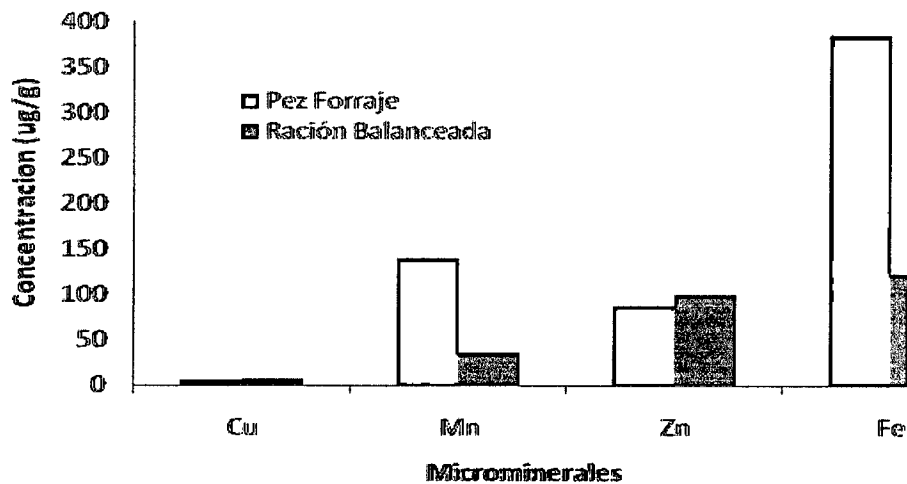


Figura 3. Contenido de los Micro minerales (µg/g) en base a materia seca en dos tipos de alimento.

V. DISCUSIÓN

5.1. Contenido de Calcio en tejidos

Los resultados del Cuadro 3, muestran diferencias ($p < 0.05$) en el contenido de Ca entre los tratamientos T1 (Pez forraje) y T2 (Ración balanceada), indicando que el T1 presenta una superioridad frente al T2 en los tejidos del hueso mayoritariamente, seguido del intestino distal, músculo e intestino medio, mientras, los tejidos del hígado, riñón, aleta, escama, branquia e intestino proximal el contenido de calcio no varía en función al tipo de alimento administrado. Esta superioridad se debe al hábito alimenticio del pez carnívoro y al gran aporte de Ca (HEPHER, 1993; PADILLA *et al.*, 2003; GUILLAUME *et al.*, 2004) acumulado en la estructura ósea del pez forraje. El Ca absorbido en el tracto gastrointestinal, branquias, piel y aletas, es movilizado hacia el esqueleto óseo (un 99% forma parte de su estructura); también, se almacena en las escamas y esta reserva es la más movilizable del pez.

Aproximadamente, el 1% restante de Ca que el pez absorbe se distribuye en los tejidos del organismo, nuestros resultados coinciden con lo reportado por (TACON, 1989; MUÑOZ, 1990 y HEPHER 1993).

5.2. Contenido de Magnesio en tejidos

El magnesio no mostró variabilidad según el tipo de alimentación, evidenciándose concentraciones similares en ambos tratamientos para músculo, hígado, riñón, branquias, intestino y hueso. Asimismo, las mayores concentraciones se observan en el hueso (0.36 y 0.38 % para T1 y T2, respectivamente), seguido por aleta, branquias y escama, esto demuestra la esencialidad de este mineral en la composición de los tejidos óseos (MUÑOZ, 1990 y GUILLAUME *et al.*, 2004). Sin embargo, en aleta y escama se evidencia una variabilidad influenciada por los tratamientos, observándose para aleta una mayor concentración en T1 (0.34%) con respecto a T2 (0.28%) y para escama una menor concentración en T1 (0.21%) con respecto a T2 (0.33%).

Las concentraciones de magnesio encontradas son superiores en todos los tejidos de los peces en general que fluctúa entre 20 a 100 mg/100g (GUILLAUME *et al.*, 2004) excepto en hígado en donde se observa las concentraciones muy inferiores (T1=0.07% y T2=0.09%) con respecto a los otros tejidos. Los niveles en músculo (0.18 y 0.19% para T1 y T2, respectivamente) superan a los reportados en *P. fasciatum* la cual fué de 951 µg/g (GONZÁLES *et al.*, 2006), y a la vez son similares a lo reportado para *P. brachypomus* con un contenido de magnesio de 1528.95 µg/g (GONZÁLES *et al.*, 2007); *T. nilotica*, *C. mrigala* y *C. batrachus*, la cual fue de 2193 µg/g (BEGUM *et al.*, 2005) y están dentro de los rangos encontrados en músculo de los peces en general, que varía de 4.5 – 452 mg/100g (FAO, 1998).

5.3. Contenido de Sodio en tejidos

El contenido de sodio varía en función al régimen de alimentación, encontrándose niveles superiores en músculo, aleta, escama, intestino proximal y hueso (0.40, 0.60, 0.44, 0.55, 0.58 %, respectivamente) en paiches alimentados con peces forrajes, en comparación con aquellos que recibieron alimentación balanceada (0.24, 0.50, 0.30, 0.40, 0.49 % de Na, respectivamente) en los tejidos antes mencionados. Sin embargo, los niveles de sodio en peces alimentados con peces forrajes son inferiores en branquias (0.42%) e intestino medio (0.34%), en comparación con los paiches que recibieron una ración balanceada (0.49 y 0.43 % de Na, en branquias e intestino medio, respectivamente). Mientras tanto, en hígado, riñón, e intestino distal los niveles de Na no varían en función al tipo de alimentación. En paiches alimentados con peces forrajes el contenido de sodio en músculo supera a los reportados en *Piaractus brachypomus* (GONZÁLES *et al.*, 2007) cuya concentración fue de $3529.66 \pm 65.24 \mu\text{g/g}$; en *Tilapia nilotica*, *Cirrhina mrigala* y *Clarius batrachus* (BEGUM *et al.*, 2005), las cuales presentaron concentraciones de $3183 \mu\text{g/g}$ de sodio.

El sodio se encuentra en todos los tejidos corporales, las más altas concentraciones se encuentran en el hígado y riñones (DEL RÍO y SARRÍA, 1986), lo cual se reafirma en riñón (0.65% a 0.70%) debido principalmente a que este es el órgano de excreción del sodio en forma de cloruros y fosfatos (MUÑOZ, 1990).

5.4. Contenido de Potasio en tejidos

Los niveles de potasio son los que actúan regulando el pH y la osmolaridad y el paso en las membranas celulares, como también es un ión necesario para el metabolismo de carbohidratos y proteínas (GUILLAUME *et al.*, 2004) y los niveles encontrados en ambos tratamientos no presentan variaciones en músculo, hígado, riñón, aleta, branquias, intestino distal y hueso. Sin embargo, en escama, intestino proximal e intestino medio existen variaciones en función al régimen de alimentación.

Las concentraciones más altas se presentan en músculo (T1=1.21% y T2=1.22%) que son similares a los encontrados en *Pseudoplatystoma fasciatum* (GONZÁLES *et al.*, 2006) cuya concentración fue de $11626.41 \pm 365.23 \mu\text{g/g}$; e inferiores en comparación con el *Piaractus brachypomus* (GONZÁLES *et al.*, 2007) en la que se evidencia concentraciones de $16488.90 \pm 264.69 \mu\text{g/g}$, que a su vez son superiores a los niveles de potasio reportados en músculo para todos los peces (FAO, 1998) cuyo rango fluctúa entre 19 a 502 mg/100g. Asimismo, el hígado es el segundo tejido que muestra mayores concentraciones de potasio (T1=0.64 % y T2=0.63).

5.5. Contenido de Cobre en tejidos

El cobre en los tejidos en estudio podría ser en respuesta al tipo de alimentación, encontrándose niveles inferiores para el T1 en hígado, riñón, aleta, escama, branquias, e intestino proximal y medio (81.03; 27.77; 10.03; 3.23; 6.73; 15.74 y 27.88 $\mu\text{g/g}$, respectivamente) en comparación con el T2

(106.73; 78.21; 31.11; 9.34; 22.05; 74.78 y 65.56 $\mu\text{g/g}$, para los tejidos antes mencionados, respectivamente); mientras, se observa niveles de 28.10 $\mu\text{g/g}$ en músculo y 94.10 $\mu\text{g/g}$ en intestino distal para T1, que superan al T2, donde se encontró 7.32 $\mu\text{g/g}$ en músculo y 65.65 $\mu\text{g/g}$ en intestino distal. Sin embargo, en hueso no se observa variabilidad en ambos tratamientos y a su vez son los niveles más bajos (T1=4.50 $\mu\text{g/g}$ y T2=4.89 $\mu\text{g/g}$).

Los niveles más altos se encuentran en hígado (T1=81.03 $\mu\text{g/g}$ y T2=106.73 $\mu\text{g/g}$), sin embargo, estos valores no superan a los reportados para los peces en general de 150 $\mu\text{g/g}$ de cobre (VILLANUEVA y PAEZ, 1996). Si comparamos con hígado de vacuno (5.85 \pm 0.08mg/100g), riñón de vacuno (0.28 \pm 0.03 mg/100g), músculo de vacuno en todos los cortes (0.06 \pm 0.03 – 0.19 \pm 0.01 mg/100g) encontramos que los niveles de cobre en el paiche en estudio son mayores a los que se reporta en el vacuno (VALENZUELA *et al.*, 2008). Asimismo, son superiores a los encontrados en *Paralabrax humeralis* (Cabrilla), que presenta mayores concentraciones de cobre en vísceras (9.7 $\mu\text{g/g}$) que en el músculo (1.9 $\mu\text{g/g}$), en donde las concentraciones de cobre responderían a valores esperados acorde a sus necesidades ecológicas y actividades metabólicas (GUTIERREZ-GALINDO *et al.*, 1990). Sin embargo, estas variabilidades en el contenido mineral estarían condicionadas por la variabilidad ambiental relacionada a las características del hábitat, el alimento y otros factores (JACINTO y AGUILAR, 2007) ya que si comparamos el contenido de cobre a nivel muscular con paiches estudiados en selva baja, donde se encontró 2.361 \pm 0.328 $\mu\text{g/g}$ (DEL ÁGUILA, SANDOVAL y GARCÍA,

2007), se evidencia que estos valores están por debajo de los hallados en el presente estudio. Asimismo, la diferencia entre tejidos se relacionan con la capacidad de cada uno de inducir la síntesis de proteínas que fijan los minerales, es así que las mayores concentraciones se encuentra en el hígado donde hay una gran cantidad de proteínas (ECOTROPÍA, 2003); y la biodisponibilidad del mineral va a depender de su forma química la cual a su vez es controlada por factores ambientales como pH, oxígeno disuelto, etc. (JACINTO y AGUILAR, 2007).

5.6. Contenido de Manganeso en tejidos

La variabilidad en la concentración de manganeso estaría condicionada por el tipo de dieta en todos los tejidos (excepto el riñón), encontrándose valores inferiores en paiches alimentados con peces forrajes, en músculo ($1.037 \pm 0.009 \mu\text{g/g}$), hígado ($1.7825 \pm 0.356 \mu\text{g/g}$) e intestino ($8.497 \pm 0.248 \mu\text{g/g}$ a $11.682 \pm 0.439 \mu\text{g/g}$), en comparación con los paiches alimentados con una ración balanceada, donde se observa que en músculo ($1.290 \pm 0.014 \mu\text{g/g}$), hígado ($2.272 \pm 0.054 \mu\text{g/g}$) e intestino ($12.600 \pm 0.166 \mu\text{g/g}$ a $31.310 \pm 0.793 \mu\text{g/g}$), los niveles de manganeso son mayores. Mientras, en aleta, escama, branquias y hueso de los paiches alimentados con peces forrajes el Mn varía de $6.365 \pm 0.309 \mu\text{g/g}$ a $11.532 \pm 0.097 \mu\text{g/g}$, los cuales superan a los que recibieron ración balanceada, donde varía de $3.950 \pm 0.087 \mu\text{g/g}$ a $6.310 \pm 0.059 \mu\text{g/g}$.

Las concentraciones más altas de manganeso se encuentran en hueso, también existen cantidades relativamente altas en hígado y tracto intestinal (DEL RÍO y SARRÍA, 1986), lo cual concuerda con el presente estudio para el caso de hueso ($5.870 \pm 0.220 \mu\text{g/g}$ – $11.532 \pm 0.097 \mu\text{g/g}$) e intestino ($8.4975 \pm 0.248 \mu\text{g/g}$ – $31.310 \pm 0.793 \mu\text{g/g}$), más no para el hígado en donde se observa concentraciones bajas en comparación con los otros tejidos. Asimismo, los niveles de manganeso en el músculo de los peces en estudio concuerdan con lo encontrado en selva baja para la misma especie en la que varía de $0.853 \pm 0.121 \mu\text{g/g}$ para juveniles y $2.317 \pm 0.277 \mu\text{g/g}$ para adultos de *Arapaima gigas* (DEL ÁGUILA, SANDOVAL y GARCÍA, 2007).

El manganeso es un metal esencial en el metabolismo enzimático de muchas especies, y los niveles encontrados en músculo son inferiores a las determinadas en otras especies de peces, donde oscilaron entre $2.02 \mu\text{g/g}$ para *Hypostomus sp* y $4.16 \mu\text{g/g}$ para *P. squamosissimos*, valores intermedios de $3.50 \mu\text{g/g}$ y $3.91 \mu\text{g/g}$ fueron detectados para *P. fasciatum* y *P. cariba*, respectivamente (MÁRQUEZ *et al.*, 2008). En general, los niveles de Mn observadas en tejidos de peces marinos y de agua dulce varían entre 0.2 – 19.00 mg/kg (HOWE *et al.*, 2004), lo cual se reafirma con el presente estudio.

5.7. Contenido de Zinc en tejidos

Las concentraciones de zinc responderían al tipo de dieta con referencia a tejidos como: aleta, branquias, intestino proximal-medio y hueso, ya que los ejemplares alimentados con pez forraje tienen concentraciones

inferiores de zinc en contraste con aquellos que recibieron ración balanceada; mientras que, en escama se observa mayor concentración en el T1 que en el T2. Los peces pueden absorber zinc del agua y el zinc dietético que a su vez es más eficazmente absorbido que el zinc del agua (NRC, 1993). Sin embargo, el contenido mineral de zinc no se vería influenciado por el alimento en algunos tejidos, ya que encontramos en músculo (13.080 ± 0.991 y 14.177 ± 0.412 $\mu\text{g/g}$), hígado (153.500 ± 7.717 y 158.340 ± 13.564 $\mu\text{g/g}$), e intestino distal (206.500 ± 11.219 y 211.602 ± 23.751 $\mu\text{g/g}$) sólo una ligera superioridad en el T2 con respecto al T1, a excepción del riñón (726.477 ± 102.770 y 464.360 ± 59.797 $\mu\text{g/g}$) donde ocurre lo contrario.

El zinc se encuentra en altas concentraciones en hígado, músculo y hueso (DEL RÍO y SARRÍA, 1986), lo que se reafirma en el presente estudio donde se halló en hígado (153.500 ± 7.717 – 158.340 ± 13.564 $\mu\text{g/g}$), y hueso (85.540 ± 1.146 y 134.342 ± 1.671 $\mu\text{g/g}$) concentraciones relativamente altas, sin embargo, las concentraciones más altas se observaron en riñón e intestino (139.700 ± 14.389 a 211.602 ± 23.751 $\mu\text{g/g}$), más no es el caso en músculo ya que se evidenció las más bajas concentraciones de zinc muscular (13.080 ± 0.991 – 14.177 ± 0.412 $\mu\text{g/g}$) en comparación con los demás tejidos, lo cual se puede atribuir a mecanismos fisiológicos que no facilitan la absorción en sus tejidos (JACINTO y AGUILAR, 2007). Sin embargo, se reportan en los peces concentraciones mayores de zinc en tejido muscular que oscilaron entre 19.09 $\mu\text{g/g}$ para *P. cariba* y 32.23 $\mu\text{g/g}$ para *P. squamosos*, valores intermedios de 27.07 $\mu\text{g/g}$ y 28.89 $\mu\text{g/g}$ fueron detectados para *P. fasciatum* y

Hypostomus sp., respectivamente. (MÁRQUEZ *et al.*, 2008), mientras que se reporta para los peces en general de 200 µg/g de zinc muscular (VILLANUEVA y PAEZ, 1996), lo que es aún más superior. En particular, las concentraciones de zinc responderían a valores acorde a sus necesidades ecológicas y actividades metabólicas, si se considera al zinc al igual que el cobre como elementos esenciales (GUTIERREZ—GALINDO *et al.*, 1990) por estar ligados a importantes funciones fisiológicas.

5.8. Contenido de Hierro en tejidos

El hierro estaría asociado al efecto de los tratamientos en la acumulación en los tejidos de los paiches en estudio, observándose que las concentraciones de hierro en los ejemplares del T1 superan al T2, debido a la naturaleza misma de la dieta, considerada como una fuente rica en hierro por ser el componente esencial de la hemoglobina y mioglobina (GUILLAUME *et al.*, 2004) de los peces forrajes con los que se alimentaron los paiches en el T1.

Las concentraciones en músculo se encuentran entre 23.747 ± 0.579 y 25.302 ± 0.227 µg/g. Los niveles de hierro determinadas en esta investigación son inferiores a los reportados para los tejidos musculares de otras especies de peces como: *Pseudoplatystoma fasciatum* con un promedio de 26.03 ± 5.08 µg/g (GONZÁLES *et al.*, 2006); paco *Piaractus brachypomus* con un promedio de 45.35 ± 0.52 µg/g en la concentración de hierro (GONZÁLES *et al.*, 2007); en *Plasgiosium squamosimos*, *Pigocentrus cariba*, *Pseudoplatystoma fasciatum* e *Hypostomus sp* para los cuales se cuantificaron

concentraciones de hierro entre 31.26 ± 0.06 y 68.36 ± 0.05 $\mu\text{g/g}$ (MÁRQUEZ *et al.*, 2008), y en *T. nilotica*, *C. mrigala* y *C. batrachus*, para las cuales se han señalado valores de 131 $\mu\text{g/g}$ (BEGUM *et al.*, 2005).

El contenido de hierro de la carne bovina se reportó en promedio de 1.31 mg/100 g, en hígado 6.04 mg/100g, en riñón 3.02 mg/100g (VALENZUELA *et al.*, 2008), los cuales son muy inferiores a los observados en el presente estudio, donde para el caso de hígado se encontró 837.547 ± 21.921 y 1065.362 ± 28.525 $\mu\text{g/g}$; y para riñón con 1048.1375 ± 4.741 y 1147.032 ± 27.177 $\mu\text{g/g}$, que a su vez son los tejidos con las más altas concentraciones de hierro, ya que aproximadamente 26% del hierro corporal se encuentra almacenado en el hígado, bazo y huesos en la forma ferritina y hemosiderina (GUILLAUME *et al.*, 2004).

Los resultados reflejan quizás la forma como es asimilado, ya sea por el tipo de alimentación y una progresiva bioacumulación sea del agua o del sedimento, que no descarta la bioacumulación puesto que la asimilación de bajas concentraciones en el agua en periodos de tiempos prolongados inducen a estos mecanismos (MÁRQUEZ *et al.*, 2008). Asimismo, algunas condiciones de acidez y oxígeno, facilitan la asimilación del hierro por parte de estas especies, en medios que presentan altas concentraciones (GONZÁLES *et al.*, 2007).

VI. CONCLUSIONES

El contenido de macro y micro minerales en paiches juveniles presentó concentraciones diferentes debidas principalmente a la naturaleza y función de cada uno de los tejidos evaluados y la contribución de la ración administrada.

La concentración de Ca y Mg fue mayor en los tejidos de estructura ósea (hueso, escama, aleta, branquias) comparado con los tejidos suaves (hígado, riñón, músculo, intestino).

VII. RECOMENDACIONES

El estudio de la concentración de minerales en tejidos de paiche criados en cautiverio, es un estudio pionero en el país. Por lo tanto, se recomienda continuar investigaciones para poder determinar los requerimientos nutricionales y el contenido de minerales de ambientes naturales a fin de poder comparar con investigaciones en cautiverio.

Realizar estudios sobre el contenido de minerales para las diversas edades de esta especie.

Realizar investigaciones de suplementación de varias fuentes de minerales para evaluar la eficiencia de aprovechamiento comparado a lo observado con alimento natural (pez forraje).

Realizar investigaciones para determinar la concentración de metales pesados en paiche criado en cautiverio y proveniente de ambientes naturales.

VIII. ABSTRACT

EFFECT OF TWO TYPES FEEDING OVER THE MINERAL CONTENT TISSUE IN YOUNG PAICHES (*Arapaima gigas* Cuvier 1829) RAISED IN CAGES IN TINGO MARIA.

This research work was carried out at the Animal Nutrition laboratory in the National Agrarian Forestry University, Tingo María, Huánuco – Peru, with the objective to determine the mineral content of muscle, liver, kidney, scale, wing, intestines and bones samples of young paiches under to two feeding regimens. The animals (n=80) with average body weight 413g, 40 cm longer, were random distributed in two experimental groups with 4 repetitions, raised in cages, where they received their respective diets: fish forage (FF) or extruded concentrate (EC). Samples were collected after 12 weeks of feeding, after killed four fishes per treatment. Quantification macro elements: Ca, Mg, Na, K, and micro elements: Cu, Mn, Zn and Fe, were done by atomic absorption Spectrophotometer.

The results showed significant differences ($p < 0.05$) as means of t Student test to macro elements content, which presented variation since 0.058 – 25.620 and 0.50 – 21.412 % Ca, 0.078 – 0.218 y 0.042 and 0.095 – 0.380 %

Mg, 0.345 – 0.658 and 0.242 – 0.705 % Na, 0.078 – 1.218 and 0.042 – 1.228 % K to FF and EC, respectively, Someway, the variation of micro elements contents were as followed: 4.503 – 94.100 and 4.888 – 106.733 ug/g Cu, 1,038 - 11.683 and 1.273 - 31.310 ug/g Mn, 13.080 – 726.478 and 14.178 – 464.360 ug/g Zn and 23.398 – 1147.033 and 12.843 – 1048.128 ug/g Fe to FF and BC respectively. In conclusion, macro and micro mineral content in young paiches showed different concentration due mainly to the nature and function of the different tissues evaluated and the given diet contribution. Ca and Mg concentration were higher in harder tissues like bones, wings, scale and gill compared with soft tissues like liver, kidney, muscle and intestine.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- ADHIKARI, S. 2004 Interference of magnesium on zinc adsorption by pond sediment and on zinc accumulation in a freshwater teleost, *Labeo rohita* (Hamilton). *Ecotoxicol. and Environment Safety*. 59(2): 228-231.
- ALCANTARA, F., GUERRA, H. 1992. Cultivo del paiches *Arapaima gigas* utilizando bujurqui, *cichlassoma bimaculatum*, como presa; folia Amazonía Vol. 4 IIAP Iquitos, Perú. p. 129 - 139.
- BEGUM, A.; AMIN, N.; KANEKO, S.; OHTA, K. 2005. Selected elemental composition of the muscle tissue of three species of fish, *Tilapia nilótica*, *Cirrhina mrigala* and *Clarius batrachus*, from the fresh water Dhanmondi Lake in Bangladesh. *Food Chem*. 93(3): 439-443p.
- CAMPOS, L. 2001. Historia biológica del Paiche o Pirarucú *Arapaima gigas* (Cuvier) y bases para su cultivo en la Amazonía IIAP Iquitos, Perú p 27.
- CASTELLO, F. 1993. Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Edit. - . Universitat. Barcelona, España 739p.
- DEL AGUILA, C.; SANDOVAL, M.; CHU, F.; GARCÍA, R. 2007. Determinación del valor nutricional de la carne de paiche *Arapaima gigas* en filete. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Programa de Ecosistemas Acuáticos. Iquitos Perú.

- DEL RÍO, J.; SARRÍA, A. 1986. Nutrientes Básicos en los Alimentos. Seminario Net Foro Abierto. USGA, HNIS: Nutrition Value of Foods: Home and Garden Bull. Num. 72.
- ECOTROPIA 2003. Actualidad y recursos de las Ciencias Ambientales. Metales Pesados y Tamaño de los Peces.
- FAO, 1998. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Ministerio de Pesca. Dinamarca. Documento técnico de pesca 348.
- FLIK, G.; KANEKO, T.; GRECO, A.; LI, J.; FENWICK, J. 1997. Sodium dependent ion transporters in trout gills. *Fish Physiol. and Biochem.* 17(1-6): 385-396p.
- FONTENELE, O., & VASCONCELOS E. 1982. O Pirarucú, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817), nos açudes do Nordeste: Resultados de sua aclimatação e prováveis causas de depleção de seus estoques. *Bol Tec. DNOCS Fortaleza*, 40(1): 43-66pp.
- FRANCO, H. 2005. Contribución al conocimiento de la reproducción del Pirarucú *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817) (pisces: *arapaimidae*) en cautiverio. Universidad de la Amazonia. Caquetá – Colombia.
- GONZÁLEZ, A., MÁRQUEZ, A., SENIOR, W., MARTÍNEZ, G. 2007. Constituyentes minerales del morocoto *Piaractus brachypomus* en el orinoco medio de Venezuela. Instituto Limnológico, Universidad de Oriente. Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ* 17(4): 325 – 329 p.

- GONZÁLEZ, A.; MÁRQUEZ, A.; SENIOR, W.; MARTÍNEZ, G. 2006. Concentration of K, Na, Ca, Mg, Fe, proteins and fatty in the lined catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* of the middle Orinoco in Venezuela. Instituto Limnológico, Universidad de Oriente. Venezuela. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia 29(2).
- GUERRA, F. 1980. Desarrollo Sexual del Paiche (*Arapaima gigas*) en las zonas reservadas del estado (Río Pacaya y Samiria) 1971-1975. Informe N°67. IMARPE. Callao-Perú
- GUILLAUME, J., KAUSHIK, S., BERGOT, P., MÉTAILLER, R. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Tra. Por Aixa Sopeña, Madrid, España. Edit. Aedos S. A. 475p.
- GUTIERREZ-GALINDO, E., FLORES, G. OLGUIN, G., VILLAESCUSA, J. 1990. Biodisponibilidad de metales trazas en almejas y mejillón del valle agrícola de Mexicali y Alto Golfo de California. Ciencias Marinas, 16(4):1-28.
- HEPHER, B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanque. Trad. por Palacios R. 1993. 1ra Edición. Edit. Limusa S. A. D: F. México. 406p.
- HOGSTRAND, C.; WILSON, R.; POLGAR, D.; WOOD, C. 1994. Effects of zinc on the kinetics of branchial calcium uptake in freshwater rainbow trout during adaptation to waterborne zinc. J. Exper. Biol. 186: (1) 55-73p.
- HOWE, P., MALCOLM, H., DOBSON, S., 2004. Manganese and its compounds: Environmental aspects. World health organization. Estados Unidos. 63 p.

- IMBIRIBA, E., LOURENÇO, B., DE MOURA, O., BRANDÃ, L., ULIANA, D., BRITO, L. 1996. Criação de Pirarucú. EMBRAPA-CPATU. Brasília, Brasil. Nº 26,93 p.
- IVITA, 1977. Instituto Veterinario de investigaciones Tropicales y de altura.
- JACINTO, M., AGUILAR, S. 2007. Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. Perú. Rev. Perú. biol. 14(2): 307-311 p.
- LAZCANO, C. 2002 Microbiología del agua potable y residuales curso control de calidad el agua 05-09 agosto del 2002 Lima, Perú.
- LIM, C. y KLESIUS, P. 2000. El Papel de los Minerales Traza en la Salud de los Peces. pp 270-281 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.
- MÁRQUEZ, A., SENIOR, W., FERMÍN, I., MARTÍNEZ, G., CASTAÑEDA, J., GONZÁLEZ, A. 2008. Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la laguna de unare, estado Anzoátegui, Venezuela. Departamento de Oceanografía, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Venezuela. Revista Científica, FCV-LUZ 18(1): 73 – 86p.

- MÁRQUEZ, A., SENIOR, W., MARTÍNEZ, G., CASTAÑEDA, J., GONZÁLEZ, A. 2008. Concentraciones de metales en sedimentos y tejidos musculares de algunos peces de la laguna de castillero, Venezuela. Departamento de Oceanografía, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Venezuela. Revista Científica, FCV-LUZ 18(2): 121 – 133.
- McDOWELL, R.; 1992; Minerals in animal and human nutrition; Ed. Academia Press, Inc USA. 554 pp.
- NICOVITA. 2003 "Alimentos y Nutrición. Nicovita Artículo técnico [En línea]: NICOVITA, (<http://www.nicovita.com.pe/>, publicaciones, Dic. 2009).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press. Washington, DC.
- PADILLA, P., ALDEA, G., ALCANTARA, F. 2002. Adaptación del paiche, *Arapaima gigas* a la alimentación con ración artificial. Libro de resúmenes del V seminario Colombiano de Limnología & I Reunión Internacional de Limnología de alto Amazonas. Colombia. 127pp.
- REBAZA, M., ALCÁNTARA, F., VALDIVIESO, M. 1999. Manual de piscicultura del paiche *Arapaima gigas* Edit. Manatí gráfico S.A. Caracas, Venezuela. 72 p.
- SANDOVAL, M. 1994. Aplicaciones de la espectrofotometría de absorción/emisión atómica en programas de investigación en agricultura, biología y medicina Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. p. 12-31.

- TACON, A. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación documento de campo N° 4 FAO proyecto aquila II CGP/RLA/102/TA, Brasilia, Brasil.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGARIA DE LA SELVA (UNAS). 2005. Datos metereológicos. Estación metereológica José Abelardo Quiñones. Datos no publicados.
- VALENZUELA, C., LETELIER, M., OLIVARES, M., ARREDONDO, M., PIZARRO, P. 2008. Determinación de hierro, zinc y cobre en carne de bovino. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA). Chile. 10p.
- VILLANUEVA-FRAGOSO, S., y PÁEZ-OSUNA, F. 1996. Niveles de metales en el Golfo de México: agua, sedimentos y organismos. En: Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental, Diagnóstico y Tendencias. Botello, A.V., J.L. Rojas-Galaviz, J.A. Benitez-Torres y D.J. Zárate-Lomeli (Eds.). EPOMEX 5: 309-347.

ANEXO

Cuadro 11. Contenido de minerales en el agua del estanque donde se realizó la crianza de juveniles de paiche.

Mineral	Concentración
Ca (%)	0.06
Mg (%)	0.01
Na (%)	0.004
K (%)	0.004
Cu (ug/g)	1.00
Mn (ug/g)	1.25
Zn (ug/g)	0.667
Fe (ug/g)	55.50