

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**“EFECTO DEL TRATAMIENTO FISICO DE MATERIAS PRIMAS
ORGÁNICAS NATIVAS SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LOS
MACRONUTRIENTES EN TRUCHAS ARCO IRIS JUVENILES”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. MVZ. Pelayo Gerardo Huaman Ccama

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

TESIS

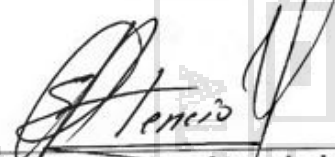
**“EFECTO DEL TRATAMIENTO FÍSICO DE MATERIAS PRIMAS
ORGÁNICAS NATIVAS SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LOS
MACRONUTRIENTES EN TRUCHAS ARCO IRIS JUVENILES”**

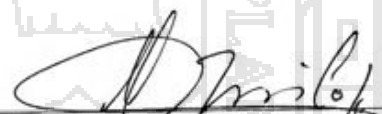
PRESENTADO POR:

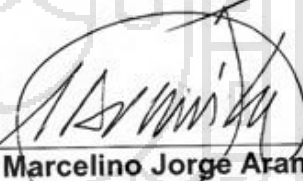
Bach. MVZ: Pelayo Gerardo, HUAMAN CCAMA.
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

SUSTENTADO Y APROVADO ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE : 
Ph.D. José Luis Bautista Pampa

PRIMER MIEMBRO : 
Ph.D. Sabino Atencio Limachi

SEGUNDO MIEMBRO : 
MVZ. Marino Francisco Avila Felipe

DIRECTOR DE TESIS : 
Dr. Marcelino Jorge Aranibar
Aranibar.

ASESOR : 
MVZ. Francisco Halley Rodríguez
Huanca

ÁREA : Nutrición animal

TEMA : Alimentos, forrajes no convencionales

DEDICATORIA

A mis padres Demitila y Benjamín, como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación profesional. Porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y porque nunca podré pagar todos sus desvelos, ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Por lo que soy y por todo el tiempo que les robé pensando en mí. . .

A mis hermanos † María†, María, Wilfredo y Lufemia, a mis primos y sobrinos, que con su amor me han enseñado a salir adelante. Por el apoyo incondicional y emotiva que me brindaron durante mis estudios, en otros momentos tan importantes y difíciles de mi vida. . .

A mi adorada Jecira, gracias por permitirme formar parte de tu vida, gracias por tu amor, por ser como eres, por ser la mujer con los mejores sentimientos que he conocido, gracias por presionarme para terminar este trabajo, por ayudarme con la ejecución, por aguantarme, pero sobre todo gracias por enseñarme a creer en mí y motivarme a hacer las cosas de la mejor manera. . .

Gerard

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, por ser el alma formadora de personas, intelectual y espiritualmente, en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar en donde estén o si alguna vez llegan a leer estas líneas, quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado.

En especial deseo agradecer al Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar, mi director de tesis por toda la paciencia y su valioso tiempo, por la confianza que desde el principio depositó en mí, por el estímulo, consejo, seguimiento, compromiso con el trabajo y conocimientos que me sirvieron de gran ayuda. Gracias por todo el apoyo, considero que usted fue mi mejor elección, porque me ha servido como ejemplo y deseo de contar siempre con su sabiduría y amistad.

Al señor Miguelito por su apoyo confianza y palabras, pues él era el único que me veía llegar con las muestras para el análisis, aunque haya habido días que me haya dejado sin materiales y no lo podía ubicar, pero siempre está dispuesto a ayudar, gracias nuevamente.

A mis compañeros de laboratorio por la compañía, los buenos ratos, y la grandiosa amistad que cultivamos, a Milagro, Abimael, Dixon y Ensminger, y a todos los amigos de quienes he recibido siempre un inmenso cariño y con los que he compartido momentos estupendos, es una larga lista, pero quiero mencionar de manera especial a Milagros, Silvia, Yurico, Raquel, Wilson, Godoy, Fraiz, Froy, Félix, Paolo, Zenovio.

A mis compañeros con quienes compartimos sueños y experiencias inolvidables. A los Huajes; Edwin Dueñas, Raúl Flores, Augusto Quispe y Leónidas Avalos, Rosario Quispe Cynthya Humpiri y a toda la promoción 2011

ÍNDICE

ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS Y FOTOS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS.....	X
RESUMEN	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Acuicultura orgánica.....	4
Definición de la Acuicultura Orgánica.....	5
2.1.1. Truchicultura orgánica.....	6
2.2. Agricultura orgánica.....	7
2.2.1. La Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	7
2.2.2. Cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>).....	8
2.2.3. Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	10
2.3. La nutrición y alimentación de peces.....	10
2.3.1. Fisiología digestiva de los peces.....	12
2.3.1.1. Digestión en el Estómago.....	14
2.3.1.2. Digestión en el Intestino.....	14
2.3.1.3. Secreciones enzimáticas pancreáticas.....	15
2.3.1.4. Hígado.....	15
2.4. Requerimientos Nutricionales de las Truchas.....	16
2.4.1. Requerimientos de Proteína en Peces.....	16
2.4.2. Requerimientos de Lípidos en Peces.....	18
2.4.3. Requerimientos de Carbohidratos en Peces.....	20
2.4.4. Requerimientos de Vitaminas.....	21
2.4.5. Requerimientos de Minerales.....	21
2.5. La energía en la nutrición de peces.....	22
2.6. La digestibilidad.....	25
2.6.1. Digestibilidad aparente y real.....	26
2.6.2. Estudios de digestibilidad en peces.....	27
2.6.3. Determinación de la digestibilidad aparente en peces.....	29
2.6.4. Pérdida de nitrógeno branquial y urinario.....	31
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	33

3.1. Ámbito experimental.....	33
3.2. Materiales.....	33
3.2.1. Instalaciones	33
3.2.2. Material biológico	36
3.2.3. Material de laboratorio.....	36
3.2.4. Tratamiento de alimentos.....	37
Lavado de la quinua.....	37
Tostado de la cañihua.....	38
Lavado del tarwi.....	38
3.2.5. Dietas.....	38
3.3. Metodología.....	44
3.3.1. Metodología para el análisis químico proximal, energía bruta de las dietas experimentales y excretas colectadas	44
3.3.2. Determinación de la digestibilidad aparente.....	45
3.3.3. Determinación de cenizas insolubles en ácido.....	46
3.3.4. Determinación de digestibilidad de nutrientes y energía de las dietas en estudio.....	46
3.3.5. Determinación de digestibilidad de nutrientes y energía de los alimentos en estudio.....	47
3.4. Análisis estadístico.....	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
4.1. Análisis de la Quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	49
4.2. Análisis de la Cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>).....	54
4.3. Análisis de Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	59
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES.....	66
VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	67
ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.	Resumen de análisis realizados en el Perú de valores nutritivos de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) en g/100 g de grano. 8
Tabla 2.	Composición química y de aminoácidos de la cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>) grano y extruida de dos variedades Cupi y Ramis. 9
Tabla 3.	Valor nutritivo del tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>) en g/100 g de grano. 10
Tabla 4.	Fórmulas alimenticias experimentales con inclusión de harina de cañihua, quinua y tarwi, tratadas y sin tratar para la alimentación en truchas arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>). 40
Tabla 5.	Valor nutricional de la dieta base para la trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>), base 90% MS. 41
Tabla 6.	Requerimientos nutricionales para truchas arco iris 42
Tabla 7.	Composición nutricional del Premix para acuicultura. 43
Tabla 8.	Composición nutritiva de la quinua sin y con tratamiento de lavado (% MS). 49
Tabla 9.	Composición químico - proximal, energía bruta de la dieta base y dos dietas con inclusión de quinua sin y con tratamiento de lavado en truchas juveniles (% MS). 50
Tabla 10.	Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la dieta base y dos dietas con inclusión de quinua sin y con tratamiento de lavado en truchas juveniles (% MS). 52
Tabla 11.	Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la quinua sin y con tratamiento de lavado en truchas juveniles (% MS). 53
Tabla 12.	Composición nutritiva de la cañihua sin y con tratamiento de cocción (% MS). 54

Tabla 13.	Composición químico - proximal, energía bruta de la dieta base y dos dietas con inclusión de cañihua sin y con tratamiento de cocción en truchas juveniles (% MS).	55
Tabla 14	Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la dieta base y dos dietas con inclusión de cañihua sin y con tratamiento cocción en truchas juveniles (% MS).	56
Tabla 15	Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la cañihua sin y con tratamiento de cocción en truchas juveniles (% MS).	58
Tabla 16	Determinación de la composición nutritiva del tarwi sin y con tratamiento de desamargado (% MS).	60
Tabla 17	Determinación de la composición químico - proximal, energía bruta de la dieta base y dos dietas con inclusión de tarwi sin y con tratamiento de desamargado en truchas juveniles (% MS).	61
Tabla 18	Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la dieta base y dos dietas con inclusión de tarwi sin y con tratamiento de desamargado en truchas juveniles (% MS).	62
Tabla 19	Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible del tarwi tratado y sin tratar en truchas juveniles (% MS).	64

LISTA DE FIGURAS Y FOTOS

		Pag.
Figura 1.	Partición de la energía del alimento en peces. Se observa las pérdidas a medida que el alimento se digiere y metaboliza, quedando una fracción de la energía para la retención como tejido nuevo.	24
Figura 2.	Esquema grafico del sistema de recirculación que incluye el tratamiento de agua para nueve tanques de digestibilidad en truchas.	34
Figura 3.	Tanque de digestibilidad provisto de columna de sedimentación para la colección de heces.	35
Foto 1	Distribución de tanques de digestibilidad en el laboratorio de peces.	80
Foto 2.	Tanque con inyección tangencial de agua creando flujo rotacional.	80
Foto 3.	Columna de sedimentación incorporada con frasco colector de heces.	80
Foto 4.	Frasco colector de heces.	80
Foto 5.	Manejo de las heces. a) Vaciado de las heces desde la botella colectoras hacia la bandeja de colección, b) extracción del agua sobrenadante con una jeringa simple, después de la sedimentación.	82
Foto 6.	Determinando ceniza insoluble en ácido (Hyflo Super Cell®) con la utilización de papel filtro.	82
Foto 7.	Calorímetro de bomba (Parr instruments 6772® USA).	82

LISTA DE ABREVIATURAS

AOAC	Association Official of Chemical Analytic
Ca	Calcio
Cal	Caloría
CDA	Coeficiente de digestibilidad aparente
CDGB	Coeficiente de digestibilidad de grasa bruta
CDMO	Coeficiente de digestibilidad de materia orgánica
CDMS	Coeficiente de digestibilidad de materia seca
CDPB	Coeficiente de digestibilidad de proteína bruta
Cen	Cenizas
DAE	Digestibilidad aparente de energía
DAMS	Digestibilidad aparente de materia seca
EB	Energía bruta
EE	Extracto etéreo
EEM	Error estándar de la media
ED	Energía digestible
EM	Energía metabolizable
Enm	Energía neta de mantenimiento
ER	Energía retenida
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
g	Gramo
g ⁻¹	por gramo
GB	Grasa Bruta
HP	Horse Power
IC	Incremento calórico
Lys	Lisina
Met	Metionina
MB	Metabolismo basal
MS	Materia seca
NRC	National Research Council
OD	Oxígeno disuelto
PB	Proteína bruta

OGMs	Organismos genéticamente modificados
pH	Potencial de hidrogeniones
SAC	Sociedad Anónima Cerrada
SAS	Statistical Analysis Systems
UV	Ultra violeta



RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto del tratamiento físico sobre la digestibilidad de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Proteína Bruta (PB), Grasa Bruta (GB) y Energía Bruta (EB) de la quinua, cañihua y tarwi, en trucha arco iris juveniles. Donde La quinua fue lavada, la cañihua tostada y el tarwi cocido y lavado *versus* harinas naturales. Se consideró una dieta base y 6 dietas experimentales que incluyeron 70% de la dieta base y 30% de los alimentos vegetales. Las dietas contenían alrededor de 1% de marcador indigestible (Hyflo Super Cel[®]). Las heces fueron colectadas en un sistema de recirculación cerrado de agua equipada con una columna de sedimentación. Se distribuyeron 135 truchas al azar en 9 tanques de digestibilidad (500 L/tanque=15 truchas). Los nutrientes de los alimentos, dietas y heces, fueron determinados mediante el análisis proximal, la energía bruta fue medida en un Calorímetro y el marcador indigestible de las dietas y heces se determinó por el método de cenizas insolubles en ácido. El contenido de MO y PB fue mejorado con el tratamiento de lavado de la quinua, (97.6, 12.0% vs 96.6, 11.1% respectivamente), mientras que el contenido de GB y EB fueron disminuidos (6.7%, 4532.1Kcal/g vs 3.5%, 4490.0 Kcal/g; $P < 0.05$, respectivamente) y a lo que concierne coeficiente de digestibilidad de los nutrientes (PB y EB) mostro tendencia a mejorar con el tratamiento de lavado de la quinua. En la cañihua el contenido de MO fue disminuido por el tratamiento de cocción, (95.5% vs 94.8%) mientras que el contenido de PB, GB y EB no fueron afectados. El coeficiente de digestibilidad de los nutrientes (MO, PB, EB y ED), fueron mejorados por el tratamiento de tostado (60.8, 84.7, 60.4% y 2731.4 Cal g⁻¹ vs 45.6, 80.6, 44.7% y 1854.1 Cal g⁻¹; $P < 0.05$, respectivamente), comprado a la presentación natural, mientras que la digestibilidad de la GB no fue afectada. En cuanto al tarwi el contenido nutricional de MO y EB fue mejorado con el tratamiento del desamargado (96.6% y 5914.8 Cal g⁻¹ vs 95.9% y 5391.0 Cal g⁻¹; $P < 0.05$, respectivamente) mientras que el contenido de PB y GB fueron disminuidos (35.8, 20.0% vs 32.4, 19.1%; $P < 0.05$, respectivamente). El coeficiente de digestibilidad de la PB del tarwi fue mejorada con el tratamiento de desamargado (94.2% vs 88.8%; $P < 0.043$), contrariamente digestibilidad de los otros nutrientes no fue afectada por el tratamiento. En conclusión, el tratamiento físico de la quinua, cañihua y tarwi en general mejora la digestibilidad de los nutrientes, siendo más notable este efecto en la cañihua.

Palabras clave: Digestibilidad aparente, quinua, cañihua, tarwi, tratamiento físico y truchas.

I. INTRODUCCIÓN.

La siembra de acuicultura es el futuro, ya que se multiplicará 240 veces en los próximos 20 años (de 5 mil TM a 1.2 millones TM) (FAO, 2006), siguiendo esta tendencia la producción de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) que se desarrolla en el lago Arapa, creció también en más del 20% anual durante los últimos años y viene trabajando desde hace más de 14 años en la producción de truchas convencionales y desde hace 7 años en truchas ecológicas. Sin embargo, un punto importante a considerar es que su crianza es dependiente de alimentos extra-regionales, lo cual origina un incremento en los costos por alimentación. Debido a que la alimentación representa >75% de los costos totales de producción, cualquier optimización en este rubro, puede mejorar la productividad y hacer que las empresas sean sostenibles (Rodríguez, 2010).

La acuicultura orgánica ha registrado el crecimiento más rápido en el mundo, desde 1970 en promedio 9% anualmente y en el 2001 la producción acuícola orgánica en Europa fue de 5000 TM (salmón 80%, truchas 4%, carpas 8%, mejillones 2% y otros) (FAO, 2006). En este sentido, debemos prestar especial atención a la acuicultura orgánica, debido a que se viene constituyendo en una importante alternativa de producción de alimentos y que tiene un gran potencial de desarrollo, principalmente por el creciente interés de los consumidores de alimentos producidos y procesados de forma sostenible y amigable con el ambiente. Para que el sector de la acuicultura orgánica pueda coexistir con éxito con otros sectores productores de alimento, tendrá que proveerse de sus propios alimentos orgánicos para lo cual los alimentos orgánicos deben ser objeto de investigación, producción y uso.

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie muy exigente en proteína y energía en su dieta debido a que es un pez carnívoro, de hecho, su dieta siempre está compuesta en su mayoría por harina de pescado (cerca del 50%), aceite de pescado, soya y maíz, sin embargo, estos insumos no cuentan con certificación orgánica o simplemente no son alimentos producidos orgánicamente y por tanto no pueden incluirse más del 25% en raciones formuladas para peces orgánicos (Biolatina, 2010). En este sentido cabe mencionar que la producción orgánica de peces se encuentra en desarrollo y por tanto está sujeto a cambios.

La evaluación de la calidad nutricional de los alimentos se hace mejor, mediante la realización de amplios ensayos de alimentación, que consumen tiempo y son caros. El mejor método de evaluación de la calidad nutricional es medir los coeficientes de digestibilidad aparente mediante un procedimiento *in vivo*. La digestibilidad es uno de los aspectos más importantes para evaluar la eficacia de los alimentos (Asad *et al.*, 2005). Entre las especies de peces, la trucha arco iris ha sido una de las más usadas en estudios de determinación de digestibilidad aparente de materias primas, tanto de origen animal como vegetal (Isea *et al.*, 2008).

El Perú cuenta con una diversidad inmensa de productos agrícolas convencionales y orgánicos tanto en la costa, sierra y selva, teniendo a la quinua, cañihua y tarwi, como productos orgánicos autóctonos y originarios del Perú, sin embargo, muchas veces estos alimentos no son objeto de estudio o simplemente se tiene muy poca información acerca de su valoración nutricional y de su potencial uso en la alimentación de truchas orgánicas. Se sabe que la cañihua y la quinua son alimentos energéticos y que a su vez poseen en su composición

un buen nivel de aminoácidos esenciales, mientras que el tarwi corresponde al grupo de las leguminosas con buen nivel de proteína; teniendo en cuenta esta información, las materias primas estudiadas pueden ser alternativas de uso en la alimentación de truchas orgánicas. En Arapa SAC actualmente se utiliza materias primas noveles como harina de lombriz, pota, sachá inchi, nuez, quinua, cañihua, lupino, trigo, camaroncillo y arcilla nativa en raciones de truchas orgánicas, sin embargo, se ha observado un menor rendimiento productivo con respecto a las truchas convencionales tanto en peso vivo final (>30%) como en rendimiento en conserva (>10%). Esta disminución del rendimiento productivo ocurre principalmente debido al desconocimiento del valor nutricional y la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación de truchas arco iris de tal forma que se obtienen raciones des-balanceadas que no cubren los requerimientos nutricionales, poseen un alto precio y producen la eutrofización del agua.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la valoración nutricional mediante la digestibilidad de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta y energía; de la cañihua, quinua y tarwi, sin y con tratamiento en truchas arco iris, con la finalidad de conocer la posibilidad del uso de dichas materias primas en la alimentación de la trucha y la elaboración de dietas con un adecuado perfil de nutrientes para su desarrollo normal, y de optimizar la producción de trucha orgánica.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Acuicultura orgánica.

El mercado de los productos orgánicos es uno de los segmentos de más rápido crecimiento, debido a que las personas consumen productos orgánicos bajo la creencia de que son seguros y buenos para la salud humana y el ambiente (Milstein y Lev, 2004); esto configura a la producción orgánica como una de las tendencias en el campo de la producción de alimentos.

De acuerdo a El-Hage y Hattam (2003) la acuicultura, con respecto a la agricultura, ha quedado muy rezagada en relación con las cantidades y la diversidad de los productos orgánicos certificados; este retraso se debe a la ausencia de normas y a criterios de acreditación aceptados universalmente. No obstante, las proyecciones de FAO (Citado por Lockwood *et al.*, 2005) indican que la producción de la acuicultura orgánica para el año 2030, se incrementará en 230 veces.

Bullin (2004) indica que los consumidores consideran a los alimentos acuáticos orgánicos como buenos debido a: 1) los productos orgánicos cumplen con estándares estrictos, que aseguran al público de que ellos fueron criados o cultivados y manipulados de acuerdo a procedimientos estrictos sin el uso de químicos tóxicos; 2) la acuicultura orgánica es ambientalmente sustentable; 3) los alimentos acuáticos orgánicos reducen el riesgo a la salud; 4) la granja orgánica respeta los recursos agua y suelo; 5) la certificación orgánica ofrece al pequeño productor rural la capacidad de manejar los precios de sus productos; 6) la acuicultura orgánica ofrece

un acceso continuo al mercado en donde las barreras comerciales frecuentemente restringen las ventas; y 7) los alimentos orgánicos acuáticos tienen un mejor sabor.

Definición de la Acuicultura Orgánica.

Se define a la acuicultura orgánica como el ensayo para mitigar algunos de los problemas de la industria acuícola; la práctica de la acuicultura orgánica supone que la crianza de los organismos acuáticos que se realiza de una manera sostenible y que no contamina el ambiente. Esto también incluye a la crianza de criaturas acuáticas en condiciones similares a sus contrapartes salvajes (The Center for Food Safety, 2009).

No obstante, Boehmer *et al.* (2005) indican que no hay una definición adecuada para la acuicultura orgánica, debido a la variedad de especies y sistemas que se emplean en la acuicultura; sin embargo, el término “orgánico” en el contexto de la producción de alimentos connota estándares y certificación (una exigencia verificable para el proceso y las prácticas de producción).

Por otro lado, una de las principales dificultades de la acuicultura orgánica es que los alimentos deben contener al menos 95% de componentes orgánicos. Esto prohíbe o limita fuertemente el uso de las dos principales fuentes de proteína utilizadas en los alimentos convencionales para acuicultura (soya y harina de pescado) y esto duplica el costo de los alimentos producidos de manera orgánica (Milstein y Lev, 2004).

2.1.1. Truchicultura orgánica.

Es el cultivo truchas que se realiza de manera natural, teniendo en cuenta que éste significa desarrollar un cultivo bajo estrictas normas internacionales respetando el medio ambiente y sin la intervención de agentes químicos externos durante sus etapas (cultivo, procesamiento y comercialización) (Arapa SAC, 2010).

En el caso particular de la trucha, el cultivo orgánico significa desarrollar un sistema en el cual se parta por ovas obtenidas naturalmente, usando para la elaboración de alimentos insumos que son orgánicos o que no contengan químicos, así mismo se debe llevar registros de todas las etapas del cultivo y todas las acciones realizadas (Biolatina, 2010)

La trucha orgánica es aquella que ha sido cultivada bajo normas internacionales que rigen los productos orgánicos, y que mediante las empresas certificadoras logran su cumplimiento para posteriormente recibir la certificación.

No se puede reconocer a simple vista una trucha orgánica, sin embargo, se puede analizar en el laboratorio si ésta tiene restos de algunos químicos o si ha sido alimentada con insumos transgénicos en el transcurso de su cultivo, pero lo que acredita que sea una trucha orgánica es el certificado que otorga las organizaciones autorizadas como BIOLATINA, NATURLAND, etc. Para obtener éste certificado se deberá cumplir con todas las normas que dictan estas organizaciones, solo así se puede ofrecer una trucha orgánica (Arapa SAC, 2010).

2.2. Agricultura orgánica.

La agricultura orgánica viene a ser un sistemas para cultivar una explotación agrícola basada en la utilización óptima de los recursos naturales, sin emplear productos químicos de síntesis, u organismos genéticamente modificados (OGMs), logrando de esta forma obtener alimentos orgánicos a la vez que se conserva la fertilidad de la tierra y se respeta el medio ambiente. Todo ello de manera sostenible y equilibrada (Mata, 2001).

Los principales objetivos de la agricultura orgánica son la obtención de alimentos saludables, de mayor calidad nutritiva, sin la presencia de sustancias de síntesis química y obtenida mediante procedimientos sustentables. Este tipo de agricultura es un sistema global de gestión de la producción, que incrementa y realza la salud de los agro-sistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo (Caballero, 2002).

A continuación, realizaremos una breve revisión acerca de los alimentos orgánicos que fueron usados en el presente trabajo.

2.2.1. La Quinoa (*Chenopodium quinoa*).

La quinoa tiene el más alto contenido proteico (12-19%) (Tabla 1) que cualquier grano de cereal, es alta en lisina y en metionina, tiene un buen balance nutricional de proteína, grasa y almidón (Ochoa y Cedeño, 2009) y un valor del PER (Eficiencia de Proteína) mayor que los cereales, incluso que la caseína y se produce en un amplio rango altitudinal que comprende

principalmente zonas entre 2600 a 3900 msnm, siendo de gran desarrollo éste cultivo en las zonas de Puna Alta y Quechua como es el caso de Puno y Cusco (Blanco *et al.*, 2002).

Tabla 1. Resumen de análisis realizados en el Perú de valores nutritivos de la quinua *Chenopodium quinoa* en g/100 g de grano.

Componente, %	Quinua
Materia seca	87.4
Proteínas	14.22
Grasas	5.1
Carbohidratos	59.7
Cenizas	3.4
Fibra	4.1
Lescano (1994)	

2.2.2. Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*).

La cañihua es un grano andino originario de los Andes del Perú y Bolivia, domesticada y cultivada por los Tiahuanaco en la Meseta del Collao a 3,500 y 4,200 metros de altitud, soportando temperaturas muy bajas y algunas sequías. Los granos son lenticulares de 1 a 1,2 mm de diámetro con epispermo fino y punteado de color negro. No contiene saponina por lo que no es amargo (Mejía, 1999).

El grano de la cañihua es muy nutritivo perteneciente al igual que la quinua a la familia de las *Quenopodiáceas* considerado dentro del grupo de cereales, la cañihua es de menor tamaño que la quinua y más oscura su tamaño oscila entre 20 y 60 cm, pero a diferencia de la quinua, esta no contiene saponinas (Mejía, 1999).

El grano de cañihua presenta un elevado contenido de proteínas (13-17%) y al igual que la quinua y kiwicha, tiene una proporción importante de aminoácidos azufrados; posee un balance de aminoácidos de primera línea, siendo particularmente rica en lisina, isoleucina y triptófano. Esta calidad proteica, en combinación con un contenido de carbohidratos del orden del 60% y aceites vegetales del orden del 8%, la hacen altamente nutritiva. Tanto la quinua como la cañihua, son relativamente ricos de lípidos. El aceite de estos cereales tiene alto contenido en ácidos grasos insaturados, así como también de tocoferoles (Cied Perú, 2008); pero al igual que pasa con otros alimentos, por sí solos no son suficientes, requieren ser combinados para constituirse en alimentos equilibrados (Tapia, 2003).

Tabla 2. Composición química y de aminoácidos de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) crudo y extruida de dos variedades Cupi y Ramis.

Componente, %	Grano crudo		Extruido	
	Cupi	Ramis	Cupi	Ramis
Humedad	10.4	11.8	4.1	3.7
Proteína bruta	14.4	14.9	14.3	13.9
Grasa bruta	5.7	7.0	5.5	5.8
Fibra cruda	11.2	8.2	4.3	4.8
Cenizas	5.0	4.3	4.5	4.0
Carbohidratos	63.7	65.7	71.4	71.5
Fibra dietaria total	25.3	26.0	18.9	20.2
Fibra soluble dietaría	3.0	2.8	2.0	2.2
Fibra insoluble dietaría	22.3	23.2	16.9	17.9
Lignina	6.9	8.0	6.3	5.6
Betaglucanos	0.07	0.04	0.07	0.01
Treonina, g/100g PT	4.4			
Lisina, g/100g PT	5.6			
Valina, g/100g PT	4.5			
Isoleucina, g/100g PT	5.4			
Leucina, g/100g PT	7.8			
Arginina, g/100g PT	7.9			

PT= proteína

Carrasco *et al.* (2009); Blanco *et al.* (2010).

2.2.3. Tarwi (*Lupinus mutabilis*)

Es una leguminosa de condición de adaptación entre 1700 – 3800 metros de altura. Los granos de tarwi (*Lupinus mutabilis*) son una gran fuente proteínica y constituye además una valiosa fuente energética en forma de harinas y otros. Se ha ensayado la alimentación de aves y cerdos con resultados aceptables, en el Perú se ensayó con granos desamargados en la alimentación de trucha con buenos resultados (Lescano, 1994).

Tabla 3. Valor nutritivo del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en g/100 g de grano

Componente, %	tarwi
Materia seca	89.5
Proteínas	40-48
Grasas	20
Carbohidratos	20
Cenizas	2.8
Fibra	7.3
Lescano (1994)	

2.3. La nutrición y alimentación de peces.

La importancia de la alimentación de peces proviene de la necesidad de aprovechar de una forma óptima por parte del hombre los recursos piscícolas y desde un punto de vista ecológico nos interesa como

mecanismo indicador de las interacciones de las comunidades ictiológicas en el medio acuático.

Las especies piscícolas están adaptadas a todos los recursos alimenticios presentes en el medio que habitan. Los salmónidos son peces carnívoros poco especializados que en un medio natural se alimentan de una gran variedad de invertebrados acuáticos. Son especies oportunistas, no sólo por la variedad de su dieta, sino por la facilidad de adaptación a los cambios ambientales y a la disponibilidad de alimento (García *et al.*, 1993).

La investigación en el campo de la nutrición de peces se ha desarrollado muchísimo en las últimas décadas, y se está perfeccionando constantemente. A pesar de ello, aún supone el capítulo de mayores costos en todo el proceso de cultivo de peces, y en algunos casos es el actual cuello de botella de la acuicultura, considerando que, el rendimiento final del cultivo (o sea, Kg. de peces producidos por Kg. de alimento entregado) depende, de la cantidad y calidad del alimento, además, las condiciones de cultivo afectan a la fisiología y nutrición de los animales en desarrollo y a la vez, las propiedades del alimento afectan a cambios de las condiciones del medio (por acumulación de detritus, productos de excreción etc.). Por todo ello, mediante la nutrición se puede influir en el comportamiento, en la integridad estructural, en el estado sanitario general, en varias funciones fisiológicas en el crecimiento y la reproducción (Fernández, 1995).

Love (1980) citado por López (1997), indica las dietas de unas 600 especies de peces y concluye que un 85% de ellas son carnívoras, un 6% herbívoras, un 4% omnívoras, un 3% detritívoras y un 2% parásitas. Los requerimientos nutricionales de los peces para crecimiento, reproducción, renovación de tejidos, hormonas, enzimas y otras funciones fisiológicas son similares al de los animales terrestres, debido a que necesitan proteína, minerales, vitaminas, factores de crecimiento y fuentes energéticas.

Existen notables diferencias nutricionales entre peces y animales de granja, que pueden resumirse de la siguiente manera, el fraccionamiento de la energía química del alimento es más eficiente en animales poiquilotermos que en animales homeotermos, lo que se traduce en dietas con mayores porcentajes de proteína y energía para explotaciones acuícolas (López, 1997). Según González (2006) la alimentación de especies acuícolas en el futuro va orientada a tres aspectos: mayor utilización de proteínas vegetales y derivados de proteínas animales; menor excreción de nutrientes en las aguas y mínimo riesgo para la salud humana.

2.3.1. Fisiología digestiva de los peces.

La morfología del tracto digestivo de los peces es muy variable dependiendo del régimen alimenticio y del hábitat en que se desarrollan. Es así como los peces herbívoros poseen un intestino mucho más largo que el de los omnívoros y carnívoros, lo que hace que el tiempo de digestión varíe, asimismo, existen especies que no poseen estómago como es el

caso de la carpa común, otras presentan un pseudo-estómago o estómago no funcional como las tilapias; otras especies presentan ciegos pilóricos (Blanco, 1995).

Los ciegos pilóricos varían en forma y número que pueden ir de 1 ó 2 hasta 200, éstos presentan orificios que los comunican con el intestino. Del tamaño y número de los ciegos pilóricos depende el tamaño de la presa, éstos son considerados como lugar de absorción igual que el intestino anterior, también se cree que tiene la función de almacenar el contenido digestivo y prolonga el tránsito de los alimentos favoreciendo la hidrólisis adecuada de ciertos substratos digestivos, también representan una ganancia de espacio, los peces con intestino corto y ciegos están en mayor ventaja que los otros, los peces sin estómago no presentan estas estructuras (Blanco, 1995).

Dependiendo de la dieta alimenticia los peces pueden presentar vellosidades y pliegues en el epitelio intestinal, lo que permite una mayor área de absorción, es así como para peces carnívoros estos pliegues existen en la porción del intestino que sigue al estómago y están más desarrolladas que para peces herbívoros. Parece ser muy común para todos los peces la presencia de dos regiones intestinales, la primera donde ocurre la absorción de los lípidos y la segunda donde ocurre la pinocitosis (reblandecimiento de las macromoléculas y prominencia de las células que realizan la absorción) (Hidalgo y Alliot, 1987).

2.3.1.1. Digestión en el Estómago.

La mayoría de peces reaccionan a la ingestión del alimento secretando activamente ácido con el fluido gástrico, la mayoría de los peces con estómago presentan células productoras de ácido clorhídrico, en peces como *Ictalurus punctatus* y *Oreochromis mossambicus*, el pH varía entre 1,1 y 3,8 después de las comidas. En especies herbívoras el pH se ve menos afectado por la ingestión, el paso del bolo alimenticio crea una especie de efecto tampón, sin embargo, la variación del pH en el estómago puede influir sobre la eficacia de la digestión en especies de aguas cálidas. Las diferentes células glandulares del estómago secretan proteasas (pepsina y endopeptidasa), al igual que ácido clorhídrico, la actividad proteolítica tienen su valor óptimo a un pH ácido (Hidalgo y Alliot, 1987).

2.3.1.2. Digestión en el Intestino.

Ocurre debido a la acción de diferentes productos secretados por la pared intestinal o por las glándulas anexas hígado y páncreas. El páncreas vierte al intestino proteasas, carbohidrasas y lipasas. La bilis procedente del hígado y acumulada en la vesícula biliar aporta principalmente sales biliares (compuestos tenso activos) capaces de emulsionar los lípidos facilitando la acción de la lipasa.

Tanto en los peces con estómago como en los agastros, el pH del fluido intestinal es cercano a la neutralidad o básico. Generalmente es neutro en

la parte anterior y se hace alcalino en la parte posterior, pudiéndose detectar en algunas especies una digestión alcalina (García y Sanz, 1987).

2.3.1.3. Secreciones enzimáticas pancreáticas.

La mayoría de los peces presentan un páncreas difuso con excepción de algunos como los Bagres que tienen un páncreas compacto, por otro lado, parece que los ciegos pilóricos producen secreciones de origen pancreático, esto debido a la posición del páncreas difuso alrededor de estos. Dentro de las secreciones pancreáticas tenemos: Proteasas, carbohidrasas y lipasas (Hidalgo y Alliot, 1987).

2.3.1.4. Hígado.

El hígado de muchas especies ícticas tiene una alta actividad amilásica y lipásica, determinándose también altas cantidades de beta-galactosidasa y lactasas (García y Sanz, 1987).

Una vez que el alimento se ha digerido, es decir, que las proteínas se han descompuesto en aminoácidos, las grasas en ácidos grasos y los carbohidratos en monosacáridos, la *absorción* de estos nutrientes (paso de los nutrientes a los sistemas sanguíneo y linfático) se realiza a través de la pared intestinal (Steffens, 1987). Los nutrientes pueden entrar a las células por difusión o por transporte activo mediante proteínas transportadoras de membrana, las cuales pueden ser muy específicas y algunos substratos pueden inhibir competitivamente la entrada de otros. Por ejemplo, el transporte de la D-galactosa puede inhibir la entrada de la D-glucosa y el transporte de la leucina puede verse inhibido por aminoácidos neutros de

la forma L. La absorción de moléculas más grandes puede llevarse a cabo por procesos de pinocitosis, como ya se había mencionado para los peces carentes de estómago (Moyle y Cech, 2000).

2.4. Requerimientos Nutricionales de las Truchas.

Una vez la proteína es digerida o hidrolizada se liberan los aminoácidos, los cuales son absorbidos por el tracto intestinal y distribuidos a través de la sangre a todos los órganos y tejido del animal. Los aminoácidos son utilizados por los tejidos para formar nueva proteína ya sea para crecimiento reproducción o mantenimiento. Un suministro inadecuado de proteína en la dieta puede ocasionar un retraso o detenimiento total del crecimiento. Los aminoácidos esenciales no pueden ser sintetizados en el organismo animal debido a lo complejo de su constitución; entonces deben ser aportados por la ración, En el caso de los aminoácidos no esenciales estos son los que sí pueden ser sintetizados por el organismo (Tacon, 1987).

2.4.1. Requerimientos de Proteína en Peces.

El óptimo de proteína requerido por los peces y camarones en la dieta está íntimamente relacionado con el balance de energía-proteína, la composición de aminoácidos, la digestibilidad de la misma y la cantidad y calidad de la fuente de energía no proteica. La proteína se requiere en la dieta, para proveer los aminoácidos esenciales y el nitrógeno para la producción de los aminoácidos no esenciales (Guillaume *et al.*, 2004). La

proteína de los tejidos corporales incorpora alrededor de 23 aminoácidos y, entre estos, 10 deben ser suplidos en la dieta, dado que los peces no pueden sintetizarlos. Los aminoácidos se requieren para mantención, crecimiento, reproducción y repleción de tejidos. Una gran proporción de los aminoácidos consumidos por los peces, son catalizados para la producción de energía y los peces están bien adaptados para emplear de esta forma, las proteínas consumidas en exceso. Algo se puede economizar, si otra fuente de combustible dietario está presente en cantidades adecuadas, por ejemplo, si se aumenta el contenido de lípidos (grasa) de la dieta, se puede reducir el catabolismo de los aminoácidos de la dieta y, por ende, los requerimientos (Cho, 1992).

En general para todas las especies se deberá considerar que las necesidades de proteína están influenciadas por la calidad de la misma, factores ambientales, en especial temperatura y de manera particular por la edad de animal (Guillaume *et al.*, 2004).

Para la trucha arco iris se considera como óptimo un 40% cuando se utiliza harina de pescado blanca (importante harina de pescado de mar). El contenido proteico mínimo necesario para un rápido desarrollo, depende en gran parte de la tasa energética del alimento. Para esta especie es suficiente un 36% de proteína en la dieta siempre y cuando el aporte energético sea elevado. Como la trucha aprovecha muy mal los carbohidratos para fines energéticos, hace falta un 40% de proteína bruta si se quiere trabajar con altas cantidades de carbohidratos. Si es la grasa el principal constituyente para fuente de energía, sólo se requiere de un 30 a un 35% de proteína para obtener un crecimiento máximo (Tacon, 1987).

Para la trucha arco iris en el rango de 30 - 45% de proteína bruta, la proteína y la grasa pueden sustituirse mutuamente en un 5%. Con alimentos del 42% de proteína, del 6 al 12 % de grasa y del 22 al 28 % de carbohidratos, se alcanzan los mejores resultados, tanto para truchas como para carpas. Con un contenido habitual de proteína bruta del 44% se consiguen los mejores crecimientos en truchas con peso entre los 100 y 300 g. Trabajos realizados con porcentajes entre 38 y 51% de proteína no difieren mucho de acuerdo con lo reportado por diferentes autores (Tacon, 1987).

2.4.2. Requerimientos de Lípidos en Peces.

Esta categoría comprende una amplia variedad de compuestos. Los lípidos desempeñan muchos papeles: suministro de energía; integran estructuras; son precursores de muchas sustancias reactivas; etc. Tanto en la dieta, como en la carcasa de los peces, las formas en que más frecuentemente se encuentran los lípidos, como triglicéridos y fosfolípidos y, a veces, como ceras (Guillaume y Metailler, 1999). Los triglicéridos corresponden a una molécula de glicerol a la que se ligan tres ácidos grasos. Los fosfolípidos, también corresponden a una molécula de glicerol, pero con solo dos ácidos grasos y, en lugar del tercer ácido graso se liga un ácido fosfórico y otro tipo de molécula (colina, inositol, etc.). Las ceras corresponden a un ácido graso y un alcohol de cadena larga y, son una forma común de almacenamiento de lípidos en ciertas especies de zooplancton. El rol principal de los triglicéridos es el almacenamiento de lípidos (ácidos grasos). Por otra parte, los fosfolípidos se encuentran en las estructuras de membranas celulares (bicapa de lípidos). Los ácidos grasos son los

principales componentes activos de los lípidos de la dieta. Los peces son incapaces de sintetizar ácidos grasos insaturados en las posiciones n - 3 o n - 6, no obstante, estos ácidos grasos son esenciales para muchas funciones. Por tanto, estos dos tipos de ácidos grasos son esenciales para el animal y deben ser proporcionados en la dieta (Cho y Kaushik 1991).

Los aceites incluidos en los alimentos para trucha arco iris desarrollan su máximo efecto cuando están en proporción hasta del 24%. El 24% de aceite de arenque coincide con el 36% de proteína de la ración. Produciendo rápido crecimiento, buena conversión de alimento y óptimo aprovechamiento de la proteína. Ciertos investigadores determinaron como proporción óptima de proteína-grasa, la de 35% y 18% respectivamente, administrándose una mezcla de aceite de soya más aceite de hígado de gádido en la relación 3:2. Cuando al menos la mitad de la grasa de la ración está constituida por aceite de pescado o aceite de calamar, no se presenta ningún tipo de carencia (Guillaume y. Metailler.1999).

El 35-40% de la energía digestible del alimento puede corresponder a grasa y un 40-45% a proteína. Como óptimo para trucha se puede considerar por lo regular una proporción de grasa en el alimento concentrado del 15-20%. Con el 15% de grasa en la ración aumenta la tasa de grasa en la totalidad del pez hasta el 11,41%. Lo que supone alrededor de un 9% de contenido de grasa en la porción comestible. Se ha reportado que los reproductores de trucha alimentados con dietas de alto nivel de energía y alta proteína (16-17% lípidos y 48-49% proteína) producen grandes cantidades de

huevos, al contrario de peces alimentados con medianos o bajos niveles de energía y proteína (6-9% lípidos + 36-42% proteína), considerando siempre el perfil de aminoácidos y ácidos grasos esenciales (Tacon, 1987).

2.4.3. Requerimientos de Carbohidratos en Peces.

Los carbohidratos son considerados en general fuente importante de energía en la dieta, debido a su bajo costo, sin embargo, es necesario considerar cuidadosamente la inclusión de estos ya que tanto los peces como los camarones presentan una baja utilización y metabolización limitada de los carbohidratos. Siendo el almidón un polisacárido, se ha observado que es una de las formas más importantes de ofrecer carbohidratos en las dietas tanto de peces como de camarones, sin embargo, se ha definido que en forma cruda no es útil por lo que debe ser sometido a un tratamiento térmico. Entre los aportes que puede ofrecer la inclusión de este ingrediente a la dieta está la de su propiedad de ligante, con la cual, se puede conseguir para dietas comerciales una importante estabilidad en el agua (Guillaume *et al.*, 2004).

El límite de aprovechamiento para las truchas está entre 450 y 470 mg de carbohidratos digestible por cada 100 gramos de peso corporal por día. La concentración de glucosa en truchas como en otros peces, depende del momento en que se suministra el alimento y de la composición de este (Guillaume y Metailler, 1999). La cifra normal en ayunas de glucosa en la sangre oscila entre 35-40 mg/100 ml de sangre (promedio 42), El lactato se forma a partir del glucógeno muscular por efecto del ejercicio, pasando

luego a lo sangre; el margen normal del lactato en la sangre de la trucha es de 5,6 - 8,4 mg/ 100 ml de sangre, el promedio es de 6,5. Se ha determinado que con 21% de carbohidratos en el alimento se presenta retraso en el crecimiento, por lo cual recomiendan no sobrepasar de 140g de carbohidratos digestibles por kilogramo de alimento, lo que corresponde cerca de un 15 – 20% en la dieta (Tacon, 1987).

2.4.4. Requerimientos de Vitaminas.

Las vitaminas, son generalmente definidas como compuestos orgánicos dietéticamente esenciales, requeridos solo en cantidades muy pequeñas, los que juegan roles catalíticos, pero no tienen una función estructural importante. Hasta ahora, se ha demostrado que 4 vitaminas liposolubles y 11 vitaminas hidrosolubles o compuestos semejantes a las vitaminas, son esenciales para los peces. El requerimiento generalmente se mide en peces jóvenes en la etapa de rápido crecimiento. Sin embargo, los requerimientos pueden depender de la cantidad consumida de otros principios nutritivos, del tamaño del pez y, del estrés ambiental (Cho, 1992).

2.4.5. Requerimientos de Minerales.

Los peces requieren elementos inorgánicos (minerales) para la realización de variadas funciones metabólicas y la osmoregulación. Los peces obtienen minerales de la dieta y del ambiente. Muchos minerales se requieren en cantidades traza y se encuentran presentes en cantidad suficiente en el agua que los rodea, como para que el pez los absorba a través de las agallas. En ambientes de agua dulce, generalmente suficiente

concentración de calcio, sodio, potasio y cloro, como para que el pez los absorba y cubra sus requerimientos. En general, la totalidad del requerimiento de los otros minerales debe ser cubierto por la dieta. Los minerales de la dieta y los absorbidos desde el medio, juegan muchos roles. Generalmente, poseen roles estructurales (ej. formación del hueso) o catalíticos (ej. Metaloenzimas). Los minerales requeridos por los peces incluyen calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, hierro, cobre, zinc, cobalto, selenio, yodo y flúor (Cho, 1992).

2.5. La energía en la nutrición de peces

La energía del alimento ingerido por los peces se divide en muchos componentes. En la figura 1, se ilustra el flujo de la energía consumida en el organismo del pez. La energía se pierde en muchos lugares entre el consumo y los productos recuperados. Las pérdidas ocurren en la excreción fecal, urinaria, branquial, y como calor (NRC, 1993). El incremento de calor (IC) es el incremento en la producción de calor subsecuente a la ingestión de alimento. Los factores que contribuyen a IC son los procesos de digestión y absorción, la transformación e interconversión de los substratos y su retención en los tejidos (ER), y la formación y excreción de los desechos metabólicos. La principal base bioquímica para IC en mamíferos y aves es la energía requerida para el consumo, la desaminación y excreción del nitrógeno (N) amínico ingerido; sin embargo, esta pérdida de energía es menor en peces debido a que pueden eliminar los productos del metabolismo proteico (amoníaco, bicarbonato, y dióxido de carbono) sin la necesidad de sintetizar urea, ácido úrico, u otros compuestos similares (NRC, 1993).

En peces, IC es mayor para dietas con alto contenido de proteína (Cho *et al.*, 1982), mientras que, en mamíferos y aves, una dieta de alta proteína tiene un efecto más marcado sobre el incremento de calor, debido al gasto de energía en la síntesis de urea o ácido úrico a partir de nitrógeno desaminado. El costo energético de la síntesis de urea y ácido úrico es de 3.1 y 2.4 kcal/g N, respectivamente. En peces, en cambio, el amoníaco es el principal producto de desecho nitrogenado del metabolismo. Debido a que esta forma de nitrógeno se libera rápidamente en el agua, no es necesario gasto de energía para la síntesis de urea o ácido úrico (Cho *et al.*, 1982) encontraron que IC en la trucha arco iris a 15°C es 5 a 15% de la energía bruta consumida (IE) y cae a medida que la relación de proteína a energía disminuye. IC para el ganado puede ser de 20 a 30 % de EB (NRC, 1993). Así, debido al menor incremento de calor de los peces, la energía neta (EN), energía útil para el mantenimiento y crecimiento, en dietas de producción es mayor para peces que para animales de sangre caliente.

La energía neta de mantenimiento (ENm) es la energía requerida para mantener las funciones esenciales inmediatas para la vida del organismo. La mayor parte de la energía neta de mantenimiento se gasta en el metabolismo basal (MB), tales como la respiración, transporte de iones y metabolitos, recambio de constituyentes corporales, y circulación. Una porción más pequeña se gasta para la actividad voluntaria o reposo (AF) y, en el caso de animales homeotermos, la termorregulación (TR) de la temperatura corporal. Puesto que los peces no regulan la temperatura corporal y gastan menos energía en el mantenimiento de la posición en el

agua que los animales terrestres, el requerimiento de ENm de los peces es menor que para homeotermos. La producción de calor en ayuno (PCA) es una aproximación a ENm (NRC, 1993).

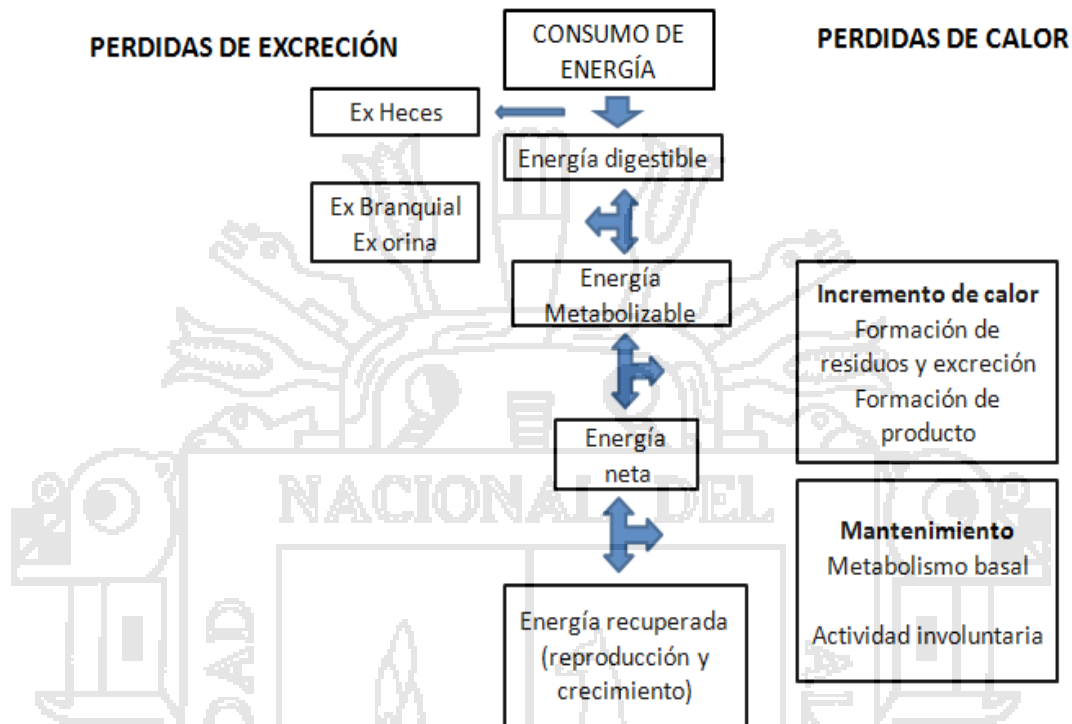


Figura 1. Partición de la energía del alimento en peces. Se observa las pérdidas a medida que el alimento se digiere y metaboliza, quedando una fracción de la energía para la retención como tejido nuevo (NRC, 1993).

La energía metabolizable, donde sea aplicable, es la medida más precisa de la energía disponible para los peces; sin embargo, EM ofrece poca ventaja sobre ED, debido a que EF representa la mayor parte de las pérdidas por excreción. Las pérdidas de energía a través de las branquias y los riñones son menores en peces que las pérdidas de energía no fecal de los mamíferos y aves, y no varían tanto entre alimentos como las pérdidas de EF. Además, la determinación de EM es difícil debido a la necesidad de forzar la alimentación y confinar los peces en cámaras de

metabolismo con ayuda de un collar para la colección simultánea de las excreciones fecal, branquial, y urinaria. Es más fácil determinar ED alimentando voluntariamente los peces, con tal de utilizar técnicas apropiadas para coleccionar las heces sin pérdida de los nutrientes y obtener valores confiables (Cho y Slinger, 1979). Una inapropiada colección fecal, como ocurre cuando las heces permanecen por mucho tiempo en el tanque, sobrestima los coeficientes de digestión.

Las proteínas y los lípidos son las fuentes de energía altamente disponibles para los peces, mientras que los carbohidratos son fuentes cuya energía varía entre especies. La tilapia del Nilo y el bagre (Wilson y Poe, 1985), peces omnívoros de agua caliente, digieren más de 70% de la energía bruta del almidón crudo; mientras que la trucha arco iris, pez carnívoro de agua fría, puede digerir menos del 50% (Cho y Slinger, 1979). La cocción, y la extrusión, incrementan la digestibilidad del almidón en peces. Así, por ejemplo, en el bagre, el maíz extruido tiene 38% más ED que el maíz peletizado por compresión (Wilson y Poe, 1985), y en la trucha arco iris, el almidón gelatinizado tiene 75% más ED que el almidón crudo (Cho y Slinger, 1979).

2.6. La digestibilidad.

La primera consideración en la formulación y producción de dietas eficaces en costo, es la calidad de los ingredientes alimenticios. La composición química (nutrientes, energía, anti-nutrientes, contaminantes) del ingrediente, obviamente va a tener un papel determinante en la calidad. Sin embargo, los aspectos biológicos, como la digestibilidad y utilización de

nutrientes, son muy importantes y los cuales, a menudo, se pasan por alto. La pérdida de materia indigerible de la dieta en forma de heces, es la principal razón de la variación en el valor nutritivo de los ingredientes alimenticios (Cho y Kaushik, 1991).

La digestibilidad, mide la fracción del nutriente o energía del alimento ingerido que no es excretada en las heces. La metabolizabilidad, mide la fracción de la energía digerida y absorbida que no es excretada en la orina ni por las branquias. La energía disponible de los alimentos destinados a peces, se puede expresar en términos de energía digestible (ED) o energía metabolizable (EM); sin embargo, muchos investigadores utilizan y reportan sólo valores de ED debido a las dificultades en la obtención de valores EM (NRC, 1981 y 1983).

2.6.1. Digestibilidad aparente y real.

El excremento está compuesto de componentes del alimento no digeridos, no absorbidos y los residuos de origen del cuerpo. Estos residuos son los restos de mucosa, las células intestinales, enzimas digestivas, mucoproteínas, y otras secreciones que salen del tracto digestivo del animal, junto con los residuos de la micro flora que habitan en el tracto digestivo.

La entalpia de la combustión de estos materiales representa una pérdida de energía que no se deriva del alimento. Esta pérdida de energía se designa la energía fecal metabólica (EFm) y se influencia por las características de la comida y nivel del alimento. Las estimaciones de EFm,

permiten la descripción de la digestibilidad verdadera de la energía que es mayor que la digestibilidad aparente (Halver y Hardy, 2002).

La energía digerible aparente (EDA) = EI – EF;

Dónde:

EI = energía ingerida,

EF = energía fecal.

La energía digerible real (EDR) = IE - (EF - EFm);

Dónde:

EI = energía ingerida,

EF = energía fecal.

EFm = energía fecal metabólica.

2.6.2. Estudios de digestibilidad en peces.

Vanderberg y De la Noüe (2001), postulan que se hace necesaria información relativa a disponibilidad de nutrientes específicos para llevar a cabo estudios de requerimiento y evaluación de insumos como posibles candidatos de inclusión en dietas que tengan como característica su bajo costo de fabricación y generen un mínimo impacto al medio ambiente. La necesidad de herramientas confiables para estudiar la utilización de ingredientes lleva al desarrollo de varios métodos para entender el grado en que los nutrientes son absorbidos, incluidas las mediciones de digestibilidad aparente de los nutrientes.

La utilización de componentes indigestibles en la dieta o la adición de marcadores indigestibles externos, eliminan la necesidad de una recolección cuantitativa de heces, pero requiere de una cantidad representativa de estas mismas (Vanderberg y de la Noüe, 2001).

Un marcador inerte debe cumplir con los requisitos básicos que son: 1) Debe tener la capacidad de ser incluido en un alimento de forma homogénea y debe ser fácil de determinar en laboratorio cuando está presente en bajas concentraciones. 2) Debe ser indigestible y no afectar el metabolismo del animal. 3) Debe ser higiénico y amigable con el medio ambiente (Austreng *et al.*, 2000).

El marcador inerte más usado en estudios de digestibilidad en peces es el Óxido de Cromo (Cr_2O_3), el Óxido de Itrio (Y_2O_3), también es usado en estudios de digestibilidad para peces (Hillestad *et al.*, 1999). Su uso es menos masivo debido a que su metodología de determinación es menos conocida en comparación al Oxido de Cromo. Austreng *et al.* (2000), concluye que los valores de digestibilidad obtenidos usando Y_2O_3 (Oxido de Itrio), La_2O_3 (Oxido de Lantano) y Yb_2O_3 (Oxido de Iterbio), como marcadores inertes son similares a los obtenidos con Oxido de Cromo. De acuerdo a Hillestad *et al.* (1999), trabajando con marcadores como La_2O_3 , Y_2O_3 , y Cr_2O_3 , concluye que no existen diferencias significativas entre las digestibilidades expresadas con cada uno de ellos. Agrega también, que para un estudio de digestibilidad el tamaño de los peces no es un factor importante, encontrando, por tanto, iguales digestibilidades entre peces de una misma especie, pero distinto tamaño.

2.6.3. Determinación de la digestibilidad aparente en peces.

Los métodos para determinar la digestibilidad incluyen las mediciones directa o indirecta de los nutrientes ingeridos y subsecuentemente excretados. Los alimentos en prueba se ofrecen solos o en combinación con otros ingredientes.

Método Directo.

El método directo mide todo el alimento consumido y colecta por separado toda la excreción fecal, urinaria y branquial, utilizando cámaras de metabolismo (Smith *et al.*, 1980). Las cantidades excretadas se restan directamente de las cantidades consumidas para determinar las cantidades retenidas. El método permite determinar el balance de carbono y nitrógeno, así como la energía digestible y metabolizable. Así mismo, elimina el problema de la pérdida de nutrientes por difusión fecal ya que analiza toda el agua de la cámara. Sin embargo, el método está abierto a la crítica, debido a que se puede comprometer el uso del alimento puesto que los peces están confinados, forzados a comer, y muy estresados. El uso de este método se ha restringido a la trucha arco iris habiendo fracasado los intentos de su adaptación en otras especies de peces.

Método Indirecto.

El método indirecto utiliza un marcador indigestible, como el óxido crómico (Cr_2O_3), que se incluye en la dieta en una concentración de 0.5 a 1.0%, bajo las asunciones de que la cantidad de marcador en el alimento y heces

permanece constante a través del periodo experimental y que todo el marcador ingerido aparece en las heces. La digestibilidad del nutriente en cuestión se puede determinar por evaluación de la diferencia entre las concentraciones del marcador en el alimento y las heces y el nutriente o energía. La digestibilidad porcentual del nutriente se puede estimar por el uso de la siguiente fórmula (Sanver, 2004):

$$\text{Coeficiente de la digestión de nutrientes} = \left(\frac{\% \text{ marcador en Alimento} * \% \text{ nutrientes en Heces}}{\% \text{ marcador en Heces} * \% \text{ nutrientes en Alimento}} \right)$$

El método indirecto se ha utilizado ampliamente para determinar los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, energía bruta, proteína cruda, carbohidratos, y lípidos en varias especies de peces (Wilson *et al.*, 1981; Cho *et al.*, 1982). La ventaja del método indirecto es que elimina la necesidad de la colección fecal total, y los peces en prueba pueden comer voluntariamente.

En cualquier ensayo de digestión, sea por el método directo o indirecto, lo más crítico es una apropiada colección fecal para evitar la pérdida de los nutrientes solubles en el agua. La trucha arco iris elimina una cantidad significativa de nitrógeno fecal en forma líquida, este nitrógeno puede difundir en el agua antes de la colección (Smith *et al.*, 1980), y mostrar coeficientes de digestibilidad erróneamente altos. Por esa razón, algunos investigadores prefieren la colección fecal directamente del recto mediante expulsión manual (Nose, 1967), disección quirúrgica o aspiración anal (Windell *et al.*, 1978b), a fin de minimizar la pérdida de nutrientes por difusión. El uso de la expulsión manual, requiere de cuidado a fin de prevenir la remoción del alimento parcialmente digerido o los fluidos

biológicos del intestino (Austreng *et al.*, 1978); mientras que la remoción pasiva de las heces del tanque tan pronto después de su expulsión, puede dar buenos datos de digestibilidad (Choubert *et al.*, 1979; Cho y Slinger, 1979). Los coeficientes de digestión determinados por el método indirecto han sido útiles y los regímenes de alimentación basados en estos datos han sido exitosos (Satoh *et al.*, 1992).

Ninguno de los dos métodos (directo ni indirecto), considera las pérdidas de materiales de origen endógeno o metabólico en las heces; por lo tanto, los valores de digestibilidad que se obtienen son más aparentes que verdaderos. La trucha arco iris elimina un 3.1% de nitrógeno endógeno fecal (Nose, 1967), este valor se eleva de 3.1 a 8.4% a medida que la temperatura del agua incrementa de 7° a 19°C (Foltz, 1978). Es probable que la distinción entre digestibilidad aparente y verdadera tenga poco impacto práctico en las prácticas de alimentación, sin embargo, y, de hecho, los valores de digestibilidad aparente son bastante adecuados.

2.6.4. Pérdida de nitrógeno branquial y urinario.

El consumo de proteína y el catabolismo eventual de sus aminoácidos produce amoníaco, dióxido de carbono y agua. La excreción de amoníaco, o su producto de detoxificación, la urea, le significa al pez pérdida de material combustible. La mayor parte de las pérdidas nitrogenadas ocurre por excreción de amoníaco a través de las branquias y en menor grado por excreción de amoníaco y urea a través de los riñones (Sanver, 2004). Por lo general, a los animales se les clasifica como amonotélicos (peces), ureotélicos (mamíferos), o uricotélicos (aves); sin embargo, esta

clasificación es muy genérica, debido a que los animales no sólo excretan amoníaco, urea, o ácido úrico, respectivamente, sino una mezcla de compuestos nitrogenados. Las excretas de los peces, además de amoníaco, contienen otros compuestos tales como urea, óxido de trimetilamina, creatina, creatinina, ácido úrico, insulina, ácido paraminohipúrico y aminoácidos (Hepher, 1993).

Una parte de la energía digerida por el pez se pierde inevitablemente como excreción no fecal de compuestos nitrogenados, principalmente amoníaco y urea, en proporción variable (Cho y Kaushik, 1991); por lo tanto, la energía metabolizable no es una proporción constante de la energía digestible. En teoría, EM es la medida más apropiada de la energía disponible para los peces, sin embargo, ésta choca con las dificultades de medición de las pérdidas branquiales de nitrógeno y depende mucho del desarrollo de técnicas exactas de medición de las pérdidas no fecales. Puesto que la medición de EM demanda de mucho esfuerzo experimental, la ED, es ampliamente aceptado entre los nutricionistas de peces como la medida de la energía disponible de los alimentos destinados para peces (Sanver, 2004).

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito experimental**

El trabajo de investigación, se desarrolló en los Laboratorios de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, la parte de colección de excretas se realizó en el Laboratorio de Nutrición de Peces, y los análisis químico-proximal se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal, situado a 3,837 metros de altitud, (3828 metros de altitud, a 16°35'36" latitud Sur y 68°34'02" longitud Oeste). La duración del experimento fue entre febrero y noviembre del 2013.

3.2. **Materiales**

3.2.1. **Instalaciones**

El experimento se realizó en un sistema de recirculación, conformado por nueve tanques de digestibilidad de 500 L de capacidad cada uno, provistos de columnas de sedimentación para la colección fecal.

El agua del sistema de recirculación fue impulsada por dos hidrobombas (DAB®, Italia) de 1HP y 1/2HP, respectivamente), la primera para la distribución desde un tanque de abastecimiento hacia los tanques de digestibilidad (ver figura. 4, representación gráfica), La segunda para el agua servida, recolectada en un tanque de recepción, hacia los filtros físico (que contenía grava gruesa y grava fina), químico (que contenía carbón activado), biológico (que contenía bio-filtros y cultivos de bacterias

nitrificantes), y un filtro UV; así el agua filtrada será impulsada nuevamente por la primera bomba.

Representación gráfica del sistema de recirculación cerrada y tratamiento de agua del Laboratorio de Nutrición de peces de la FMVZ-UNAP.

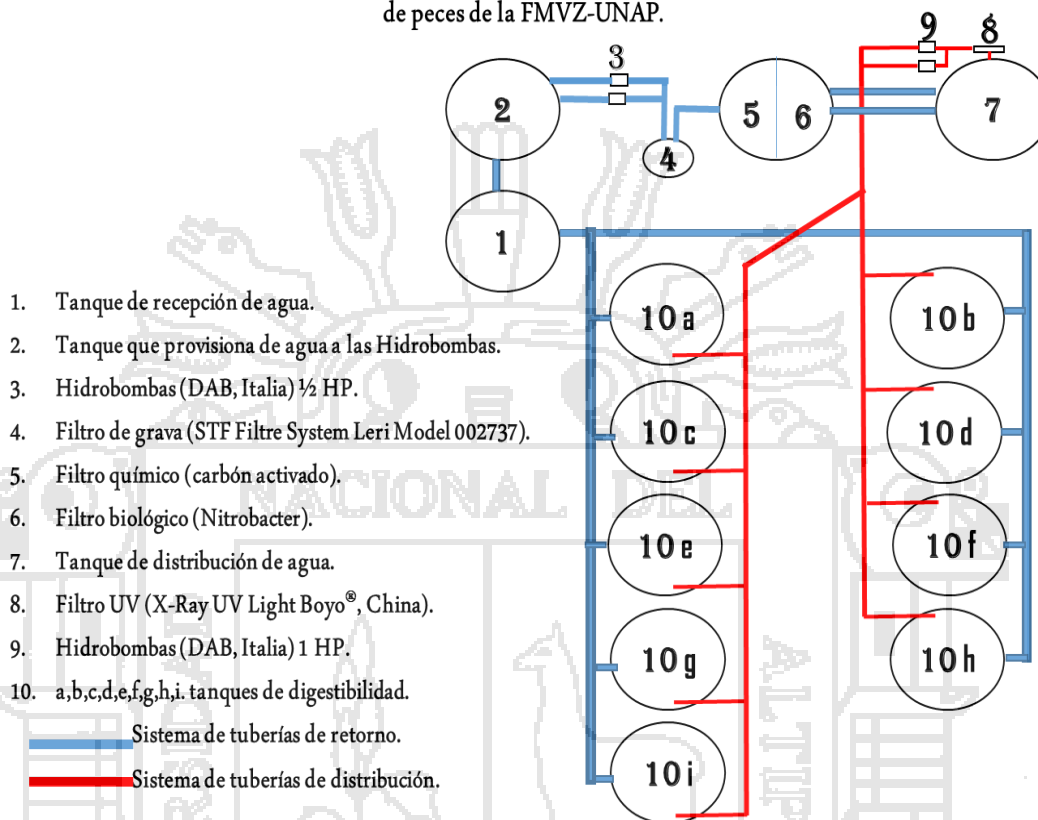


Figura 2. Esquema grafico del sistema de recirculación que incluye el tratamiento de agua para nueve tanques de digestibilidad en truchas.

Los tanques de digestibilidad tuvieron la forma de un cono truncado, de material plástico, con 75 cm de diámetro mayor, 65 cm de diámetro menor, y 80 cm de altura. La columna de sedimentación estuvo conformada por un tubo PVC de 10 cm de diámetro, 120 cm de longitud, y 7 litros de volumen, provisto de un ducto de drenaje de 2.2 cm de diámetro y una válvula (Figura 2). La conexión entre ambas unidades fue a través de un ducto de 3.8 cm de diámetro provisto también de una válvula. Los tanques de digestibilidad

estaban provistos a inyección tangencial para que el agua sea impulsada hacia el centro del tanque, creando un flujo rotacional desde la superficie hacia el fondo a fin de que los materiales sólidos sean desplazados hacia el centro del fondo dotado de un desfogue de salida (Rodríguez, 2010).

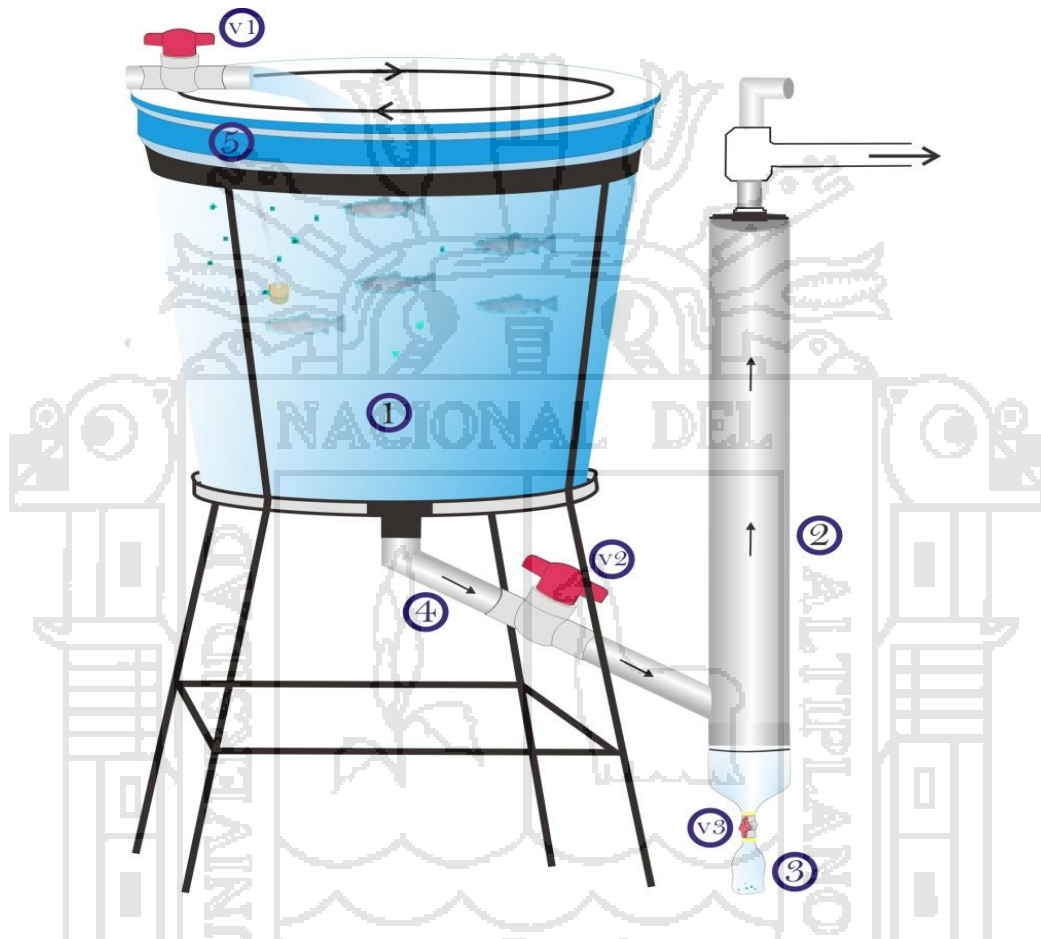


Figura 3. Tanque de digestibilidad provisto de columna de sedimentación para la colección de heces. Rodehutschord y Pfeffer (1999), adaptado de Sanver (2004), modificado por Rodríguez (2010).

V1: Llave de ingreso de agua 1".

V2: Llave de paso transversal 1".

V3: Llave de colección de heces ½".

1: Tanque de digestibilidad 500 L.

2: Columna de sedimentación.

3: Botella colectora.

4: Eferente de agua.

5: Difusor de Oxígeno.

3.2.2. Material biológico

En el ensayo se emplearon 135 truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) de la etapa juvenil, de un peso inicial promedio de 26.8g. y una longitud inicial promedio de 13.7cm, estos fueron adquiridas de una población procedente de la zona Barco - Chuchito Puno y fueron distribuidas en forma aleatoria en nueve tanques con una densidad de carga de 15 truchas por tanque, esto debido a que cargas mayores en el sistema de recirculación cerrada con tratamiento de agua, provoca una sobre-saturación del sistema, afectando irremediablemente la calidad de agua y por consiguiente la salud de los peces.

3.2.3. Material de laboratorio

Reactivos

- Hexano C_6H_{14} .
- Ácido sulfúrico H_2SO_4
- Hidróxido de sodio NaOH al 50%
- Ácido bórico H_3BO_3
- Ácido clorhídrico HCl 0.05N
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3)
- Anestésico Tricaine®.

Equipos

- Destilador de agua x 0.25 litros/hora.
- Estufa National, E5510.
- Extractor Soxhelt x 500ml.

- Calorímetro de bomba, Parr 6772.
- Mufla Furnace 48000.
- Mezclador de alimentos x 50 kg.
- Molino, Trapp TRF – 800.
-

Instrumentos

- Balanza analítica x 205g/0.1mg, Boeco®.
- Balanza digital x 10000g/1g, Boeco® (control biométrico).
- Ictiometro (control biométrico).
- Calculadora científica.
-

Otros materiales.

- Material de vidrio (balones Kjeldahl, vasos de 300, 500 y 800mL, beakers, vasos de Berzelius, embudos)
- Otros materiales (crisoles, papel filtro, papel aluminio, recipientes, bolsas herméticas, marcadores).
- Fichas de registros.
- Baldes, lavadores, cámara fotográfica.

3.2.4. Tratamiento de alimentos.

Lavado de la quinua.

El método del desamargado de la quinua consistió en el lavado de los granos a mano, con frotación sobre una piedra, (batán) la fricción y choques continuos entre ellas permite la remoción del epispermo de alto contenido

de saponinas, a la cual se le añade varios enjuagues en agua hasta que el agua quede transparente para luego llevarlo a secar y luego al molino.

Tostado de la cañihua.

Pocas investigaciones se han realizado sobre el procesamiento de la cañihua. La forma más corriente de consumo de la cañihua es a través del tostado y la molienda del grano, obteniéndose una harina que se denomina cañihuaco.

Lavado del tarwi.

El proceso de desamargado consistió en remojar los granos de tarwi en un recipiente (Cilindro) durante 12 horas. Los granos adquieren mayor volumen por efecto del remojo (se hinchan); luego son cocidos por un tiempo aproximado de una hora con dos cambios de agua cada 30 minutos, contados desde el momento que inicia a hervir. Para eliminar por completo el sabor amargo de los granos del tarwi después de la cocción, se escurre y se sumerge bajo agua en recipientes más grandes haciendo cambio cada seis horas; en este caso el desamargado demora tres días. El grano desamargado resultante es de sabor agradable e inoloro (Jacobsen y Mujica, 2006)

3.2.5. Dietas.

Se sometieron a evaluación siete dietas: una dieta base (control), y seis dietas con inclusión de harina de quinua sin tratar, cañihua sin tratar y tarwi sin tratar, quinua lavada, cañihua tostada, tarwi desamargada. La formulación de las mezclas se realizó con el programa a mínimo costo

(Format Internacional®). Los alimentos en prueba fueron incluidos en un 30% a la mezcla total y un 70% de la dieta base (Dadgar *et al.*, 2009). Las dietas fueron molidas y extruidas en la planta de alimentos de Arapa SAC. Cada alimento estudiado fue evaluado con tres replicas para realizar el análisis estadístico correspondiente.

Para la elaboración de las dietas se utilizaron los siguientes insumos, de acuerdo a la formulación y esquema realizado por Abimorad *et al.* (2008), se obtuvieron las proporciones de la dieta base y de cada ingrediente en prueba para las seis dietas experimentales (tabla 4).

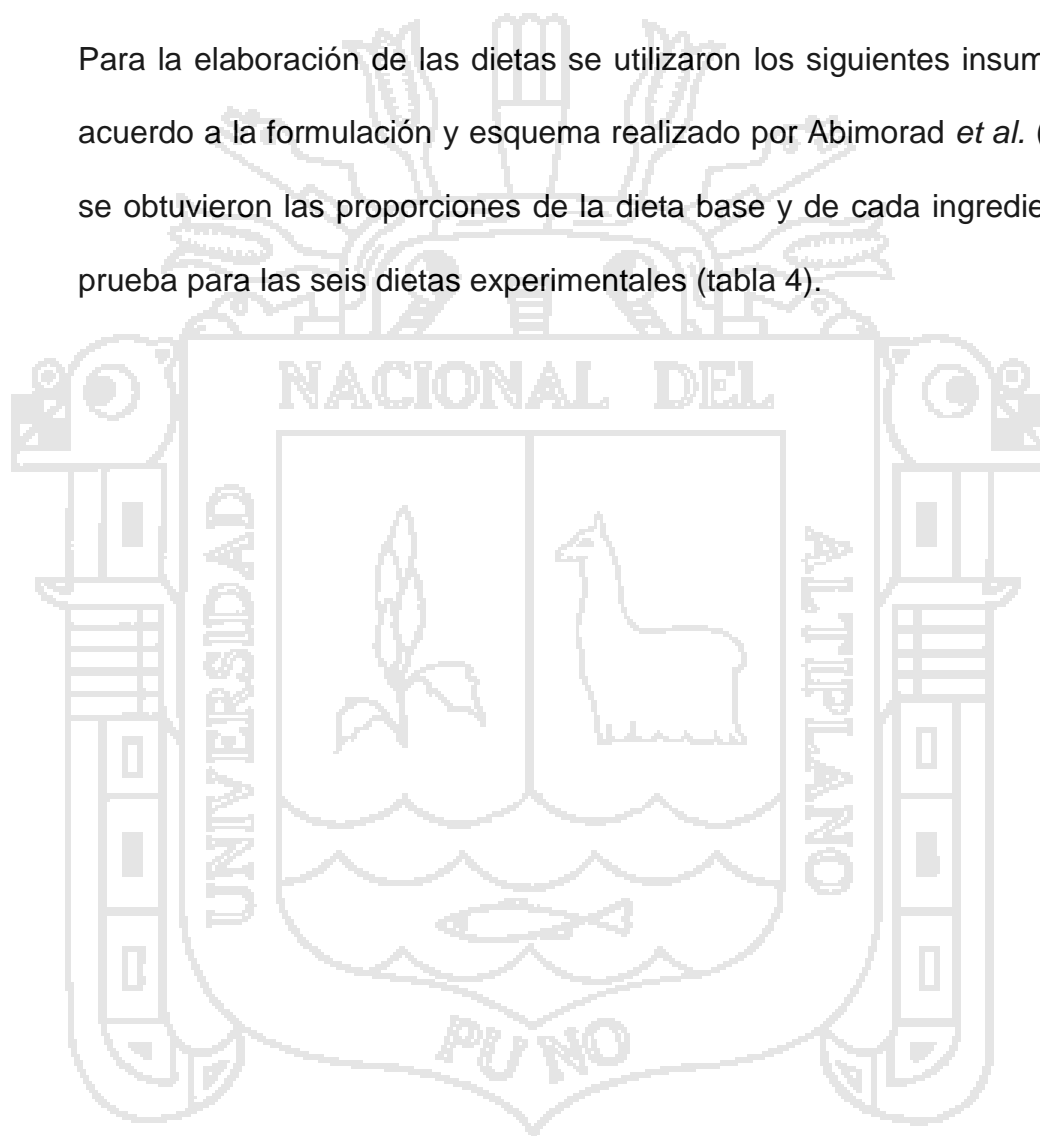




Tabla 4. Fórmulas alimenticias experimentales con inclusión de harina de cañihua, quinua y tarwi, tratadas y sin tratar para la alimentación en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Materia prima/nutrientes	Dietas						
	Base	Cañihua entera	Quinua entera	Tarwi entero	Cañihua tratada	Quinua tratada	Tarwi tratado
Harina de pescado	44.00						
Harina de Cañihua entera		30.00					
Harina de quinua entera			30.0				
Harina de tarwi entero				30.0			
Harina de Cañihua tratada					30.0		
Harina de quinua tratada						30.0	
Harina de tarwi tratado							30.0
Harina de Soya integral extruida	24.40						
Harina maíz	8.00						
Harinilla trigo	14.00						
Aceite pescado	8.00						
Sal común	0.30						
Marcador(Hyflo Super Cel®)	1.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Premezcla (vit + min)	0.30	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Dieta base		70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
Total	100.00	100.39	100.39	100.39	100.39	100.39	100.39

Tabla 5 contenido nutricional de la dieta base para la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en base a 90% MS.

Materias primas	Dieta %	Contenido de nutrientes, %										ED, Mcal
		PC	EE	FC	CEN	CH	Lys	Met	Cys	Ca	P	
Harina de pescado	44.0	28.8	3.3	0.40	6.30	0.40	2.20	0.90	0.30	1.60	1.10	1.85
Soya Integral Extruida	24.4	9.30	4.40	1.20	1.10	8.40	0.50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.93
Harina de maíz	8.0	0.70	0.30	0.20	0.10	6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Harina de trigo	14.0	2.40	1.10	1.10	0.60	8.70	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.30
Aceite de pescado	8.0	0.00	7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63
Sal común	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ceniza insoluble	1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Premezcla (Vitxmin)	0.3	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Total	100.0	41.30	17.00	2.90	8.10	24.20	2.90	1.00	0.40	1.70	1.40	3.88

ED= energía digestible, PC= proteína cruda, EE= extracto etéreo, CEN= cenizas, CH= carbohidratos, Lys= lisina, Met= metionina, Cys= cistina, Ca= calcio, P= fosforo y HySCel= cenizas insolubles NRC (1993)

Tabla 6. Requerimientos nutricionales para truchas arco iris.

Nutriente	Cantidad
Energía digestible, Kcal/kg	3,600
Proteína Cruda (digestible), %	38-45 (34-40)
Aminoácidos	
Arginina, %	1,5
Histidina, %	0,7
Isoleucina, %	0,9
Leucina, %	1,4
Lisina, %	1,8
Treonina, %	0,8
Triptófano, %	0,2
Valina, %	1,2
Macro minerales	
Calcio, %	1E
Magnesio, %	0,05
Fosforo, %	0,6
Potasio, %	0,7
Sodio, %	0,6E
Micro minerales	
Cobre, mg/kg	3
Iodo, mg/kg	1,1
Hierro, mg/kg	60
Manganeso, mg/kg	13
Zinc, mg/kg	30
Vitaminas Liposolubles	
A, IU/kg	2,500
D, IU/kg	2,400
E, IU/kg	50
K, mg/kg	R
Vitaminas Hidrosolubles	
Riboflavina, mg/kg	4
Vitamina B12, mg/kg	0,01E
Colina, mg/kg	1,000
Vitamina C, mg/kg	50

E= valor estimado
NRC (1993).

Para efectos de medir la digestibilidad de los alimentos, se adiciono 1% de cenizas insolubles en acido (Hyflo Super Cel®) en la dieta base.

Tabla 7. Composición nutricional del Premix para acuicultura.

Composición	por 3 kg de Premix	x 1 kg Premix	x kg alimento
Vit A, UI	14,000,000	4,666,667	14000
Vit D3, UI	2,800,000	933,333	2800
Vit E, UI	140,000	46,667	140
K3, g	8	3	0.008
B1, g	18	6	0.018
B2, g	20	7	0.020
Niacina, g	150	50	0.150
Ac pantoténico, g	50	17	0.050
B6, g	15	5	0.015
Biotina, g	0.8	0	0.001
Ac fólico, g	4	1	0.004
Ac ascórbico, g	600	200	0.600
B12, g	0.03	0.01	0.000
Cloruro colina, g	600	200.0	0.600
Mn, g	40	13.3	0.040
Fe, g	20	6.7	0.020
Zn, g	20	6.7	0.020
Cu, g	1.5	0.5	0.002
I, g	1.5	0.5	0.002
Se, g	0.3	0.1	0.000
Co, g	0.15	0.05	0.000
BHT, g	120.0	40	0.120
Excipiente, csp	1,331	444	1.331
Total, g	3.000	1.000	

DSM Nutritional Products (2010).

3.3. Metodología.

3.3.1. Metodología para el análisis químico proximal, energía bruta de las dietas experimentales y excretas colectadas

Las dietas experimentales y las heces colectadas fueron molidos para luego ser analizado (materia seca-MS, materia orgánica-MO, proteína bruta- PB y grasa bruta-GB) siguiendo las recomendaciones de la AOAC (2012) y la Energía Bruta-EB con el método directo de calorimetría de bomba.

La MS fue determinada en una estufa (Dry Cabinet® Hungría) a 60 °C por 48 horas, logrando la deshidratación de la muestra por calentamiento, hasta obtener un peso constante. Para la PB se determinó mediante el método micro-Kjeldahl, el cual se basa en la conversión del nitrógeno de las sustancias nitrogenadas de la muestra, en amonio, luego en borato de amonio y finalmente titulado (Nitrógeno Total * 6.25). Mientras que la GB fue obtenida mediante proceso de extracción continua de la muestra con acetona (Soxhelt) durante 4 horas. La MO se determinó mediante la incineración de la materia orgánica de la muestra en una mufla a 600°C durante 4 h (Termolyne® Furnace-4800). Finalmente, para la determinación de la EB se utilizó 1 g aproximado de muestra comprimida (pellet) y el contenido de energía fue reportado en cal g⁻¹ por el calorímetro de bomba Parr Modelo 6772® (EUA).

3.3.2. Determinación de la digestibilidad aparente.

La digestibilidad aparente de las dietas experimentales, se determinó por el método indirecto de colección fecal, utilizando el indicador cenizas insolubles en ácido (Hyflo Super Cel®), a través de la columna de sedimentación (adaptación del Sistema Guelph) (ver figura 3) para separar las heces del agua efluente (Sanver, 2004).

El ensayo tuvo dos períodos, uno de acostumbramiento y otro de colección, el período de acostumbramiento tuvo la finalidad de acostumar a los peces al manejo y alimentación en confinamiento, establecer el nivel de consumo de alimento, y garantizar el recambio total del contenido gastrointestinal y el ajuste del patrón enzimático del pez al nuevo alimento en estudio y el período de colección, estará orientado a la colección de las heces de los peces.

En forma diaria, la colección de heces se realizó a partir de las 09:00 am y luego la alimentación a partir de las 10:00 am. Las muestras de las heces fueron colectadas desde las botellas colectoras, estas fueron las acumuladas durante aproximadamente 22 horas, inmediatamente fueron llevados al laboratorio para ser secados en estufa a 60°C hasta que obtengan peso constante, luego envasados y conservados hasta su molienda para los análisis respectivos, el pesado de las muestras de heces y las dietas experimentales se realizaron en la balanza de precisión Boeco® de 210g de capacidad, con un error 0.1mg.

3.3.3. Determinación de cenizas insolubles en ácido

Para el análisis del marcador (Hyflo Super Cel®) en el alimento y en las heces se consideró la metodología planteada por (Scott y Boldaji, 1997).

1. Pesar 2 a 3 g de heces que contiene la tierra de diatomea (marcador) en un vaso de vidrio de 100 mL.
2. Hervir en 50 mL de HCL 4N, durante 30 minutos.
3. Filtrar en papel de filtro sin cenizas (Whatman # 40) y lavar los residuos en dos ocasiones con agua bi-distilada.
4. Lavar y filtrar el residuo pesando el crisol y la muestra.
5. Secar durante la noche a 70°C
6. En la mufla quemar el residuo a 600°C durante 4 horas.
7. Determinar el peso de la ceniza, como cenizas insolubles en ácido

3.3.4. Determinación de digestibilidad de nutrientes y energía de las dietas en estudio.

Después del análisis del marcador (Hyflo Super Cel®) en el alimento y en las heces, La digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS), se calculó con arreglo a la fórmula para el método de colección (Sanver, 2004).

$$DAMS, \% = 100 - \left(100 * \frac{\text{Marcador en la dieta, \%}}{\text{Marcador en las heces, \%}} \right)$$

Los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta, energía bruta y energía digestible de las dietas experimentales fueron determinados usando la siguiente fórmula (Forster, 1999):

$$CDA(\%) = 100 - 100 * \left(\frac{\% \text{marcador dieta}}{\% \text{marcador heces}} \right) * \left(\frac{\% \text{nutriente heces}}{\% \text{nutriente dieta}} \right)$$

3.3.5. Determinación de digestibilidad de nutrientes y energía de los alimentos en estudio.

Los coeficientes de digestibilidad de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta y energía digestible de las harinas de quinua, cañihua y tarwi, no tratadas y tratadas, fueron calculados de acuerdo a la fórmula indicada por Sugiura *et al.* (1998) la cual toma en cuenta la proporción de los nutrientes aportados por la materia prima o ingrediente presente en la dieta de base (70% dieta base +30% materia prima en estudio)

$$CDA_i(\%) = CDA_T + \left[\left(\frac{(1-s)D_R}{s * D_T} \right) * (CDA_T - CDA_R) \right]$$

Donde

CDA_i = Coeficiente de Digestibilidad Aparente del alimento en estudio;

CDA_T = Coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta en estudio;

CDA_R = Coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta base;

D_R = % nutrientes de la dieta base;

D_T = % nutrientes de la dieta en estudio;

S = proporción del alimento en estudio en la dieta de estudio;

$1-s$ = proporción de la dieta base en la dieta de estudio.

3.4. Análisis estadístico.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 6 tratamientos y 3 réplicas por cada tratamiento. Los resultados fueron analizados mediante el programa SAS 2012, Versión 9.4; cuando el análisis de varianza fue significativo, se utilizó la prueba comparativa múltiple de Tukey, considerando la diferencia de las medias ($P < 0.05$).

Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento.

μ = Media general.

t_i = Efecto del tratamiento $i=1,2,3$.

ε_{ij} = Efecto de error.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Análisis de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*).

La tabla 8 composición de materia seca (MS) tal cual y materia orgánica(MO), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB) y energía bruta (EB) al 100% de MS, de la quinoa sin y con tratamiento de lavado. En donde se indica que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los componentes de cada uno.

Tabla 8. Composición nutritiva de la quinoa sin y con tratamiento de lavado (% MS).

Componentes	Quinoa		EEM (n=3)	P Valor
	Sin tratar	Tratado		
Materia seca, %	89.7 ^b	90.8 ^a	0.12	0.003
Materia orgánica, %	96.6 ^b	97.6 ^a	0.01	0.001
Proteína bruta, %	11.1 ^b	12.0 ^a	0.15	0.007
Grasa bruta, %	6.7 ^a	3.5 ^b	0.15	0.001
Energía Bruta, Kcal/g	4532.1 ^a	4490.0 ^b	9.55	0.035

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ($P < 0.05$) a la prueba de Tukey de SAS.

Como podemos observar en la tabla anterior la quinoa tratada presento mayor cantidad de materia seca, materia orgánica y proteína bruta (90.8, 97.6 y 12.0%, respectivamente), con respecto a la quinoa sin tratar (89.7, 96.6 y 11.1% respectivamente). Esto nos indica que el tratamiento de la quinoa mejora la cantidad de materia seca, materia orgánica y proteína bruta, mientras que los valores de grasa bruta y energía bruta fueron mayores en la quinoa sin tratar (6.7 % y 4532.1 Kcal/g, respectivamente) frente a la

quinua tratada (3.5% y 4490 Kcal/g, respectivamente), esto nos indica que la quinua al lavado pierde grasa y por consiguiente pierde energía.

Los valores obtenidos son inferiores a 14.22% obtenido por Lescano (1994) en quinua desaponificada e inferior a 15.73% de proteína obtenido por Nieto *et al.* 1992 (citado en Ochoa y Cedeño, 2009). Blanco *et al.* (2002) obtuvieron 11,16% \pm 0.48 de proteína, 4.46% \pm 1.46 de grasa en quinua de grano blanco maduro del departamento de Puno, corroborando los resultados del presente trabajo. Resultados muy similares al presente trabajo (*Chenopodium quinoa*) variedad Camiri del altiplano boliviano, presentó entre diez variedades un nivel de proteína de 11.53%, (Torrez *et al.*, 2002).

La tabla 9 nos muestra la composición de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta y energía bruta, de la dieta base y dos dietas con inclusión de quinua sin y con tratamiento de lavado.

Tabla 9. Composición químico - proximal, energía bruta de la dieta base y dos dietas con inclusión de quinua sin y con tratamiento de lavado en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Dietas			EEM (n=3)	P Valor
	Base	Base + Quinua sin tratar	Base + Quinua tratado		
Materia seca, %	95.0 ^a	93.3 ^b	93.0 ^b	0.10	0.001
Materia orgánica, %	89.0 ^c	90.1 ^b	91.3 ^a	0.03	0.001
Proteína bruta	43.7 ^a	32.8 ^c	35.0 ^b	0.10	0.001
Grasa bruta, %	20.5 ^b	27.2 ^a	19.1 ^b	0.62	0.001
Energía bruta, Cal g ⁻¹	5114.6 ^a	5028.7 ^{ab}	4899.5 ^b	32.19	0.009

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) a la prueba de Tukey de SAS.

La composición química-proximal de las dietas que se muestran en la tabla anterior, donde la dieta de base, tuvo el mayor contenido de PB (43.7%), y las dietas con menor PB fueron para la quinua tratado y sin tratar (35.0 y 32.8% respectivamente) esto es debido que las dietas en estudio fueron añadidas con 30% de quinua sin y con tratamiento de lavado, los cuales contienen baja porcentaje de PB en su composición.

La dieta de la quinua sin tratar presentó el mayor contenido de GB (27.2%), seguido de la dieta base y quinua tratado (20.5 y 19.1%, respectivamente). En cuanto a la EB el mayor contenido fueron para las dietas base y quinua sin tratar (5114.6 y 5028.7 Cal g⁻¹, respectivamente), seguidos de la quinua tratado (4899.5 Cal g⁻¹); estos valores reflejan el contenido de energía bruta que hubo en las materias primas.

En la tabla 10. Determinación del coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta, energía bruta y la energía digestible de la dieta base y dos dietas con inclusión de harina de quinua tratado y sin tratar, en donde indican que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los componentes de cada materia prima evaluada.

Tabla 10. Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la dieta base y dos dietas con inclusión de quinua sin y con tratamiento de lavado en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Dietas			EEM (n=3)	P Valor
	Base	Base + quinua sin tratar	Base + quinua tratado		
Materia seca, %	72.7	72.1	73.1	0.48	0.421
Materia orgánica, %	76.4	75.7	75.7	0.47	0.588
Proteína bruta, %	92.5 ^a	90.4 ^b	92.8 ^a	0.23	0.001
Grasa bruta, %	92.2 ^a	89.6 ^a	85.4 ^b	0.71	0.002
Energía bruta, %	80.6 ^a	75.2 ^b	77.0 ^b	0.41	0.001
Energía digestible, Cal g ⁻¹	4122.0 ^a	3783.0 ^b	3770.9 ^b	20.29	0.001

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) a la prueba de Tukey de SAS.

Como podemos observar en la tabla anterior no hubo diferencias en la digestibilidad de la materia seca (72.7 vs 71.4 vs 72,7%; P>0,608, respectivamente), materia orgánica (76.4 vs 75.1 vs 75.4%; P>0.612, respectivamente) entre las dietas experimentales. Asimismo, la digestibilidad de la proteína bruta fue mejores en la dieta de y la dieta de la quinua tratado (92.5 y 92.7%, respectivamente) con respecto a la dieta de quinua sin tratar (90.1%). El coeficiente de digestibilidad de la grasa bruta fue mayor en la dieta base y quinua sin tratado (92.2 y 89.4%, respectivamente) mientras que la dieta quinua tratado fue menor a los anteriores con (85.2%). La digestibilidad de energía bruta y energía digestible fue mejor en la dieta base (80.6% y 4122.0 Cal g⁻¹, respectivamente), mientras que la dieta de la quinua sin tratar y tratado tuvieron coeficientes de digestibilidad de energía bruta y energía

digestible más bajos (74.6% y 3750.9 Cal g⁻¹, respectivamente) y (76.6% y 3754.7 Cal g⁻¹, respectivamente).

La tabla 11. Determinación del coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta, energía bruta y energía digestible de la quinua tratada y sin tratar.

Tabla 11. Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la quinua sin y con tratamiento de lavado en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Quinua		EEM (n=3)	P Valor
	Sin tratar	Tratado		
Materia seca, %	68.2	74.1	1.96	0.100
Materia orgánica, %	71.8	74.4	1.83	0.375
Proteína bruta, %	89.6	93.6	1.55	0.059
Grasa bruta, %	75.7	68.1	2.70	0.127
Energía bruta, %	63.9	68.1	1.55	0.059
Energía digestible, Cal g ⁻¹	2696.3	2915.7	82.71	0.134

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Los resultados que se muestran en la tabla anterior nos indican que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los componentes de digestibilidad de las harinas de quinua tratado y sin tratar.

El coeficiente de digestibilidad de la quinua tratado para proteína bruta fue alto (93.2%) pero no existe diferencia estadística frente a la quinua sin tratar (89.5%). La quinua tratada y sin tratar contienen un bajo porcentaje de proteína bruta (tabla 8), pero su digestibilidad es ligeramente alta, esto se atribuye a la calidad de la proteína de la quinua, es decir, el buen perfil de aminoácidos que posee (FAO, 1976; Blanco *et al.*, 2002). El dato

obtenido en el presente trabajo supera al CDA de $77.5 \pm 2.9\%$ de proteína en un 30% de inclusión para tilapia nilótica, (*Oreochromis niloticus*) determinado por Gutiérrez *et al.* (2011) y a un CDA de 67% de proteína en *Bidyanus bidyanus* obtenido por Allan *et al.* (2000) citado por Gutiérrez *et al.* (2011).

4.2. Análisis de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*).

La tabla 12. Composición de materia seca (MS), materia orgánica (MO), en donde se indica que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre estos componentes de la cañihua tratado y sin tratar. Mientras en la proteína bruta (PB), grasa bruta (GB), energía bruta (EB) no existió diferencia previa al tratamiento de cocción.

Tabla 12. Composición nutritiva de la cañihua sin y con tratamiento de cocción (% MS).

Componentes	Cañihua		EEM (n=3)	P Valor
	Sin tratar	Tratado		
Materia seca, %	89.8 ^b	93.7 ^a	0.11	0.001
Materia orgánica, %	95.5 ^a	94.8 ^b	0.003	0.001
Proteína bruta, %	13.4 ^a	14.7 ^a	0.57	0.190
Grasa bruta, %	4.5 ^a	4.5 ^a	0.15	0.917
Energía Bruta, Kcal/g	4643.4 ^a	4632.3 ^a	15.22	0.633

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ($P < 0.05$) a la prueba de Tukey de SAS.

Como podemos observar en la tabla anterior la cañihua tratada presenta mayor cantidad de materia seca (93.7%) frente a (89.8%) de la cañihua sin

tratar, en cambio la materia orgánica es mejor en la cañihua sin tratar (95.5%) frente a (94.8%) de la cañihua tratado. Mientras en los componentes de proteína bruta, grasa bruta y energía bruta no hubo diferencias estadístico.

Los resultados del contenido de nutrientes de las harinas de cañihua entera y cañihua tostada se encontraron dentro de los límites reportados por: Carrasco *et al.* (2009); Blanco *et al.* (2010) y Mejía (1999), con algunos valores resaltantes.

La tabla 13. Composición de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB), energía bruta (EB) de la dieta base y dos dietas con inclusión harina de cañihua tratado y sin tratar.

Tabla 13. Composición químico - proximal, energía bruta de la dieta base y dos dietas con inclusión de cañihua sin y con tratamiento de cocción en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Dietas			EEM (n=3)	P Valor
	Base	Base + cañihua sin tratar	Base + cañihua tratado		
Materia seca, %	95.0 ^a	93.4 ^c	94.3 ^b	0.06	0.001
Materia orgánica, %	89.0 ^c	90.1 ^b	90.7 ^a	0.04	0.001
Proteína bruta	43.7 ^a	32.4 ^c	36.9 ^b	0.43	0.001
Grasa bruta, %	20.5 ^b	25.1 ^a	19.9 ^b	0.25	0.001
Energía bruta, Cal g ⁻¹	5114.6 ^a	5078.8 ^a	4974.0 ^b	21.49	0.009

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) a la prueba de Tukey de SAS

La composición química-proximal de las dietas que se muestran en la tabla anterior, donde la dieta base, tuvo el mayor contenido de PB (43.7%), seguido de la dieta base + cañihua tratado (36.9%) y el contenido de PB más baja tuvo

la dieta de base + cañihua sin tratar (32.4%) esto se debe a que las dietas en estudio contienen 30% de los ingredientes en estudio y estos contienen bajo porcentaje de PB en su composición.

La dieta de la base + cañihua sin tratar presentó el mayor contenido de GB (25.1%), seguido de la dieta base y base + cañihua tratado (20.5 y 19.9%, respectivamente). En cuanto a la EB el mayor contenido fueron para las dietas base y base + cañihua sin tratar (5114.6 y 5078.8 Cal g⁻¹, respectivamente), seguidos de la base + cañihua tratado (4974.0 Cal g⁻¹).

En la tabla 14, coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes de la dieta base y dos dietas con inclusión de harina de cañihua tratado y sin tratar, en donde indican que existe diferencia significativa (P<0.05) entre los componentes de cada materia prima evaluada.

Tabla 14. Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la dieta base y dos dietas con inclusión de cañihua sin y con tratamiento cocción en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Dietas			EEM (n=3)	P Valor
	Base	Base + cañihua sin tratar	Base + cañihua tratado		
Materia seca, %	72.7 ^a	64.7 ^c	69.4 ^b	0.23	0.001
Materia orgánica, %	76.4 ^a	67.8 ^c	71.6 ^b	0.20	0.001
Proteína bruta, %	92.5 ^a	88.1 ^c	90.4 ^b	0.13	0.001
Grasa bruta, %	92.2 ^a	87.4 ^b	86.1 ^b	0.81	0.004
Energía bruta, %	80.6 ^a	69.6 ^c	74.6 ^b	0.22	0.001
Energía digestible, Cal g ⁻¹	4122.0 ^a	3534.6 ^c	3712.9 ^b	10.96	0.001

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) a la prueba de Tukey de SAS.

Como podemos observar en la tabla anterior, los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta, energía bruta y la energía digestible de la dieta base y dos dietas experimentales con inclusión de harina de cañihua sin y con tratamiento de cocción, en donde indican que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los componentes de cada dieta.

La digestibilidad de la proteína bruta fue mejor en la dieta base (92.5%) seguido de la dieta con inclusión de cañihua tratado (90.4%) y con una digestibilidad más baja fue la dieta con inclusión de cañihua sin tratar (88.1%). El coeficiente de digestibilidad de la grasa bruta fue mejor en la dieta de base (92.2%) mientras que las dietas con inclusión de cañihua sin tratar y tratado tuvieron (87.4 y 86.1%, respectivamente). La digestibilidad de energía bruta y energía digestible fue mejor en la dieta base (80.6% y 4122.0 Cal g⁻¹, respectivamente), seguido de la dieta con inclusión de cañihua tratado (74.6% y 3712.9 Cal g⁻¹, respectivamente), la dieta con inclusión de cañihua sin tratar presentó los coeficientes de digestibilidad de energía bruta y energía digestible más bajos (69.6% y 3534.6 Cal g⁻¹, respectivamente).

La tabla 15 Determinación del coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta, energía bruta y energía digestible de la cañihua sin y con tratamiento de cocción.

Tabla 15. Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la cañihua sin y con tratamiento de cocción en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Cañihua		EEM (n=3)	P Valor
	Sin tratar	Tratado		
Materia seca, %	42.8 ^b	61.6 ^a	0.80	0.001
Materia orgánica, %	45.6 ^b	60.8 ^a	0.69	0.001
Proteína bruta, %	80.6 ^b	84.7 ^a	0.60	0.009
Grasa bruta, %	66.5 ^a	71.4 ^a	3.11	0.326
Energía bruta, %	44.7 ^b	60.4 ^a	0.80	0.001
Energía digestible, Cal g ⁻¹	1854.1 ^b	2731.4 ^a	40.20	0.001

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ($P < 0.05$) a la prueba de Tukey de SAS.

Los resultados que se muestran en la tabla anterior nos indican que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los componentes de digestibilidad de las harinas de cañihua sin y con tratamiento cocción.

La harina de cañihua tratado, registro el valor más alto de digestibilidad aparente de materia seca, con respecto a valores encontrados en la harina de cañihua sin tratar (61.6% vs 42.8). En cambio, la digestibilidad de la materia orgánica, tuvo la misma secuencia, siendo mejor digerido la harina de cañihua tratado (60.5%), seguido de la harina de cañihua sin tratar (45.6%).

La proteína bruta de la harina de cañihua tratado fue mejor digerido con 84.7%, frente a 80.6 de la cañihua sin tratar: La energía bruta y energía digestible tuvieron la misma secuencia donde la harina de cañihua tratado fue mejor digerido (60.4% y 2731.4 Cal g⁻¹, respectivamente); mientras que la cañihua sin

tratar presento una digestibilidad de (44.7% y 1854.1Cal g⁻¹, respectivamente). En cuanto a la digestibilidad de la grasa bruta, no se encontró diferencia estadística. Estos resultados nos muestran que el tratamiento de la cañihua mejora la digestibilidad de los macronutrientes.

Debido a la poca información sobre estudios de digestibilidad en cañihua en peces, se realizó una comparación con otro grano andino que posee cualidades similares a la cañihua. Cárdenas (2004) realizó un ensayo utilizando la kiwicha en dietas para *Litopenaeus vannamei*. Reportando CDA de materia seca 79.7% y CDA de proteína 88.39%, correspondiendo los valores más altos a la dieta con 15% de reemplazo a la harina de pescado con harina kiwicha. Nuestros resultados de digestibilidad de proteína son similares a los encontrados.

4.3. Análisis de Tarwi (*Lupinus mutabilis*)

La tabla 16 se aprecia la composición de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB), energía bruta (EB) en donde se indica que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre estos componentes del tarwi sin y con tratamiento de desamargado.

Tabla 16. Determinación de la composición nutritiva del tarwi sin y con tratamiento de desamargado (% MS).

Componentes	Tarwi		EEM (n=3)	P Valor
	Sin tratar	Tratado		
Materia seca, %	92.9 ^b	94.2 ^a	0.10	0.001
Materia orgánica, %	95.9 ^b	96.6 ^a	0.04	0.001
Proteína bruta, %	35.8 ^a	32.4 ^b	0.44	0.005
Grasa bruta, %	20.0 ^a	19.1 ^b	0.24	0.045
Energía Bruta, Kcal/g	5391.0 ^b	5914.8 ^a	26.60	0.001

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ($P < 0.05$) a la prueba de Tukey de SAS.

Como podemos observar en la tabla anterior el tarwi tratada presento mayor cantidad de materia seca, materia orgánica y energía bruta (94.2, 96.6% y 5914.8 Kcal/g, respectivamente), con respecto al tarwi sin tratar (92.9, 95.9% y 5391.0 Kcal/g, respectivamente). mientras que los valores de proteína bruta y grasa bruta fueron mayores en el tarwi sin tratar (35.8 y 20.0% respectivamente) frente al tarwi tratado (32.4 y 19.1% respectivamente), esto nos indica que el tarwi pierde proteína y grasa, pero aumenta el porcentaje de materia seca, materia orgánica y energía bruta.

El tarwi sin tratar mostró el nivel más alto de grasa 20.0%, el mismo valor de grasa (20.0%) obtenido por Lescano (1994) en tarwi desamargado, mientras que el tarwi tratado presento (19.1 %), estos datos superan al nivel de grasa de la semilla de soya de 18.0 % (NRC, 1993) utilizada comúnmente en la elaboración de dietas para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), los datos obtenidos de proteína en tarwi sin tratar y tratado fueron de (35.8 y 32.4%

respectivamente), sin embargo, los valores son inferiores a 40-48% de proteína obtenidos de tarwi desamargado (Lescano, 1994). Otra investigación indica en *Lupinus albus* en comparación con el presente trabajo un nivel más alto de proteína (45.5%) y un nivel menor de grasa (13.7%), Brett, 2003 (citado en Hettich, 2004).

La tabla 17 Determinación de la composición de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB), energía bruta (EB) de la dieta base y dos dietas con inclusión harina de tarwi sin y con tratamiento de desamargado.

Tabla 17. Determinación de la composición químico - proximal, energía bruta de la dieta base y dos dietas con inclusión de tarwi sin y con tratamiento de desamargado en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Dietas			EEM (n=3)	P Valor
	Base	Base + tarwi sin tratar	Base + tarwi tratado		
Materia seca, %	95.0 ^a	93.8 ^b	94.7 ^{ab}	0.24	0.035
Materia orgánica, %	89.0 ^c	89.9 ^b	91.2 ^a	0.03	0.001
Proteína bruta	43.7 ^a	38.3 ^b	43.7 ^a	0.28	0.001
Grasa bruta, %	20.5 ^b	28.2 ^a	23.0 ^b	0.87	0.002
Energía bruta, Cal g ⁻¹	5114.6 ^b	5264.4 ^a	5290.2 ^a	23.24	0.004

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en las mismas filas difieren significativamente (P<0.05) a la prueba de Tukey de SAS

La composición química-proximal de las dietas que se muestran en la tabla anterior, donde las dietas de base y base + tarwi tratada, obtuvieron el mayor contenido de PB (43.7% en ambos casos), y el contenido de PB más baja tuvo la dieta base + tarwi sin tratar (32.4%).

La dieta del base + tarwi sin tratar presentó el mayor contenido de GB (28.2%), seguido de las dietas base + tarwi tratado y base (23.0 y 20.5%, respectivamente). En cuanto a la EB el mayor contenido fueron para las dietas, base + tarwi tratado y base + tarwi sin tratar (5290.2 y 5264.4 Cal g⁻¹, respectivamente), seguidos de la dieta base (5114.6 Cal g⁻¹).

En la tabla 18, se aprecian los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la dieta base y dos dietas con inclusión de harina de tarwi tratado y sin tratar.

Tabla 18. Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible de la dieta base y dos dietas con inclusión de tarwi sin y con tratamiento de desamargado en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Dietas			EEM (n=3)	P Valor
	Base	Base + tarwi sin tratar	Base + tarwi tratado		
Materia seca, %	72.7 ^a	70.6 ^a	70.6 ^a	0.98	0.321
Materia orgánica, %	76.4 ^a	74.9 ^a	73.9 ^a	0.85	0.202
Proteína bruta, %	92.5 ^a	90.1 ^b	93.0 ^a	0.31	0.001
Grasa bruta, %	92.2 ^a	91.8 ^a	89.2 ^b	0.49	0.019
Energía bruta, %	80.6 ^a	79.0 ^{ab}	76.8 ^b	0.69	0.022
Energía digestible, Cal g ⁻¹	4122.0 ^a	4159.0 ^a	4060.0 ^a	36.41	0.243

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) a la prueba de Tukey de SAS.

Como podemos observar en la tabla anterior no hubo diferencias en la digestibilidad de la materia seca de las dietas base, tarwi sin tratar y tarwi tratado (72.7 vs 70.6 vs 70.6%; $P > 0.321$, respectivamente), materia orgánica (76.4 vs 74.9 vs 73.9%; $P > 0.202$, respectivamente). Asimismo, la digestibilidad de la proteína bruta fue mejores en la dieta de tarwi tratado y la dieta base (93.0 y 92.5%, respectivamente) con respecto a la dieta de tarwi sin tratar (90.1%). El coeficiente de digestibilidad de la grasa bruta fue mejor en la dieta base y tarwi sin tratar (92.2 y 91.8%, respectivamente) mientras que la dieta de tarwi tratado fue menor a los anteriores con (89.2%). La digestibilidad de energía bruta fue mayor en la dieta base y dieta de tarwi sin tratar (80.6 y 79.0%, respectivamente) seguido de la dieta de tarwi tratado (76.8%). No hubo diferencia en la digestibilidad de energía digestible de las dietas, base, tarwi sin tratar y tarwi tratado (4122.0 vs 4159.0 vs 4060.0 Cal g⁻¹, $P > 0.243$, respectivamente),

La tabla 19 Determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta, grasa bruta, energía bruta y energía digestible de tarwi sin y con tratamiento de desamargado.

Tabla 19. Determinación de la digestibilidad de los nutrientes y energía digestible del tarwi tratado y sin tratar en truchas juveniles (% MS).

Componentes	Tarwi		EEM (n=3)	P Valor
	Sin tratar	Tratado		
Materia seca, %	62.8 ^a	66.6 ^a	4.06	0.548
Materia orgánica, %	69.1 ^a	68.3 ^a	1.93	0.345
Proteína bruta, %	88.8 ^b	94.2 ^a	1.31	0.043
Grasa bruta, %	83.6 ^a	83.0 ^a	1.91	0.825
Energía bruta, %	77.00 ^a	68.2 ^a	2.79	0.088
Energía digestible, Cal g ⁻¹	4002.3 ^a	3926.6 ^a	146.96	0.734

EEM(n=3) = error estándar de la media (3 observaciones por media).

Medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) a la prueba de Tukey de SAS.

La harina de Tarwi sin tratar presentó un buen coeficiente de digestibilidad proteica (88.8%), pero el coeficiente de digestibilidad del tarwi tratado fue mayor (94.2%), sin embargo estos resultados de este trabajo son inferiores al valor de 96,2 y 97,8 para lupino extruido (*Lupinus albus*), en trucha arco iris y turbot respectivamente obtenido por Burel *et al.* (2000b), citado por Sáez (2003), este hecho posiblemente se debe a la especie, el resultado del tarwi tratado es superior con el CDA para proteína bruta de harina de torta de soya (también leguminosa) de 90.0%, en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) obtenido por Isea *et al.* (2008), asimismo ambos insumos presentaron un alto CDA de grasa (83.6 y 83.0%, respectivamente) y relacionado con ello, los CDA de energía digestible (4002.3 y 3926.6 Cal g⁻¹).

V. CONCLUSIONES.

El contenido de materia orgánica y proteína bruta es mejorado con el tratamiento de lavado de la quinua, (97.6, 12.0% vs 96.6, 11.1% respectivamente), mientras que el contenido de grasa bruta y energía bruta fueron disminuidos (6.7%, 4532.1Kcal/g vs 3.5%, 4490.0 Kcal/g; $P < 0.05$, respectivamente) y a lo que concierne al coeficiente de digestibilidad de la proteína y energía tendió a mejorar con el tratamiento del lavado de la quinua

En la cañihua el contenido de materia orgánica fue disminuido por el tratamiento de cocción, (95.5% vs 94.8%) mientras que el contenido de PB, GB y EB no fueron afectados por el tratamiento. El coeficiente de digestibilidad de la MO, PB, EB y ED, fueron mejorados por el tratamiento de tostado (60.8, 84.7, 60.4% y 2731.4 Cal g⁻¹ vs 45.6, 80.6, 44.7% y 1854.1 Cal g⁻¹; $P < 0.05$, respectivamente).

En cuanto al tarwi el contenido nutricional de MO y EB fue mejorado con el tratamiento del desamargado (96.6% y 5914.8 Cal g⁻¹ vs 95.9% y 5391.0 Cal g⁻¹; $P < 0.05$, respectivamente) mientras que el contenido de PB y GB fueron disminuidos (35.8, 20.0% vs 32.4, 19.1%; $P < 0.05$, respectivamente). El coeficiente de digestibilidad de la proteína bruta fue mejorado con el tratamiento del desamargado (94.2% vs 88.8%; $P < 0.043$), mientras que el coeficiente de digestibilidad de los nutrientes de MO, GB, EB y ED no fueron afectados por el tratamiento.

Podemos concluir que el tratamiento físico de las materias primas orgánicas nativas mejora la digestibilidad de la proteína bruta en truchas y permite un mejor desarrollo.

VI. RECOMENDACIONES.

- Evaluar los parámetros productivos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con las materias primas utilizadas en la presente investigación,
- Realizar estudios histológicos del estómago e intestino en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados con las materias primas utilizadas en la presente investigación,
- Realizar trabajos de investigación referido a la digestibilidad de aminoácidos, calcio, fósforo y otros componentes de importancia en la alimentación truchícola.
- Realizar pruebas de digestibilidad en macro nutrientes y energía digestible en truchas de diferentes etapas de desarrollo

VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- Abimorad E., G. Squassoni and D. Carneiro, 2008. Apparent digestibility of protein, energy and amino acids in some selected feed ingredients for *pacupiaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition* 2008; 374-380.
- AOAC., 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist. 19th Edition. AOAC: Whashington, DC.
- Arapa SAC., 2010. Disponible en www.truchasarapa.org.
- Asad M., Salim, K. Hahzad and U. Noreen, 2005. Estimation of Apparent Digestibility Coefficient of Guar, Canola and Meat Meal for (*Labeo rohita*). *International Journal of Agriculture and Biology*. Department of Zoology and Fisheries, University of Agriculture, Faisalabad-38040, Pakistan 4:816- 819.
- Austreng G., T. Storebakken, S. Thomassen, S. Refstie and Y. Thomassen, 2000. Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. *Aquaculture* 188: 65-78.
- Biolatina, 2010. disponible en www.biolatina.org.com/reglamentosorganicos%20acuicultura.pdf
- Blanco M. C., 1995. La trucha, Cría Industrial. Ediciones Mundi Prensa. 502 pág.
- Blanco T., C. Alvarado, A. Muñoz y C. Muñoz, 2002. Evaluación de la Composición Nutricional de la Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*)

Procedente de los Departamentos de Junín, Puno, Apurímac, Cusco y Ancash, Horizonte, Art2, Vol2, N1-2, 9 pág.

Blanco T.; A. Ortiz, C. Muñoz y A. María, 2010. Evaluación de la composición nutricional de la maca y cañihua, procedente de diversos departamentos del Perú. Universidad San Martín de Porras. Lima-Perú.

Boehmer B., M. Gold, S. Hauser, B. Thomas and A. Young, 2005. Organic Aquaculture. AFSIC Notes # 5. pp:46.

Bullin R., 2004. Environmental and Social Aspects of Organic Aquaculture. Presented to Technical Development Session ant “Organic Aquaculture & Sea Farming”. June, 2004. Ho Chi Minh City, Vietnam.

Caballero I., 2002. Principios técnicos de la ganadería ecológica. Manual de agricultura y ganadería ecológica. Ed: ediciones Mundi-Prensa y Eumedia, S.A. p: 163-168.

Cárdenas R., 2004. Evaluación del amaranto y la quinua como fuentes reemplazantes a la harina de pescado en dietas para juveniles (*Litopenaeus vannamei*), Tesis de Grado de Magister en Ciencias, Escuela Superior Politécnica del Litoral - Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Ecuador. p5-7.

Carrasco R. R., A. A. de La Cruz, J. C. Icochea and H. Kallio, 2009. Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran. Plant Foods Hum Nutr 64:94–101. Finland.

- Cho C. Y., and S. J. Slinger, 1979. Effect of water temperature on energy utilization in rainbow trout. Pp. 287-291 in Proceedings of the Eighth Symposium on Energy Metabolism in Farm Animals, S. E. Mont, ed. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Cho C.Y., S.J. Slinger and H.S. Bayley, 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73: pp.25-41.
- Cho C. Y. and S. J. Kaushik, 1991. Nutritional energetics in fish: Energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *World Rev. Nutr. Diet.* 61: pp132-172.
- Cho C.Y.,1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements, *Aquaculture* 100, 107-123.
- Choubert G., J. de la Noue and P. Luquet, 1979. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. *Prog. Fish-Cult.* 41: 64-67.
- CiedPeru.,2007. Disponible en: <http://www.ciedperu.org/productos/kaniwa.htm>
- Dadgar S., C.R. Saad, M.S. Kamarudin, A.R. Alimon, S.A. Harmin, M.K.A Satar and A.A.M. Nafisi, 2009. Partial or Total Replacement of Soybean Meal with Iranian Cottonseed Meal in Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 4(1): 22-28.

El-Hage N. y C. Hattam, 2003. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria Colección FAO: Ambiente y Recursos Naturales N° 4 FAO, Roma. p280.

DSM Nutritional Products, 2010. Disponible en <http://www.dsm.com>

FAO (Food and Agriculture Organization)., 1976. Framework for land evaluation. Soil resources development and conservation service land and water development division. Soils bulletin 32. Roma. 66pág

FAO., 2006. Acuicultura orgánica, estado actual y perspectiva. Oficina de intercambio de conocimiento, investigación y extensión. 35pp. Roma-Italia.

FAO., 2008. El estado mundial de la pesca y acuicultura. Oficina de intercambio de conocimiento, investigación y extensión. 35pp. Roma-Italia.

FAO., 2010. Estadística de pesca y acuicultura. Oficina de intercambio de conocimiento, investigación y extensión. 3-20 pp. Roma-Italia.

Fernández B., 1995. Fisiología de la Nutrición. Universidad de Barcelona. 179pp

Foltz J. W., 1978. The effects of meal size and temperature on gastrointestinal motility and absorption in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and tilapia (*Sarotherodon mossambicus*). Ph.D. dissertation. University of Colorado, Boulder, Colorado.

Format International-UK., 2007. MINIMIX: Least Cost Programming Linear. United Kingdom.

- Forster I., 1999. A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrient provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition* 5:143-145.
- García G.M. and A. Sanz, 1987. absorción Intestinal. *Nutrición en Acuicultura I*. CAYCYT. 303p.España.
- García D., M. Mayo, R. Hervella, C Barceló. y C. Fernández, 1993. Principios y Técnicas de Gestión en la Pesca de aguas Continentales. Ediciones MundiPrensa, Madrid. 247 pp.
- González D., 2006. Producción y calidad. Alimentos para la acuicultura.
- Guillaume J. and R. Metailler, 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés: 147-169. Editions INRAIFREMER. France.
- Guillaume J., S. Kaushik, P. Bergot y R. Metailler, 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Gutiérrez M., M. Yossa y W. Vásquez, 2011. Digestibilidad aparente de materia seca, proteína y energía de harina de vísceras de pollo, quinua y harina de pescado en tilapia nilótica, (*Oreochromis niloticus*) Grupo de Investigación Granac, Instituto de Acuicultura Universidad de Los Llanos. *Revista Orinoquia - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia* 11: 169.179
- Halver J.E., and Hardy R.W., 2002. *Fish Nutrition*. Third Edition. Editory Elsevier. USA.

- Hettich M., 2004. Evaluación de la digestibilidad de dietas en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*): sustitución parcial de harina de pescado por tres niveles de harina de lupino blanco (*Lupinus albus*). Tesis de grado para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias. Universidad Católica de Temuco, Chile. 61 pág.
- Hepher B., 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. LIMUSA. México. 406 p.
- Hidalgo F. y E. Alliot, 1987. La Digestión en los Peces. Nutrición en Acuicultura I. CAYCYT. 303 p.
- Hillestad M., A. Torbjorn and G. Masrit Berge, 1999. Determination of Digestibility of Comercial Salmon Feeds. *Aquaculture* 179: 81-94.
- INEI., 2007. Censo Nacional Agropecuario. Lima-Perú.
- Isea F., C. Blé, A. Medina, P. Aguirre, G. Bianchi y S. Kaushik, 2008. Estudio de digestibilidad aparente de la harina de lombriz (*Eisenia andrei*) en la alimentación de trucha arco iris (*Onchorinchus mykiss*). Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes, Venezuela. 18 pág.
- Jacobsen, S.E., y Mujica A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres en Botánica Económica de los Andes, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 458-482

- Lescano J., 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos, quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Producciones CIMA. Puno, Perú 198 pág.
- Lockwood G., R. Nelson and G. Jensen, 2005. Proposed National Organic Standards for Farmed-Aquatic animals and plants (aquaculture) with Supporting Documentation and Information. National Organic Aquaculture Working Group.
- López M.J., 1997. Nutrición Acuícola. Universidad de Mariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. Colombia. Editorial Universitaria. 211 pp.
- Mata C., 2001. "La ganadería ecológica y sus fundamentos". En Principios Técnicos de Ganadería Ecológica. Sevilla: Comité Andaluz de Agricultura Ecológica, p: 1-6.
- Mejía A. R., 1999, Manejo Tecnológico de 27 Cultivos Andinos Tropicales. Ministerio de Agricultura. Lima. p. 1-22.
- Milstein A. y O. Lev, 2004. Periphyton Based Aquaculture Test in the First Organic-certified Tilapia Farm in the World in European Aquaculture Society Special Publication, 34: 577-578.
- Morales A.E., G. Cardenete, A. Sanz y M. de la Higuera, 1999. Re-evaluation of crude fiber and acid-insoluble ash as inert markers, alternative to chromic oxide in digestibility studies with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 179: 71-79.

- Moyle P. B. and J. J. Cech Jr., 2000. Fishes. An Introduction to Ichthyology. Fourth Edition. Prentice Hall, Inc. USA. 612p.
- National Research Council (NRC)., 1981. Nutritional Energetic of Domestic Animals & Glossary of Energy Terms. National Academy Press. Washington, D.C.
- National Research Council (NRC)., 1983. Nutrient Requirements of Warm-water Fishes and Shellfishes. National Academy Press. Washington, D.C.
- National Research Council (NRC)., 1993. Nutrient Requirements of Warm-water Fishes and Shellfishes. National Academy Press. Washington, D.C.
- Nose T., 1967. Recent advances in the study of fish digestion. in Symposium on Feeding in Trout and Salmon Culture, J. L. Gaudet, ed. European Inland Fisheries Advisory Commission Technical Paper No. 3. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pp. 83-94
- Ochoa R. y N. Cedeño, 2009. Evaluación de dos dietas alternativas para alimentación de cachama (*Colossoma macropomum*) bajo diferentes densidades de siembra en Santo Domingo de los Tsáchilas. Santo Domingo, Ecuador. 117 pág.
- Rodehutschord M. and E. Pfeffer, 1999. Maintenance requirements for digestible energy and efficiency of utilization of digestible energy for retention in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 179: 95-107.
- Rodríguez F.H., 2010. Determinación del contenido de energía digestible de hidrolizados de pieles de ovinos y alpacas (PIOVAL-2) en truchas arco iris

(*Oncorhynchus mykiss*). Tesis de pregrado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAP. Perú.

Sáez A. P., 2003. Utilización digestiva de dietas con distintos niveles de inclusión de harina de lupino (*Lupinus albus*) en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias. Universidad Católica de Temuco. Chile. 69 pág.

Sanver F., 2004. Energy and nitrogen balances in rain bow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed at largely varying feeding intensities. Cuvillier Verlag, Göttingen.

Satoh S., C. Y. Cho, and T. Watanabe, 1992. Effect of fecal retrieval timing on digestibility of nutrients in rainbow trout diet with the Guelph and TUF feces collection systems. Nippon Suisan Gakkaishi 58: 1123-1127.

Scott T. C. and F. Boldaji, 1997. Comparasion of inert markers (chromic oxide or insoluble ash (Celite®) for determining apparent metabolizable energy of wheat-or-barley-basal diets with or without enzymes.

Smith R. R., M. C. Peterson, and A. C. Allred, 1980. The effect of leaching on apparent digestion coefficients in determining digestibility and metabolizable energy of feedstuffs for salmonids. Prog. Fish-Cult. 42: 195-199.

Statistical Analysis Systems-SAS., 2002. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute. Cary, North Carolina. USA.

- Steffens W., 1987. Principios fundamentales de la alimentación en los peces. Editorial Acribia S.A. Jaime Esaín Escobar (Trad.). España. 257p.
- Sugiura S.H., F.M. Dong, C.K. Rathbone and R. W. Hardy, 1998 Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 159, 177–202.
- Tacon AG., 1987. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados. Manual de Capacitación Vol. 1. FAO. Brasil.
- Tapia M., 2003. Cultivos Andinos sub-explotados y su aporte a la alimentación. FAO, Santiago de Chile.
- The center for food safety disponible en: www.centerforfoodsafety.org/pubs/organic%20aquaculture%20fact%20sheet.pdf.
- Torrez, M, A. Guzman y R. Carvajal, 2002. Valoración nutricional de 10 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*) del altiplano boliviano. Instituto SELADIS Laboratorio de bromatología. Vol. X La Paz Bolivia 6, 55 – 60
- Vanerberg G.W. and J. De la Noüe, 2001. Apparent Digestibility comparizon in Rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) Assessed Using Three Methods of Feaces Collection and three Digestibility Markers. *Aquaculture Nutrition*, 7: 237-245.
- Windell J. T., J. W. Foltz, and J. A. Sarokon, 1978. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *Prog. Fish-Cult.* 40(2): 51-55.

Wilson R. P., E. H. Robinson, and W. E. Poe, 1981. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. *J. Nutr.* 111: 923-929.

Wilson R. P. and W. E. Poe, 1985. Apparent digestibility protein and energy coefficients of feed ingredients for channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 47: 154-158.



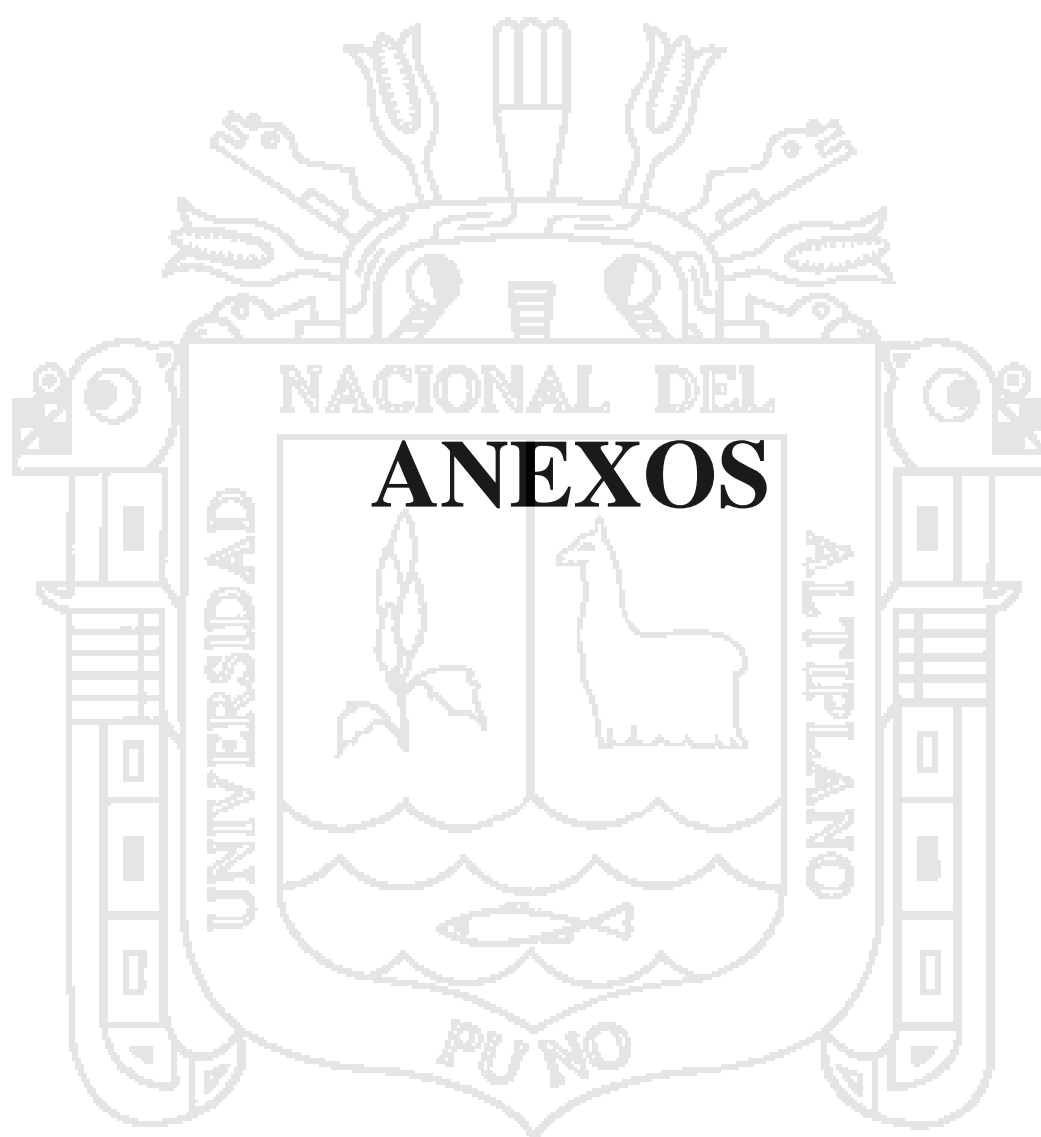






Foto 1. Distribución de tanques de digestibilidad en el laboratorio de peces.



Foto 2. Tanque con inyección tangencial de agua creando flujo rotacional.



Foto 3. Columna de sedimentación incorporada con frasco colector de heces.

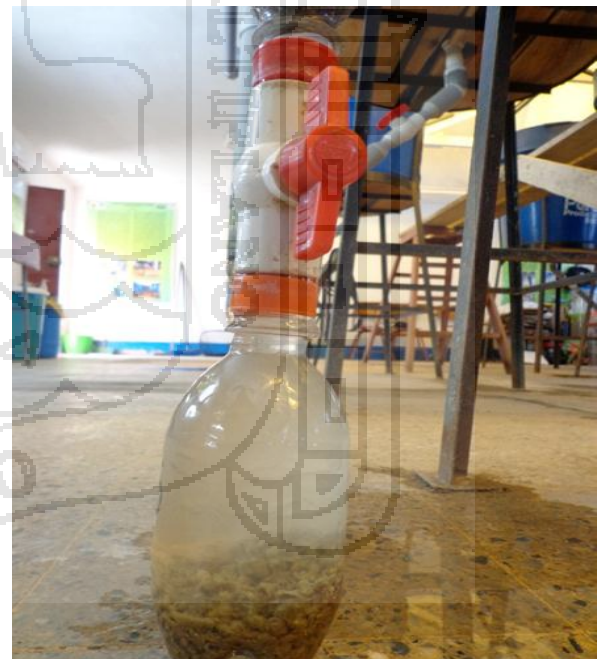


Foto 4. Frasco colector de heces.



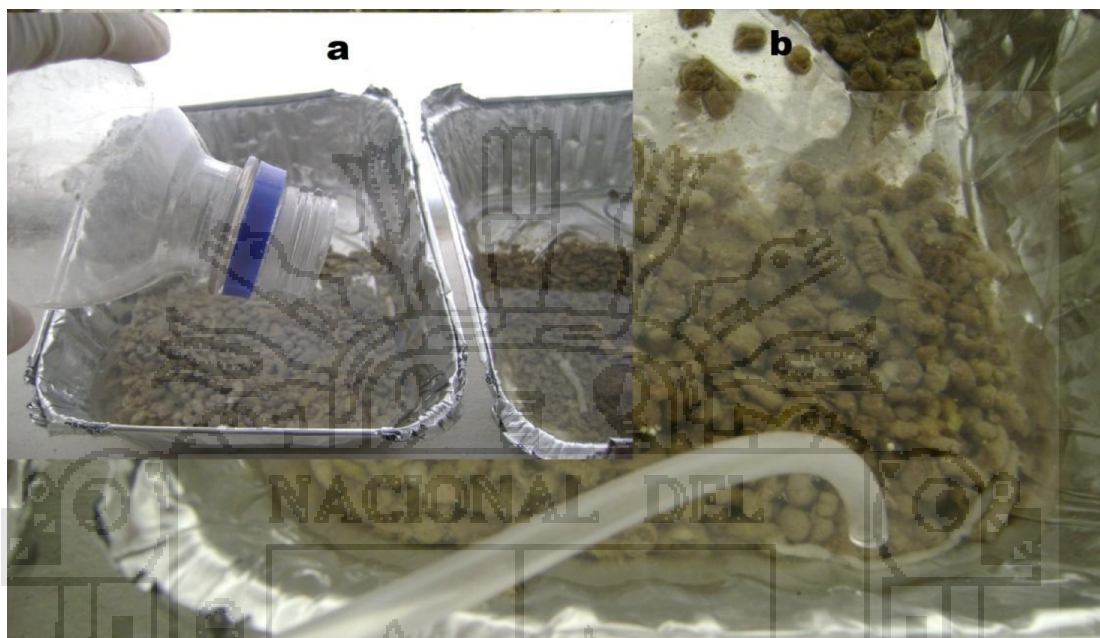


Foto 6. Manejo de las heces. a) Vaciado de las heces desde la botella colectora hacia la bandeja de colección, b) extracción del agua sobrenadante con una jeringa simple, después de la sedimentación.

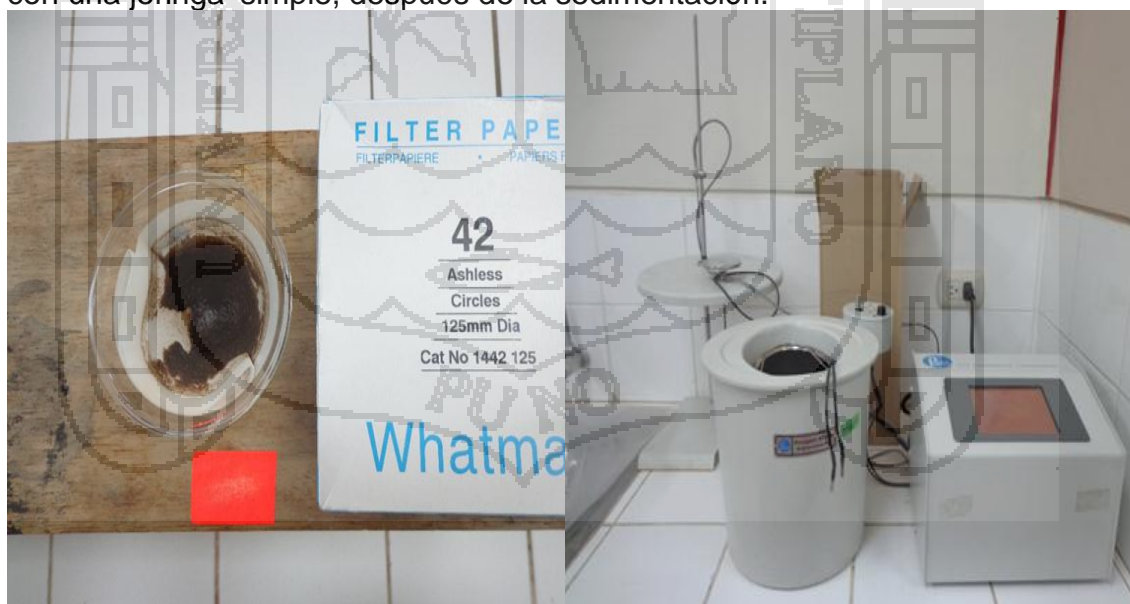


Foto 6. Determinando cenizas insoluble en ácido (Hyflo Super Cell®) con la utilización de papel filtro.

Foto 7. Calorímetro de bomba (Parr instruments 6772® USA).