

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS:

**DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LOS MACRONUTRIENTES DE ALIMENTOS
COMERCIALES PARA TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN ETAPA DE
ENGORDE**

Presentada por:

Bach. Felix Dixon CAHUANA PINEDA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2015

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

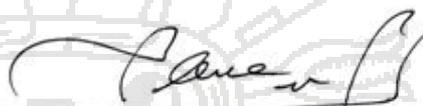
“Digestibilidad aparente de los macronutrientes de alimentos comerciales
para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde”

TESIS

PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

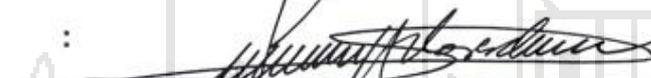
APROBADO POR:

Presidente de Jurado :



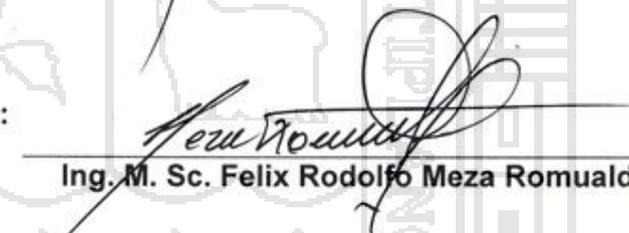
Ph.D. Jose Luis Bautista Pampa

Primer miembro :



MVZ. Joel Flores Checalla

Segundo miembro :



Ing. M. Sc. Felix Rodolfo Meza Romualdo

Director de Tesis :



Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar

Asesor de Tesis :



MVZ. Francisco Halley Rodriguez Huanca

ÁREA : Nutrición animal

TEMA : Alimentos, forrajes convencionales

DEDICATORIA

*A mis padres y hermanos,
que siempre estuvieron apoyándome
incondicionalmente.*



*A Claudy y Jhair los dos
motores de mi vida que hacen que
siempre siga adelante, con las metas que me trazo.*

*A mi Director Dr. Marcelino J. Aranibar,
por darme la oportunidad de ser parte de un grupo
de investigación con visión al desarrollo sostenible de la crianza de truchas.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, por ser el alma mater, formadora de Profesionales con gran capacidad para dar solución a problemas en el ámbito social, económico y más que todo formadora de personas con ética; en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia promotora del desarrollo productivo sostenible.

Mis sinceros agradecimientos al director de esta tesis, Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar, por brindarme su confianza, que me permitió realizar un trabajo sin presiones que por el contrario dejó las puertas abiertas y todas las comodidades para realizar los trabajos en campo como en laboratorio, el cual permitió que culmine satisfactoriamente el presente trabajo. Además por los conocimientos, experiencias ofrecidas y orientación en mi formación como profesional.

A mi asesor al MVZ. Francisco Halley Rodríguez Huanca, que más que asesor es un gran amigo, por compartir sus experiencias y conocimientos, sobre todo, por todo el tiempo brindado.

Al Ph.D. Bernardo Roque Huanca, que siendo ajeno a este trabajo de investigación supo darme consejos y recomendaciones para que todo este trabajo salga bien.

A los miembros del jurado calificador, como presidente al Ph.D. José Luis Bautista Pampa, como primer miembro al MVZ Joel Flores Checalla, y segundo miembro el Ing. M. Sc. Félix Rodolfo Meza Romualdo; por ser parte de la aprobación, y su posterior publicación.

Al señor Miguel, laboratorista de Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por brindarme su apoyo incondicional facilitando los materiales necesarios para los análisis.

A los compañeros y amigos que conforman el grupo de investigación llamado **“Los tigres del Dr. Aranibar”**, por la compañía, el apoyo y la grandiosa amistad que se formó de manera especial, a: Gerard, Milagros, Marina, Wilson, Aníbal, Koki, Berly, Esminger, Zenovio, Paolo y Diego.

Un especial agradecimiento a mis amigos, Frich, Alfredo, Daxs y a mi compadre Alain por su preocupación y los gratos momentos que pasamos.



ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Origen de la trucha arco iris	3
2.2. Fisiología digestiva de los peces.....	4
2.2.1. Digestión en el estómago.....	5
2.2.2. Digestión en el intestino	5
2.3. Nutrición y alimentación de peces.....	5
2.3.1. Requerimientos nutricionales	7
2.3.1.1. Proteína	9
2.3.1.2. Aminoácidos.....	10
2.3.1.3. Energía	10
2.3.1.4. Lípidos	11
2.3.1.5. Carbohidratos	12
2.3.1.6. Minerales	12
2.3.1.7. Vitaminas.....	13
2.3.2. Alimentos utilizados en la crianza intensiva	14
2.3.2.1. Alimento peletizado.....	14
2.3.2.2. Alimento extruido.....	15
2.4. Digestibilidad.	17
2.4.1. Digestibilidad Aparente y Real.	18
2.4.2. Estudios de Digestibilidad.	19
2.4.3. Métodos de determinación de la digestibilidad aparente en peces.	20
2.4.3.1. Método Directo.	20
2.4.3.2. Método Indirecto.....	21
2.4.4. Pérdidas (No Fecales) Branquial y Urinaria.	23
2.4.5. Factores que afectan la digestibilidad.	24
2.5. Alimentos comerciales	24

2.5.1. Alipez.....	25
2.5.2. Naltech	25
2.5.3. Nicovita	27
2.5.4. Ewos.....	28
2.5.5. Tomasino.....	30
2.5.6. Truchina.....	32
2.6. Marcador indigestible	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Ámbito Experimental	35
3.2. Materiales.....	35
3.2.1. Sistema de Tanques de Digestibilidad.....	35
3.2.2. Dietas	38
3.2.3. Animales	40
3.3. Metodología	40
3.3.1. Determinación del análisis proximal de los alimentos.....	40
3.3.2. Determinación de la digestibilidad.....	41
3.3.3. Determinación de cenizas insolubles en ácido.....	44
3.4. Análisis estadístico.....	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
4.1. Composición nutricional de Alimentos Comerciales.....	46
4.2. Digestibilidad del Contenido de las Dietas.....	49
4.3. Digestibilidad de la Energía Bruta y Energía Digestible de las Dietas	54
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES	60
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	61
VIII. ANEXOS	69

TABLAS

Tabla 1. Requerimiento nutricional para truchas Arco Iris	8
Tabla 2. Ventajas y desventajas entre un alimento peletizado y otro extruido	17
Tabla 3. Programa de Alimentación de truchas de Naltech®, Aquatech® Frech Water Line.	26
Tabla 4. Contenido Nutricional de productos Naltech®, Aquatech Frech Water Line®.	27
Tabla 5. Programa de alimentación de productos Nicovita® truchas.	27
Tabla 6. Contenido Nutricional de los diferentes productos de la línea truchas de Nicovita®	28
Tabla 7. Contenido Nutricional de los productos para truchas de Ewos®.	30
Tabla 8. Programa de alimentación de productos de la línea truchas de Tomasino®.	31
Tabla 9. Contenido Nutricional de productos de la línea truchas Tomasino®.	32
Tabla 10. Programa de Alimentación de los productos de la línea truchas, Truchina®	33
Tabla 11. Contenido Nutricional de productos de la línea de truchas de Truchina®.	33
Tabla 12. Grado y propiedades típicas del marcador.	34
Tabla 13. Contenido Nutricional de los alimentos comerciales según la información del producto.	39
Tabla 14. Ingredientes de los alimentos comerciales en estudio.	39
Tabla 15. Contenido de Materia Seca, Cen, MO, PB, GB y EB de las dietas comerciales.	47
Tabla 16. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de MS, MO, PB y GB; de las dietas comerciales para truchas arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en etapa de engorde.	50
Tabla 17. Coeficiente de Digestibilidad Aparente de EB y ED de las dietas comerciales.	56
Tabla 18. Datos de parámetros como Temperatura y Oxígeno Disuelto, en el estudio.	74
Tabla 19. Análisis de la composición químico-proximal y energía bruta, de los alimentos comerciales.	76
Tabla 20. Análisis de la composición químico-proximal, energía bruta y marcador indigestible, de las dietas comerciales.	76
Tabla 21. Análisis estadístico de la composición químico-proximal, energía bruta y marcador indigestible de las dietas comerciales.	77

Tabla 22. Análisis de la composición químico-proximal, energía bruta y marcador indigestible en las heces colectadas.....	77
Tabla 23. Análisis estadístico de la composición químico-proximal, energía bruta y marcador indigestible en las heces colectadas.....	78
Tabla 24. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de nutrientes y energía digestible de las dietas comerciales.	78

GRÁFICOS

Gráfico 1. Contenido de Materia Seca, Ceniza, Materia Orgánica, Proteína Bruta y Grasa Bruta de las dietas comerciales para truchas arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	46
Gráfico 2. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de Materia Seca, Materia Orgánica, Proteína Bruta y Grasa Bruta; de las dietas comerciales para truchas arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en etapa de engorde.	50
Gráfico 3. Coeficientes de digestibilidad aparente de Grasa Bruta y Energía Bruta de las dietas comerciales para truchas arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en etapa de engorde.	55
Gráfico 4. Energía Bruta y la energía digestible de las dietas comerciales para truchas arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en etapa de engorde.....	55

FIGURAS

Figura 1. Tanque de digestibilidad provisto de columna de sedimentación para la colección fecal (Rodehutschord y Pfeffer, 1999). Adaptado de Sanver (2004). Modificado por Rodriguez (2010).....	36
Figura 2. Esquema grafico del sistema de recirculación de tratamiento de agua para nueve tanques de digestibilidad en truchas.....	38
Figura 3. Distribución de las dietas comerciales en los tanques de digestibilidad, en la primera etapa.....	42
Figura 4. Distribución de las dietas comerciales en los tanques de digestibilidad, en la segunda etapa.....	42

FOTOS

FOTO 1. Distribución de los tanques de digestibilidad del laboratorio de truchas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA-Puno.....	71
FOTO 2. Columna de sedimentación con incorporación de frascos colectores.....	71
FOTO 3. Frasco colector de heces.....	71
FOTO 4. Distribución de las heces de los frascos colectores a las bandejas de aluminio y rotulado, para posteriormente determinar la materia seca de las heces.....	72
FOTO 5. Distribución de las heces en materia seca a bolsas con cierre hermético.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS

ADE	: Energía Digestible Aparente
AOAC	: Association of Official Agricultural Chemists
CDA	: Coeficiente de Digestibilidad Aparente
Cen	: Ceniza
CH	: Carbohidratos
EB	: Energía Bruta
ED	: Energía Digestible
EE	: Extracto Etéreo
EEM	: Error Estandar de la Media
EM	: Energía Metabolizable
EN	: Energía Neta
FE	: Energía Fecal
FmE	: Energía Fecal Metabólico
g	: Gramos
GB	: Grasa Bruta
HP	: Harina de Pescado
IE	: Energía de Consumo
MS	: Materia Seca
MO	: Materia Orgánica
NRC	: National Research Council
OD	: Oxígeno Disuelto
PB	: Proteína Bruta
SAS	: Proteína Bruta
UV	: Ultra Violeta

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó, con el objetivo de evaluar la digestibilidad aparente de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB), energía bruta (EB) y energía digestible (ED) de alimentos comerciales (Alipez[®], Naltech[®], Nicovita[®], Ewos[®], Tomasino[®] y Truchina[®]) para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde. El trabajo que desarrollado en dos fases. La fase experimental fue en el Laboratorio de Truchas; mientras que el análisis proximal de los alimentos, se realizó en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano. Se utilizaron 90 truchas en etapa de engorde con un peso inicial promedio de 215 g y con una longitud estándar de 26 cm. Las truchas fueron distribuidas al azar en 9 tanques de digestibilidad tronco-cónicos de 0.5 m³ de volumen útil, equipado con una columna de sedimentación y botellas de colección de heces. Cada dieta fue evaluada por triplicado (3 tanques/dieta). Los análisis químicos se realizaron siguiendo la metodología de AOAC (2012) y la energía se determinó con el calorímetro de bomba (Parr Instruments 6772[®], USA). La digestibilidad aparente se determinó por el método indirecto con la inclusión de 1% de marcador indigestible en la dieta (Hyflo Super Cel[®] Sigma-Aldrich). El marcador indigestible en alimento y heces se determinó por el método de cenizas insolubles en ácido. El análisis estadístico fue realizado con la ayuda del paquete estadístico SAS 2002 versión 9.2. La temperatura del agua estuvo en promedio de 16.8°C y el oxígeno disuelto en 6.6 ppm. El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la MS del alimento fue superior en la dieta Ewos[®] (86.4%) seguido de Truchina[®], Nicovita[®], Naltech[®], Tomasino[®] y por último Alipez[®] (84.0, 81.5, 81.3, 80.7 y 76.8%). Existe diferencia significativa entre la digestibilidad de los nutrientes estudiados ($P < 0.001$). El CDA de MO, PB y GB fue superior en la dieta Ewos[®] con valores de 89.0, 94.9 y 97.1%, respectivamente; mientras que los valores más bajos fueron con la dieta Alipez[®] con 81.6, 90.4 y 87.5%, respectivamente. El CDA de la EB y la ED fue mayor en la dieta Ewos[®] con valores de 91.2% y 5475.1 cal g⁻¹, respectivamente; mientras que los valores más bajos del CDA de EB y la ED fueron para la dieta Alipez[®] con valores de 82.9% y 4362.0 cal g⁻¹. Finalmente podemos concluir que el alimento comercial Ewos[®] fue superior respecto a la digestibilidad de sus componentes en comparación de las demás dietas en estudio, pudiendo atribuir esto a la calidad de insumos utilizados en su elaboración.

Palabras clave: Truchas, digestibilidad, energía digestible y alimento comercial.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha tenido un gran crecimiento a nivel mundial, pero a medida que incrementa la producción, también crecen las dudas sobre su impacto ambiental con efectos sobre la eutrofización del agua. La acuicultura en el Altiplano es cada vez más creciente, fomentadas a través del sector público y privado, habiendo alcanzado la organización de aproximadamente de más de 600 empresas comunales para la crianza de truchas en jaulas flotantes en el lago Titicaca. Así como también se ha implementado plantas de procesamiento de alimentos para truchas; para controlar el costo de producción que es la más alta en la crianza de truchas; sin embargo esto conllevaría a una menor producción de truchas y una mayor producción de desechos orgánicos, a falta de un control de calidad. Se sabe que el aprovechamiento del alimento concentrado por los peces no es efectivo, como tal constituye desechos orgánicos que van a contribuir al enriquecimiento negativo del medio acuático, y por ende al desarrollo vegetal, contribuyendo al proceso de eutrofización del lago Titicaca. Proceso que se da a largo plazo, para lo cual se hace importante contemplar estas variables, haciendo eficiente la alimentación por las truchas, evitar residuos y garantizar la rentabilidad de las empresas pesqueras (Goyzueta, 2012).

Para ello, los estudios de digestibilidad en la acuicultura tienen un triple objetivo como son: un mejor conocimiento de la utilización potencial de los nutrientes, una mejora en la calidad de los alimentos para peces y, finalmente, una disminución de los desechos de origen alimentario de modo que se pueda preservar la calidad del medioambiente en general y del agua en particular. Para así elaborar un alimento de buena calidad, con mayor digestibilidad por tanto evitar considerablemente la eutrofización del agua (Guillaume *et al.*, 2004).

Los alimentos comerciales ante esto, se ven como una alternativa para el desarrollo sostenible de la crianza de truchas, por la calidad de los productos que ofrecen; pero también hay dudas sobre el efecto de estos en la eutrofización del agua. El presente proyecto de investigación generará información sobre aquellos alimentos que tengan mejor digestibilidad para su posterior recomendación en su uso, y así preservar la calidad del agua, evitando en lo menor posible la eutrofización a causa de la crianza intensiva de truchas en lagunas y riberas del lago Titicaca.

La utilización del método indirecto para el análisis de digestibilidad, como una herramienta para el control de calidad de los alimentos, ante el creciente impulso que se está dando por parte del gobierno a la crianza intensiva de truchas, y así tener las condiciones necesarias para el desarrollo sostenible y preservar las lagunas y principalmente el Lago Titicaca. La determinación del CDA de macronutrientes y energía digestible de los alimentos comerciales sería muy importante.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen de la trucha arco iris

La trucha “arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie íctica perteneciente a la familia Salmonidae, originaria de las costas del Pacífico de América del Norte, que debido a su fácil adaptación al cautiverio, su crianza ha sido ampliamente difundida casi en todo el mundo. En América del Sur, se encuentra distribuida en Argentina, Brasil, Bolivia Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. La introducción de esta especie en el Perú tuvo lugar en el año 1928, desde los Estados Unidos de Norteamérica, con una cantidad de 50,000 huevos, los mismos que fueron instalados en un criadero a orillas del río Tishgo, en La Oroya – Junín, distribuyéndose a los ríos y lagunas de Junín y Pasco. En 1930 fueron transportadas 50 truchas adultas a la Estación Piscícola El Ingenio. En 1941 fueron transportadas 25,000 huevos de trucha desde la Estación Piscícola El Ingenio a la Estación Piscícola de Chucuito – Puno, poblándose todo el sistema hidrográfico del Lago Titicaca y otras lagunas, como la de Languilayo - Cusco, donde inicialmente se llegaron a sembrar 2,000 alevines de esta especie; a partir de esta fecha se ha venido poblando paulatinamente ríos y lagunas de varios departamentos de la sierra en forma natural o artificialmente. A partir de la década del 70, se comenzaron a instalar varias piscigranjas o centros de cultivo de peces; actualmente con los avances en la técnica y nuevas tecnologías de cultivo, la truchicultura se viene constituyendo en una alternativa para la producción masiva de pescado fresco, así como para la generación de puestos de trabajo de manera directa e indirecta (PRODUCE, 2004).

2.2. 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 (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; el 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 estomago no presentan estas estructuras. 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 (Hidalgo y Alliot, 1987).

2.2.1. 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 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).

2.2.2. 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 (García y Sanz, 1987).

2.3. 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 de Jalón y col., 1993).

La investigación en el campo de la nutrición de peces se ha desarrollado muchísimo en las últimas décadas, y sé 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 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 como el crecimiento y la reproducción (Fernández y Blasco, 1995). 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 (González, 2006).

2.3.1. Requerimientos nutricionales

La trucha es muy eficiente para usar proteína de la dieta y lípidos para su energía, pero asimila pobremente los glúcidos. Los niveles altos de glúcidos digeribles en el alimento incrementan los depósitos de glucógeno en el hígado, reduce el apetito y su crecimiento, se recomienda que no tenga más del 12% en la dieta. Un 5 % o más de aceite de peces marinos en la dieta usualmente proveen suficiente cantidades de ácidos grasos n-3; requieren de quince vitaminas en su dieta para asegurar un buen crecimiento y optima salud. Los salmónidos, necesitan en su dieta minerales, los cuales son utilizados para propósito estructural, osmorregulación, y como cofactores en las reacciones metabólicas, entre los minerales se incluyen: Fósforo, manganeso, zinc, cobre, entre otros (Lovell, 2002; citado en Chimbor 2011).

Los valores en la tabla 1, representan los requisitos mínimos para el desarrollo máximo del pez bajo condiciones experimentales. En la práctica, sin embargo, un margen de seguridad se agrega normalmente para compensar las pérdidas por procesamiento y almacenamiento, variación en la composición y biodisponibilidad de nutrientes en los ingredientes del alimento, y variación en requerimientos causados por los efectos medioambientales (National Research Council, 1993).

Tabla 1. Requerimiento nutricional para truchas Arco Iris

Nutrientes	Trucha arco iris
Energía base (kcal DE/kg)	3600
Proteína cruda (digestible), %	38 (34)
Aminoácidos	
Arginina, %	1.52
Histidina, %	0.70
Isoleucina, %	0.90
Leucina, %	1.41
Lisina, %	1.81
Metionina + cistina, %	1.01
Fenilalanina + tirosina, %	1.81
Treonina, %	0.80
Triptofano, %	0.20
Valina, %	1.21
Ácidos grasos n-3, %	1
Ácidos grasos n-6, %	1
Macro minerales	
Calcio, %	1E
Cloro, %	0.9E
Magnesio, %	0.05
Fosforo, %	0.6
Potasio, %	0.7
Sodio, %	0.6E
Micro minerales	
Cobre, mg/kg	3
Yodo, mg/kg	1.1
Hierro, mg/kg	60
Manganeso, mg/kg	13
Zinc, mg/kg	30
Selenio, mg/kg	0.3
Vitaminas liposolubles	
A, IU/kg	2500
D, IU/kg	2400
E, IU/kg	50
K, mg/kg	R
Vitaminas hidrosolubles	
Riboflavina, mg/kg	4
Ácido pantoténico, mg/kg	20
Niacina, mg/kg	10
Vitamina B12, mg/kg	0.01E
Colina, mg/kg	1000
Biotina, mg/kg	0.15
Folacina, mg/kg	1
Tiamina, mg/kg	1
Vitamina B6, mg/kg	3
Mio-Inositol, mg/kg	300
Vitamina C, mg/kg	50

NRC (1993). Estos requerimientos fueron determinadas con ingredientes muy purificados en nutrientes que son muy digestibles, tanto los valores presentes representan cerca del 100% de biodisponibilidad. R, requiere en la dieta pero no está determinado la cantidad; NR, ningún requerimiento en la dieta se demostró bajo condiciones experimentales; NT, no probado; y E, estimado.

2.3.1.1. Proteína

Las proteínas son los principales materiales orgánicos en tejidos de peces, constituyen aproximadamente el 65 al 75% del total sobre una base en peso seco. Los peces consumen proteína para obtener los aminoácidos. La proteína se digiere o hidroliza y libera aminoácidos libres, que son absorbidos desde el tracto intestinal y se distribuyen por la sangre a los órganos y tejidos. El consumo inadecuado de proteína en la dieta se refleja en los resultados como la reducción o interrupción del crecimiento y la pérdida de peso debido a la retirada de las proteínas de los tejidos menos vitales para mantener las funciones de los tejidos más vitales. Por otro lado, si se suministra demasiada proteína en la dieta, sólo una parte de ella se utiliza para hacer nuevas proteínas, y el resto se convierte en energía (Halver y Hardy, 2002).

Para 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 (Noel, 2003).

En los peces cuyo crecimiento se ralentiza con la edad pero nunca cesa, se observa a lo largo del envejecimiento una disminución simultánea de síntesis y degradación de proteínas corporales, también con una progresiva ralentización de la retención. Las especies que viven en aguas frías tienen una tasa de síntesis

en el musculo relativamente más elevada que la que se podría prever por extrapolación de la curva que representa el efecto de la temperatura en las especies templadas euritermas; en las especies tropicales se observa lo opuesto (Guillaume *et al.*, 2004).

2.3.1.2. Aminoácidos

Un requerimiento absoluto para 10 aminoácidos (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, y valina) se ha demostrado en todas las especies del pez examinadas hasta ahora. La cuantificación de requerimientos de aminoácidos esenciales es confiable en gran parte en las curvas de la dosis-respuesta en donde la mejor respuesta medida fue la ganancia de peso (National Research Council, 1993).

2.3.1.3. Energía

La energía no es un nutriente, sino lo que se libera durante la oxidación metabólica de los hidratos de carbono, grasas y aminoácidos. El consumo de energía es un requerimiento nutricional básico, porque el mantenimiento de los procesos de la vida tiene prioridad sobre el crecimiento y otras funciones. Por lo tanto, la concentración de la energía debe ser la primera consideración en la formulación de la dieta alimenticia de los peces. En la práctica, sin embargo, se suele dar prioridad en primer lugar a la proteína porque es más valiosa que otros componentes para el rendimiento de energía. La proteína y la energía deben mantenerse en equilibrio. Una deficiencia en la dieta o un exceso de energía digestible puede reducir las tasas de crecimiento de los peces. Una dieta

deficiente en energía en relación a la proteína significará que la proteína se utiliza para producir energía para satisfacer mantenimiento antes de crecimiento. En contraste, una dieta que contiene exceso de energía se puede reducir el consumo de alimento (Sanz, 2009; NRC, 1993) y por lo tanto reducir el consumo de la cantidad necesaria de proteínas y otros nutrientes esenciales para el crecimiento máximo. Proporciones excesivamente altas de energía de los alimentos también pueden conducir a la deposición de grandes cantidades de grasa corporal, que pueden ser indeseables en el alimento de los peces (National Research Council, 1993).

2.3.1.4. Lípidos

Los lípidos sirven como una importante fuente de energía alimentaria para todos los peces, pero tal vez en mayor medida para los peces de agua fría y marinos, que tienen una capacidad limitada para utilizar carbohidratos de la dieta para obtener energía. No existe un porcentaje definido de lípidos en la dieta, así como el contenido de proteína y energía. Las concentraciones de lípidos de hasta un 20 por ciento dan resultados óptimos con algunas especies (National Research Council, 1993).

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 un rápido crecimiento, buena conversión de alimento y óptimo aprovechamiento de la proteína. Como óptimo para trucha se puede considerar por lo regular una proporción de grasa en el alimento concentrado del 15-20% (Noel, 2003), o de 18-20%; no obstante estos valores pueden quedar rápidamente obsoletos, ya que cada vez en

contenido lipídico no ha dejado de aumentar incluso sobrepasando en muchas ocasiones el 30% (Guillaume *et al.*, 2004).

2.3.1.5. Carbohidratos

El valor nutricional de los hidratos de carbono varía entre peces. Los peces de aguas cálidas pueden utilizar mayor cantidad de carbohidratos de la dieta que los peces marinos y de agua fría. No existe requisito dietético demostrado para los hidratos de carbono en peces, sin embargo, si no se proporcionan los carbohidratos de la dieta, otros compuestos, tales como proteínas y lípidos, son catabolizados para energía y para la síntesis de diversos compuestos biológicamente importantes generalmente derivados de carbohidratos. Por lo tanto, es importante proporcionar una concentración adecuada de carbohidratos en la dieta de las especies de peces que se cultivan (National Research Council, 1993).

Muchos reportes han indicado que el consumo excesivo de carbohidratos producirá depósitos excesivos de glucógeno en hígado, y consumos continuos resulta en depósitos extensos de grasa en las vísceras. Reportes de excesivos carbohidratos en la dieta en ciprinidos ornamentales produce cambios degenerativos hepáticos (Halver y Hardy, 2002).

2.3.1.6. Minerales

Los peces, a diferencia de la mayoría de los animales terrestres, pueden absorber algunos minerales (elementos inorgánicos), no sólo de sus dietas, sino también de su medio ambiente acuático externo. El calcio (Ca), magnesio (Mg),

sodio (Na), potasio (K), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), y selenio (Se) se derivan generalmente del agua para satisfacer parte de las necesidades nutricionales de los peces. Los fosfatos y sulfatos, sin embargo, están más eficazmente obtenidos a partir de fuentes de alimentación. Los elementos inorgánicos son necesarios para los procesos normales de la vida de los peces. Sus principales funciones incluyen la formación de la estructura del esqueleto, transferencia de electrones, la regulación de equilibrio del ácido-base, y osmoregulación.

Los minerales también son componentes importantes de hormonas y enzimas, y ellos activan las enzimas. Los mecanismos bioquímicos complejos controlan y regulan la captación, almacenamiento, y excreción de varios elementos inorgánicos, permitiendo al pez vivir en un equilibrio dinámico con su medio acuático. Los electrólitos Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , y HCO_3^- juegan un papel extra, mayor en la regulación osmótico e iónico y fluidos intracelulares en el pez.

2.3.1.7. Vitaminas

Las vitaminas son los compuestos orgánicos, distinto de los aminoácidos, carbohidratos, y lípidos que se requieren en ciertas cantidades de una fuente exógena, para el crecimiento normal, reproducción, y salud. Las vitaminas son clasificadas como hidrosolubles y liposolubles. Se requieren ocho de las vitaminas hidrosolubles en cantidades relativamente pequeñas, principalmente tienen la función de coenzimas, y son conocidos como vitaminas el complejo de B. Tres vitaminas hidrosolubles, colina, el inositol, y vitamina C, se requieren en cantidades más grandes y tienen otras funciones a las coenzimas. Las vitaminas A, D, E, y K son vitaminas liposolubles que funcionan independiente de enzimas

o, en algunos casos como la vitamina K, pueden tener roles del coenzima. Los requerimientos cualitativos y cuantitativos de vitaminas en los peces han sido determinados, alimentando con dietas químicamente definidas, deficiente en una vitamina específica. Se han establecido los requerimientos cuantitativos para la mayoría de las vitaminas para el salmón chinnok, la trucha del arco iris, carpa común, pez gato de cauce, y cola amarilla, mientras sólo algunos de los requisitos son conocidos por besugo rojo de mar y tilapia. Los requerimientos cualitativos se han identificado en varias otras especies. Los requerimientos son afectados por el tamaño, la edad, y tasa de crecimiento así como por varios factores medioambientales e interrelaciones de nutrientes (National Research Council, 1993)

2.3.2. Alimentos utilizados en la crianza intensiva

2.3.2.1. Alimento peletizado

Consiste en procesar las materias primas, finamente divididas algunas veces en polvo, impalpables y difíciles de manejar transformándolas en partículas más grandes y de naturaleza estable gracias a la aplicación de calor, humedad y presión mecánica. Con ellos se consigue un formato de los pellets que es usualmente cilíndrico, y cuyo diámetro ideal se considera de 1.0; 1.5; 2.0 y 2.3 mm (Silveira, 1993).

El alimento peletizado debe ser durable y estable en el agua. Además estos alimentos, también deben poseer características físicas y de textura deseables y, ser del tamaño correcto para que sea fácilmente aceptada por peces de diferentes tamaños. El alimento desintegrado o no consumido, contamina el agua y crea estrés por bajo oxígeno, alto nitrógeno y desechos orgánicos, con

serias consecuencias sobre el crecimiento y la salud. Algunos de los factores importantes en la fabricación de alimentos para peces, secos y durables, no polvorientos, Son: Propiedades físicas de los ingredientes; tamaño de partícula de los ingredientes; Ajuste de tiempo y temperatura en el molino de pellets; calidad de la provisión de vapor; Presión de compresión a través del troquel o matriz y; eficiencia de los equipos de tamizado graduado y spray de grasa (Bureau, 1999).

Muchos de los problemas dietarios que se han experimentado en cultivo de peces, en el pasado, han sido relacionados con la calidad física de los pellets y gránulos, la que a su vez fue relacionada con ingredientes de baja calidad; procesos de fabricación inadecuados y; prácticas negligentes. Desafortunadamente, para el alimento de peces, el proceso de fabricación es de crucial importancia. Tener que transferir nutrimentos dietarios hacia el pez a través de un medio acuoso, presenta problemas desconocidos en otras prácticas de alimentación animal. Por tanto, toda bolsa de alimento recién abierta debiera ser inspeccionada para detectar la presencia de exceso de polvo, gránulos muy pequeños, durabilidad, partículas extrañas, poco o mucho aceite, hongos y, cualquier otra evidencia de mala calidad. Cualquier bolsa o partida de alimentos con olor rancio detectable, no debiera ser empleada. Todo alimento dudoso debe ser informado de inmediato a un nutricionista calificado y devuelto al fabricante para su reemplazo (Noel, 2003).

2.3.2.2. Alimento extruido

Los pellets extruidos son más resistentes a la desintegración, debido a que el cocimiento de los almidones forma una importante estructura propia que les da

gran rigidez. Esto reduce las partículas en el alimento y aumenta la estabilidad en el agua, llegando más Kg de alimento al estómago de los peces y protegiendo más la calidad del agua. Al igual que puede cortar los pellets de una forma más exacta, dando por resultado tamaños de pellets mucho más uniformes. Este punto es importante, ya que cuando se comienza a alimentar a un estanque, los peces grandes buscarán los pellets pequeños que son más fáciles de comer, dejando así a los peces más pequeños los pellets más grandes. Esto dará por resultado una mayor disparidad entre las tallas de los animales. Además, por ser los alimentos extruidos más ligeros, hay más pellets por Kg. de alimento, lo que permite alimentar a más peces durante un mismo periodo de tiempo. El Factor de conversión alimenticia es mejor. Este tiene mayor eficiencia de alrededor del 10 - 25%. La razón es que el extrusor trabaja a temperaturas y humedades más altas que la peletizadora y el tiempo en que el alimento permanece dentro de la máquina también es mayor, permitiendo así un cocimiento del alimento de alrededor del 90%, lo que aumenta considerablemente la digestibilidad, en particular la de los almidones (Silveira, 1993).

La menor desintegración, junto a su gran capacidad de absorción de agua y especialmente, su mayor flotabilidad, por el efecto de expansión dado en el proceso mismo de extrusión, son características físicas determinantes para que el pez tenga más tiempo para consumir dietas extruidas y evitar pérdidas. La mayor flotabilidad, además, permite una mejor apreciación visual de cómo es ingerido el alimento por los peces y así evitar excesos de suministro de dieta (National Research Council, 1993).

En la crianza intensiva el uso de alimentos extruidos es muy utilizado ya que tienes muchas ventajas, así como también las desventajas sobre el alimento peletizado; esto se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Ventajas y desventajas entre un alimento peletizado y otro extruido

Peletizado	Extruido
Menor Inversión de Capital	Mayor Inversión de Capital
Menor Costo de Mantenimiento	Mayor Costo de Mantenimiento
Menor Costo de Energía por Tonelada	Mayor Costo de Energía por Tonelada
Aproximadamente 50% de Cocción	Aproximadamente 90% de Cocción
Menor Temperatura de Operación	Mayor Temperatura de Operación
Máximo Nivel de Humedad 17%	Máximo nivel de Humedad 55%
Mayor Generación de Finos	Menor Generación de Finos
Fácil Operación	Operación más Complicada
Adición de Grasa más Baja	Capacidad de Adicionar más Grasa
Uso Restringido de Ingredientes no Tradicionales	Mayor Versatilidad en el uso de ingredientes no Tradicionales
Digestibilidad baja	Digestibilidad alta

Cañas (1995).

2.4. Digestibilidad.

El valor nutricional de un alimento no sólo depende de su composición química sino también de la cantidad de nutrientes o energía que el pez puede absorber y utilizar. La biodisponibilidad de los nutrientes o de la energía de los alimentos para peces se puede definir principalmente en términos de digestibilidad o, en caso de la energía, la metabolizabilidad. 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 o energía metabolizable; sin embargo, muchos investigadores utilizan y reportan sólo valores de energía digestible debido a las dificultades en la obtención de

valores de energía metabolizable (National Research Council, 1981 y 1993). El alimento utilizado debe ser digerible y atractivo, no es suficiente que esté bien formulado nutricionalmente, además de la baja contaminación, deben ser altamente asimilables por el animal que está siendo alimentado. La digestión es el factor limitante más importante en la disponibilidad de nutrientes (Halver y Hardy, 2002).

2.4.1. Digestibilidad Aparente y Real.

El excremento está compuesto de los componentes del alimento no digeridos, los no absorbidos y los residuos de origen del cuerpo. Estos residuos son los restos de mucosa, las células, enzimas digestivas, mucoproteínas, y otras secreciones que salen del tracto digestivo del animal, junto con los residuos del micro fauna 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 de origen metabólico (FmE) y se influencia por las características de la comida y nivel del alimento. Las estimaciones de FmE permiten la descripción de la digestibilidad verdadera de la energía que es mayor que la digestibilidad aparente (Halver y Hardy, 2002).

Energía digerible aparente (ADE) = energía consumida (IE) – energía fecal (FE)

La energía digerible verdadera = IE - (FE - FmE)

2.4.2. Estudios de Digestibilidad.

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).

Así como 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 (Hillestad *et al.*, 1999).

2.4.3. Métodos de determinación de la digestibilidad aparente en peces.

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA), depende del estado fisiológico del pez y del nivel de ingesta, y permite evaluar la aptitud del animal en retener o utilizar una ración alimenticia. Esta se usa rutinariamente ya que la determinación de la fracción endógena, reducida en un pez, es delicada (Guillaume *et al.*, 2004).

2.4.3.1. 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.

2.4.3.2. Método Indirecto.

El método indirecto utiliza un marcador indigestible, 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 (Sanver, 2004).

La fórmula que se utiliza para calcular la digestibilidad de la materia seca, mediante los métodos indirectos es la siguiente (Sanz, 2009):

$$CDA = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ marcador en alimento}}{\% \text{ marcador en heces}} \right)$$

Del mismo modo, la digestibilidad de un nutriente y la energía bruta, se obtiene mediante la relación (Forster, 1999):

$$CDA = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ marcador en alimento}}{\% \text{ marcador en heces}} \times \frac{\% \text{ nutrientes en heces}}{\% \text{ nutrientes en alimento}} \right)$$

El método indirecto se ha utilizado ampliamente para determinar los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, energía, 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 alimentarse voluntariamente.

Los coeficientes de digestión determinados por el método indirecto han sido útiles y los regímenes de alimentación basados en estos datos han sido exitosos (Sato *et al.*, 1992).

Del mismo modo para la determinación de la energía digestible se utiliza la siguiente fórmula (Cho, 1992).

$$ED = EB \text{ alimento} \times CDAEB(\%)$$

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.

2.4.4. Pérdidas (No Fecales) Branquial y Urinaria.

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). 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, 1990); por lo tanto, la energía metabolizable (EM) 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).

2.4.5. Factores que afectan la digestibilidad.

Los estudios en truchas arco han mostrado que la digestibilidad de la energía y proteína no varía cuando la temperatura del agua se encuentra dentro del rango de 7° a 18°C. Los estudios en bagres han mostrado que las temperaturas mayores de 26°C incrementan la tasa de pasaje de la digesta a través del tracto digestivo, sin incrementar la digestibilidad (Shrable *et al.*, 1969).

En varias especies de peces se ha encontrado que el incremento del nivel de consumo disminuye la digestibilidad. En el bagre se ha encontrado que la extrusión de las dietas, incrementa la digestibilidad de la energía, sin afectar la digestibilidad (Windell *et al.*, 1978).

Existe un número de factores que influyen en la digestibilidad, tales como especie y la edad, el medio ambiente (salinidad, temperatura, condiciones de hipoxia), palatabilidad, contenido de fibra, y elaboración de los alimentos. La manera en que se procesa el alimento es significativa en relación con la disponibilidad de nutrientes (Halver y Hardy, 2002).

2.5. Alimentos comerciales

La búsqueda del alimento más económico, pero que cubra las necesidades de los animales solo forma uno más de los problemas que debe resolver el fabricante de piensos, o más exactamente el “formulador”. El mejor alimento no es necesariamente aquel que cubra mejor y al mejor precio los requerimientos del animal (aspecto nutricional puro), ni aquel que beneficie en la mejor forma posible a un conjunto de personas o empresas afectadas entre las que se incluyen fabricantes, piscicultores, transformadores, y también la comunidad encargada de la conservación del medio ambiente (Guillaume *et al.*, 2004).

2.5.1. Alipez

Alipez SAC., es una micro empresa acreditada en el segundo periodo del 2011 (REMYPE, 2011), cuya planta procesadora se encuentra en Semi-rural Pachacutec Mz B, lotes 7-Arequipa y cuenta con una distribuidora ubicada en Jr. Almagro 1146 Juliaca-Perú (Alipez, 2010).

Alipez ofrece dietas extruidas para: pre-inicio, inicio, crecimiento I, II y III, acabado I y II, pigmentante y Premium. Alipez Crecimiento III es la dieta más adecuada para truchas de 22 cm de longitud aproximado y con pesos de 100 a 300 g ya que tanto el nivel de proteína como el de lípidos es el adecuado para truchas de las características ya mencionadas.

2.5.2. Naltech

Nutritional Technologies S.A.C. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de alimentos extruidos para animales, en sus líneas Nutra, Dr. Mascota; cuenta con una moderna infraestructura para la producción del alimento balanceado, actualmente las instalaciones se encuentran ubicadas en dos zonas: nuestra planta procesadora en la ciudad de Huaura y sus oficinas en Lima (Naltech¹, 2014). La planta de alimentos Nutritional Technologies, a través de su línea Aquatech, elabora alimentos extruidos para acuicultura, cuya formulación es el resultado de una amplia investigación de las especies piscícolas, acorde con las etapas fisiológicas y comerciales de cada especie. La Nueva Línea de Productos, Aquatech® Fresh Water Line, ha sido desarrollada, bajo el concepto de Optimo Valor Nutricional para la alimentación de las Truchas y es el resultado del trabajo de Investigación y Desarrollo de Nuevos Productos

los mismos que en perfecta combinación con modernos equipos de molienda, mezclado, acondicionamiento y extruido, de última generación, permite ofrecer a los criadores, productos de excelente calidad nutricional, es así que se recomienda el programa de alimentación para truchas (tabla 3), de sus diferentes productos de Aquatech® Frech Water Line, para su uso adecuado en las distintas etapas de crianza (Naltech², 2014).

Tabla 3. Programa de Alimentación de truchas de Naltech®, Aquatech® Frech Water Line.

Producto	Tamaño de pellets (mm.)	Presentación física	Peso Truchas (g.)	Etapas de Crianza
Pre inicio 1 - 55	0.3 a 08	Polvo	0.1 a 1.0	Post-larva
Pre inicio 2 - 50	0.8 x 1.3	Granulado	1.0 a 2.5	Alevinos
Inicio 45	1.5 x 2.0	Pellet	2.5 a 10.0	Alevinos
Crecimiento 1 - 42	2.5 x 2.5	Pellet	10.0 a 30.0	Juveniles
Crecimiento 2 - 42	4.0 x 4.0	Pellet	30.0 a 90.0	Juveniles
Engorde - 40	6.0 x 6.0	Pellet	90.0 a la venta	Pre-comercial
Engorde - 40	8.0 x 8.0	Pellet	250.0 a la venta	Comercial
Acabado C/P - 40	6.0 x 6.0	Pellet	120.0 a la venta	Pre-comercial
Acabado C/P - 40	8.0 x 8.0	Pellet	250.0 a la venta	Comercial

Naltech² (2014).

La tecnología de punta en el proceso de elaboración de la línea Aquatech® Fresh Water Line, aunado al nuevo concepto de formulación con el uso de prebióticos, permiten ofrecer al criador alimentos del más alto valor nutricional (tabla 4), y establecer una fuerte ventaja competitiva en términos técnicos y económicos, tanto en crianzas de jaulas en Lagunas (LH – Lento Hundimiento) como en sistemas raceway-RW o crianza en pozas (flotantes) (Naltech², 2014).

Tabla 4. Contenido Nutricional de productos Naltech®, Aquatech Frech Water Line®.

Nutrientes	Pre-inicio	Inicio	Crecimiento	Engorde	Acabado
	55/50	45	1 y 2 – 42	40	C/P
% Proteína, min.	55 / 50	45	42	40	40
% Grasa, min.	8	8	10	14	14
% Fibra, máx.	2.5	3	3.5	3.5	3.5
% Calcio, min.	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
% Fosforo, min.	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
% Ceniza, máx.	12	12	12	12	12
% Humedad, máx.	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
ED (Mcal/Kg), min.	3800	3600	3400	3400	3300

Naltech² (2014).

2.5.3. Nicovita

En su división de Nutrición Animal, Alicorp S.A. cuenta con Nicovita, marca que identifica alimentos del más alto valor nutricional que garantizan los mejores resultados. Nicovita Truchas es un alimento extruido de óptima calidad, elaborado a partir de los mejores ingredientes. Que garantiza a los clientes los mejores rendimientos y un producto final que cumple con las exigencias del mercado. Nicovita garantiza una Trucha con excelente presentación, uniformidad de tamaño, sabor y color, esta línea de alimentos cuenta con una amplia gama de presentaciones las cuales se describen en la tabla 5 (Alicorp, 2013).

Tabla 5. Programa de alimentación de productos Nicovita® truchas.

Tipo de alimento	Peso unitario (g)		Tiempo estimado de uso	Dosis recomendada por día	Calibre (diámetro de pellet)
	Desde	Hasta			
Truchas pre inicio	Post larva	0.4	20 días	150 – 20	1.0 mm
Truchas inicio KR-1	0.4	1.1	25 días	10 – 20	1.5 mm
Truchas inicio KR-2	1	5	55 días	8 – 10	2.0 mm
Truchas crecimiento 1	5	25	2 meses	4 – 6	2.5 mm
Truchas crecimiento 2	25	67	2 meses	3 – 4	4.0 mm
Truchas engorde LHU	67	120	4 meses	2 – 4	5.5 mm
Truchas acabado P LHU	100 – 120	Comercialización	40 – 60 días	2 – 4	5.5 mm
Truchas acabado E	100 – 120	Comercialización	40 – 65 días	2 – 4	5.5 mm
Truchas reproductor	500	Fin de su ciclo reproductivo	2 – 4 años	2	8.5 mm
Truchas reproductor P		Fin de su ciclo reproductivo	2 – 4 años	2	8.5 mm

Alicorp (2013).

Nicovita truchas como línea de producción, en la tabla 6 muestra el contenido nutricional de los diferentes productos que ofrece para las diferentes etapas de crianza.

Tabla 6. Contenido Nutricional de los diferentes productos de la línea truchas de Nicovita®

	Truchas Pre Inicio, Inicio KR1 y KR2 (%)	Truchas Crecimiento 1 y 2 (%)	Truchas Engorde LHU, Acabado P LHU (%)	Truchas Acabado E (%)	Truchas Reproductor y Reproductor P (%)
Proteínas, min.	45	42	42	40	40
Grasa, min.	11	11	11	14	11
Ceniza, máx.	10	10	10	10	10
Humedad, máx.	9.5	10	10	10	10
Fibra, máx.	2.5	3	3.5	3.5	3.5

Alicorp (2013).

2.5.4. Ewos

La historia de EWOS en Chile comienza en 1995 cuando EWOS Group, empresa de origen Noruego, adquiere Alimentos Mainstream S.A y su Planta ubicada en la ciudad de Coronel, en la Región del Bío Bío, dando origen a EWOS Chile S.A.. Actualmente EWOS Chile lidera el mercado de alimento para salmones en el país, con diferentes dietas para engorda tanto para la etapa de mar como la de agua dulce. La empresa tiene sus oficinas comerciales en Puerto Montt, donde se encuentra la Gerencia General, la gerencia de compras, el área Comercial y de Asistencia Técnica. Además, cuenta con una Central de Distribución en la zona de Chiquihue en las afueras de Puerto Montt. La planta de proceso y fabricación está en ciudad de Concepción, en Coronel cercana a uno de los principales puertos de Chile (Ewos¹, 2012).

El Sistema Integrado de Gestión de EWOS Chile se sustenta en procedimientos, programas y políticas que respaldan la certificación de los 4 pilares

fundamentales; Calidad (ISO 9001), Inocuidad (ISO 22000), Medioambiente (ISO 14001) y Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001). Recientemente, durante el año 2012. El objetivo final de todas estas certificaciones es disponer de un sólido Sistema de Gestión Integrado que responda a todos los requerimientos normativos, de cliente o de cualquier parte interesada en temas de Calidad, Inocuidad, Medio Ambiente y Seguridad y Salud Ocupacional, como una forma además de dar soporte a los objetivos de sustentabilidad definidos por Cermaq (Ewos², 2012).

El mercado de la las trucha es competitivo. Por esta razón, los productores tienen que cuidar los costos de producción junto con asegurar una óptima calidad de su producto para mantenerse en el mercado. EWOS cuenta con dos dietas especialmente diseñadas para Trucha: VAN y SILVA. EWOS VAN desde su lanzamiento el año 1997 fue formulada pensando en el mercado japonés. Donde los parámetros de calidad de filete, como textura y expresión de color se asocian con un bajo tenor graso del alimento. A su vez, un adecuado balance proteína-lípidos de la dieta, en un rango medio de energía, le asegura al productor un nivel de conversión razonable a un costo de producción competitivo. El contenido nutricional de los productos para truchas se muestra en la tabla 7 (Ewos³, 2012).

Tabla 7. Contenido Nutricional de los productos para truchas de Ewos®.

Dieta	Calibre	Proteína cruda (%)	Grasa total (%)	Pellet por kilo	Tamaño (mm)
VAN (STANDARD)	500	38.0	24.0	4000	7.4
	1000	36.0	26.0	1600	10.2
	2000	35.0	27.0	550	14.0
SILVA (HIGH ENERGY)	500	38.0	29.0	4000	7.4
	1000	36.0	31.4	1600	10.2
	2000	34.0	34.0	550	14.0
VAN LC (LOW ENERGY)	500	36.0	24.0	4000	7.4
	1000	35.0	25.0	1600	10.2
	2000	35.0	26.0	550	14.0
SILVA HP (HIGH PERFORMANCE)	500	38.0	29.0	4000	7.4
	1000	36.0	31.0	1600	10.2
	2000	34.0	34.0	550	14.0

Fuente: Ewos³ (2012).

2.5.5. Tomasino

ALIMENTOS PROCESADOS S.A. Es una empresa dedicada a la actividad agroindustrial focalizada en la nutrición. Su gestión empresarial, basada en la excelencia y orientación al cliente, la ha posicionado como la empresa líder en el mercado de alimentos balanceados para animales de crianza industrial y doméstica a nivel de la región sur del Perú. TOMASINO es la marca registrada de Alimentos Procesados S.A., destinada a la elaboración de alimentos balanceados para animales.

La filosofía empresarial, está basada en la orientación al cliente, implica que profesionales altamente calificados desarrollen tecnología para lograr productos de la más alta calidad, de tal forma que este esfuerzo se traduzca para los clientes en una mayor rentabilidad de la actividad pecuaria, y a su vez contribuya a satisfacer las necesidades nutricionales de la población (Alimentos

procesados, 2005). Para esto recomienda el programa de alimentación que se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Programa de alimentación de productos de la línea truchas de Tomasino®.

Producto	Peso truchas gr.	Talla cm.	Presentación	Tamaño pellet
Truchas Pre Inicio Tomasino	Hasta 0.3	2.5	harina	
Truchas Inicio Tomasino	0.3 – 4.5	2.5 - 7	crumbled	
Truchas Crecimiento Tomasino N°1	4.5 - 25	7 – 12.5	pellet	1/8"
Truchas Crecimiento Tomasino N°2	25 – 66.5	12.5 - 17	pellet	1/8"
Truchas Acabado Tomasino	155 a venta	17 a venta	pellet	3/16"
Truchas Acabado Tomasino Pigmentante N°6	149	24	pellet	3/16"
Truchas Acabado Tomasino Pigmentante N°2	149	24	Pellet	3/16"
Truchas Acabado Tomasino Pigmentante N°1	136.5	22	Pellet	3/16"
Truchas Reproductores Tomasino			Pellet	1/4"
Truchas Reproductores Tomasino Pigmentante N°1			Pellet	1/4"

Alimentos Procesados (2005).

Todo el proceso, desde la adquisición de la materia prima e insumos, hasta la distribución del producto terminado al consumidor final, está sometido a rigurosos controles de calidad basados en el sistema HACCP, así mismo, laboratorios propios y externos autorizados por el Gobierno Peruano, y que son reconocidos internacionalmente, realizan minuciosos análisis que garantizan la inocuidad y la alta calidad nutricional de los alimentos producidos (Alimentos procesados, 2005). El contenido nutricional que ofrece Tomasino® en sus diferentes productos de la línea truchas se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Contenido Nutricional de productos de la línea truchas Tomasino®

	Truchas Pre- inicio, Inicio; (%)	Truchas Crecimiento N° 1 y 2; (%)	Truchas Acabado, acabado con pigmento N° 6, 2 y 1; (%)	Truchas Reproductores, reproductores con pigmento N°1; (%)
Proteína, min.	47.0	44.0	40.0	40.0
Carbohidratos, máx.	24.0	27.0	31.0	28.0
Grasas, min.	6.0	8.0	8.0	6.0
Fibra, máx.	3.0	3.0	4.0	4.0
Cenizas, máx.	12.0	12.0	12.0	12.0
Calcio, min.	1.5	1.8	2.0	1.5
Fosforo, min.	1.0	1.0	1.0	1.0
Humedad, máx.	12.0	12.0	12.0	12.0

Alimentos procesados (2005).

2.5.6. Truchina

Purina® es una de las cinco marcas globales utilizadas por Cargill Animal Nutrition, la plataforma de nutrición animal de Cargill adquirió los derechos de uso de la marca Purina®, para animales de producción fuera de los EEUU, por medio de la compra de Agribrands International en el año 2001. Hoy en día, Purina® es una de las marcas de más alto valor del portafolio de Cargill. Producidos en quince países, en tres continentes, los productos Purina® están disponibles a través de una extensa red de distribuidores, cubriendo cerca de 40,000 puntos de venta a nivel mundial. Cada día, más de dos millones de criadores de animales de producción y ocio disfrutan de los beneficios de los nutrimentos Purina® (Cargill¹, 2013).

Purina posee tres líneas de alimento para peces, de acuerdo a sus necesidades, régimen alimenticio y sus diferentes estadios (tabla 10). Aquaxcel (alimento de Pre-inicio para alevinos), Truchina Flotante (diseñada para alimentar truchas en

estanques) y Truchina Lento Hundimiento (LH, diseñada para alimentar truchas en jaulas flotantes; evita el escape de partículas por viento y oleaje, facilitando la alimentación y el aprovechamiento del alimento (Cargill², 2013).

Tabla 10. Programa de Alimentación de los productos de la línea truchas, Truchina[®]

Productos	Etapas	Calibre mm
Aquaxcel CW 0.6	Preinicio 1	0.6
Aquaxcel CW 0.8	Preinicio 2	0.8
Aquaxcel CW 1.5	Preinicio 3	1.5
Aquaxcel CW 2.2	Inicio	2.2
Truchina nutripec 44	Inicio	2
Truchina nutripec 42	Crecimiento 1	3
Truchina nutripec 42	Crecimiento 2	4
Truchina nutripec 40	Engorde	6
Truchina nutripec 40 P	Acabado Pigmentado	6
Truchina nutripec 44 LH	Inicio	2
Truchina nutripec 42 LH	Crecimiento 1	3
Truchina nutripec 42 LH	Crecimiento 2	4
Truchina nutripec 40 LH	Engorde	6
Truchina nutripec 40 P LH	Acabado Pigmentado	6
Truchina nutripec 40 P LH	Acabado Pigmentado	8

Cargill² (2013).

El contenido nutricional de los productos de la línea truchas (Truchina[®]), recomendada según su boletín informativo, para las diferentes etapas de crianza se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Contenido Nutricional de productos de la línea de truchas de Truchina[®]

Producto	Proteína % min.	Grasa % min.	Fibra % máx.	Humedad % máx.	Ceniza % máx.
Aquaxcel CW 0.6	50	16	33	11	11
Aquaxcel CW 0.8	50	16	3	11	11
Aquaxcel CW 1.5	50	16	3	11	11
Aquaxcel CW 2.2	50	16	3	11	11
Truchina nutripec 44	44	12	3	14	12
Truchina nutripec 42	42	12	3	14	12
Truchina nutripec 40	40	12	3	14	12
Truchina nutripec 40 P	40	12	3	14	12

Cargill² (2013).

2.6. Marcador indigestible

El material del que compone el Celite está formado por los restos de los esqueletos de diminutas plantas acuáticas denominadas “diatomeas”. Estas plantas vivieron se multiplicaron en aguas prehistóricas. A través de las edades, sus esqueletos fueron formando grandes depósitos sobre el fondo del océano. Esas tierras submarinas se levantaron más tarde para formar parte de la masa continental. Los depósitos de Celite, hoy en día, se caracterizan por su alta pureza y por la casi infinita variedad de formas y tamaños que presentan esos esqueletos prehistóricos. Las diatomeas de Celite satisfacen estas exigencias gracias a su infinita variedad de partículas, y a su composición química, que las hace prácticamente insolubles en casi todos los líquidos (Folleto Celite, 2015).

Tabla 12. Grado y propiedades típicas del marcador

Tipo	grado	color	Densidad g/l		pH	Peso especifico	Porosidad promedio (micras)	Permeabilidad ad (d'Arcys)
			seca	húmeda				
Calcinado con fundente	Hyflo super cel®	Blanco	144	323	5.6	2.30	7.00	1.00

World minerals citado en folleto Celite (2015).

Grados Calcinados con Fundente: Para la elaboración de este grado, antes de la calcinación se agrega un agente fundente (normalmente carbonato de sodio), este procedimiento produce partículas de mayor tamaño y, consecuentemente, un material más permeable. Finalmente, la clasificación neumática separa el producto en grados de diferente tamaño de partículas (Folleto Celite, 2015; Ramirez, *sf*). La composición química de la diatomea de Hyflo super cel, básicamente es de SiO₂ (óxido de silicio o dióxido de silicio, llamado comúnmente sílice).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito Experimental.**

El trabajo de investigación, se desarrolló en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano ubicado a 3828 m.s.n.m. a 16°35'36" latitud Sur y 68°34'02" longitud Oeste. Los alimentos comerciales que fueron molidos y mezclados con el marcador indigestible se llevaron a la planta de procesamiento de alimentos Arapa SAC para su posterior peletización y granulación. El experimento de digestibilidad en truchas se realizó en el Laboratorio de Truchas y el análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

3.2. **Materiales**

3.2.1. **Sistema de Tanques de Digestibilidad**

El experimento se realizó en un sistema de recirculación cerrada de agua de flujo continuo, con arreglo al sistema de bombeo temporal, los cuales fueron conformados por 9 tanques de digestibilidad de 500 litros cada uno, y un sistema de tratamiento de agua provista de filtro mecánico (STF Filtre System Leri Model 002737) con grava angular de 1/4 y 1/8, filtro químico (carbón activado) y filtro biológico (cerámico previo cultivo de bacterias), también un sistema de filtración con rayos ultra violeta UV (X-Ray UV Light Boyo®, China). Con un tanque de recepción y otro tanque de distribución.

El tanque de digestibilidad tiene forma de un cono truncado, construido 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, 90 cm de longitud, y 7 litros de volumen, provisto de un ducto de drenaje de 1.25 cm de diámetro y llave de paso. La conexión entre ambas unidades es a través de un ducto de 2.5 cm de diámetro provisto también de una llave de paso. De manera que se tuvo una gradual sedimentación de partículas y así la obtención de materia fecal por el dispositivo de escape. Los tanques se cubrieron con malla rachell para evitar que las truchas puedan salir de los tanques. Asimismo, cada tanque recibió aire proveniente de un compresor de 70 L/min de capacidad. Tal como se muestra en la figura 1.

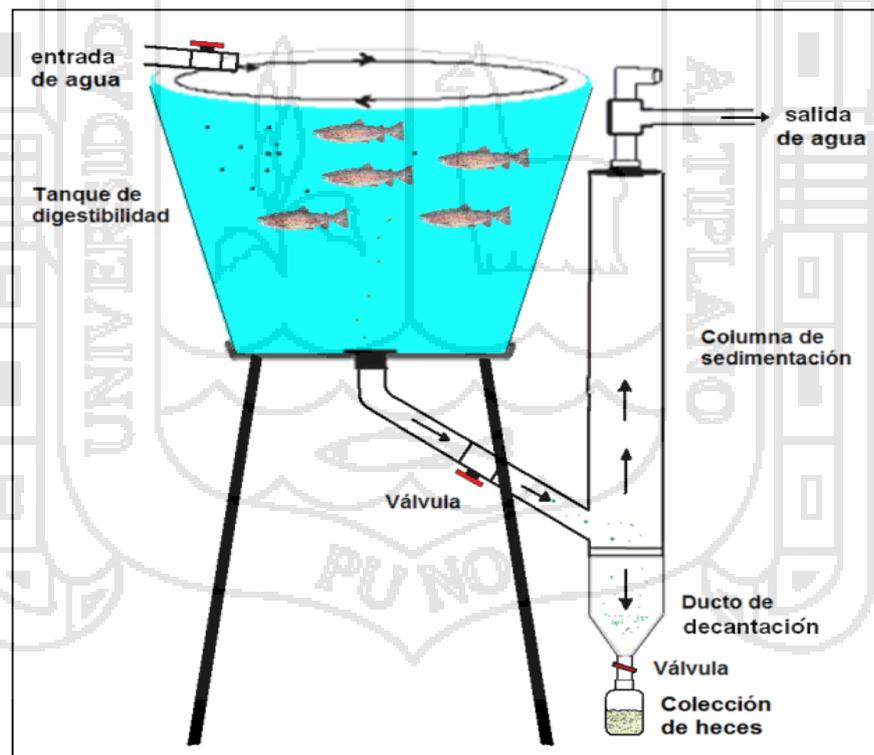


Figura 1. Tanque de digestibilidad provisto de columna de sedimentación para la colección fecal (Rodehutschord y Pfeffer, 1999). Adaptado de Sanver (2004). Modificado por Rodriguez (2010).

El suministro de agua a los tanques de digestibilidad fue permanente, con una tasa de flujo de 0.5 L/seg, con inyección tangencial, creando un flujo rotacional desde la superficie hacia el fondo a fin de que los materiales sólidos (heces) sean desplazados hacia el sumidero ubicado en el centro del fondo del tanque.

El sistema de recirculación de agua tiene un sistema semiautomático el cual es impulsado por dos bombas (DAB®, Italia) de 1 y ½HP de poder, la primera para la distribución del agua desde un tanque de abastecimiento, pasando por un sistema de filtración UV y luego esta agua es distribuida a través de un sistema de tuberías hacia los 9 tanques de digestibilidad. La segunda bomba impulsa el agua servida, recolectada en un tanque de recepción para su respectivo tratamiento hacia los filtros físico (con grava gruesa y grava fina), químico (con carbón activado), biológico (con biofiltros y cultivos de bacterias nitrificantes), y un filtro UV; así el agua filtrada es impulsada nuevamente por la primera bomba (figura 2).

Los parámetros de calidad de agua fueron evaluados antes, durante y después del experimento en los tanques de recepción y distribución de agua no tratada y tratada respectivamente; los parámetros que se evaluaron son: temperatura del agua (T°), oxígeno disuelto (OD).

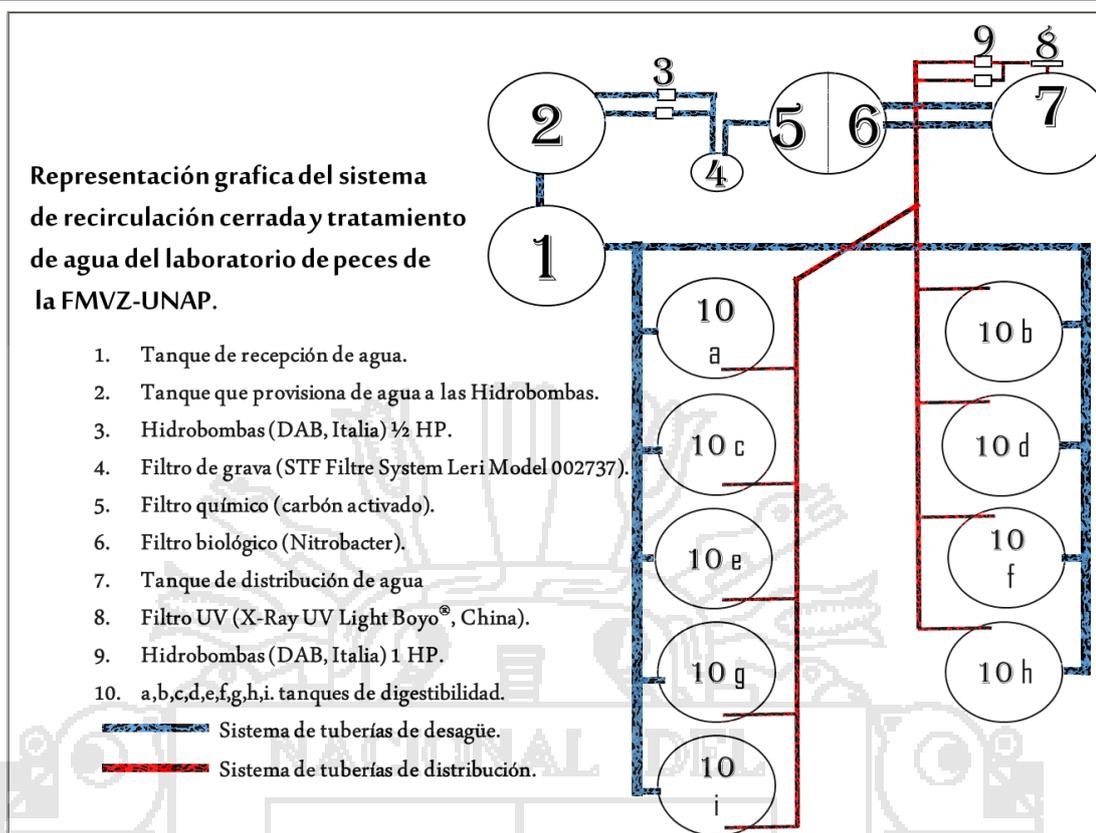


Figura 2. Esquema grafico del sistema de recirculación de tratamiento de agua para nueve tanques de digestibilidad en truchas.

3.2.2. Dietas.

Se sometieron a evaluación 6 dietas comerciales (Alipez®, Naltech®, Nicovita®, Ewos®, Tomasino® y Truchina®), los cuales fueron obtenidos en los mercados de Puno y Juliaca. Cada una de las dietas fueron molidas y mezcladas con el marcador indigestible Hyflo Super Cel® a razón del 1%; para luego estas fuesen mezcladas con agua para luego estas pasar por un proceso de peletización y granulación. Así mismo el contenido nutricional de las diferentes dietas se muestra en la tabla 13 y los ingredientes de los mismos se muestran en la tabla 14.

Tabla 13. Contenido Nutricional de los alimentos comerciales según la información del producto.

	Alipez®	Naltech®	Nicovita®	Ewos®	Tomasino®	Truchina®
Proteína	ND	40.0% min.	40.0% min.	38.0% min.	44.0%min.	40.0% min.
Grasa	ND	10.0% min.	7.0 – 32.0%	25.0% min.	8.0% min.	12.0% min.
Fibra	ND	3.5% máx.	3.0% máx.	2.5% máx.	3.0% máx.	3.0% máx.
Ceniza	ND	12.0% máx.	15.0% máx.	10.0% máx.	12.0% máx.	12.0% máx.

Fuente: Rótulos de los productos; ND: no disponible.

Tabla 14. Ingredientes de los alimentos comerciales en estudio.

Dietas comerciales	Ingredientes
Alipez®	ND.
Naltech®	Harina de Pescado, harina de soya, subproductos de cereales, harina de trigo, aceite de pescado y vegetal rico en ω -3 y ω -6, vitaminas y minerales, cloruro de colina y antioxidantes.
Nicovita®	Harina de pescado y otros de origen marino, harinas de semillas oleaginosas y sus subproductos, cereales y subproductos, aceite de pescado o vegetal, harina de subproducto aviar, cloruro de sodio, carbonato de calcio, fosfato de calcio/potasio, aminoácidos sintéticos, antioxidante autorizado, premezcla de minerales y vitaminas.
Ewos®	Proteína de origen marino, aceite de pescado, gluten de trigo, gluten de maíz, derivados proteicos de soya, trigo, premezcla completa de vitaminas y minerales, subproductos avícolas y aditivos.
Tomasino®	Harina de Pescado, Harina de Soya, Cebada, Harina de Trigo, Maíz, Carbonato de Calcio, Fosfato Dicalcico, Cloruro de Sodio, Ligante. <i>Vitaminas Adicionadas por Kilo:</i> Vit. A, 12 000 UI; Vit. D3, 2 400 UI; Vit. E, 100 UI; Vit. K3, 10 mg.; Vit. B1, 10 mg.; Vit. B2, 20 mg.; Niacina, 150 mg.; Acido Pantoténico, 50 mg.; Vit. B12, 0,03 mg.; Vit. B6, 10 mg.; Ácido Fólico, 4 mg.; Vit. C, 600 mg.; Biotina, 0,8 mg.; Inositol, 300 mg.; Colina, 1 000 mg. <i>Minerales Trazas Adicionados por Kilo:</i> Manganeso, 40 mg.; Zinc, 30 mg.; Hierro, 60 mg.; Cobre, 3 mg.; Yodo, 1,5 mg.; Cobalto, 0,15 mg.; Selenio, 0,3 mg. <i>Aditivos:</i> Antioxidante: B.H.T., B.H.A. y Etoxiquin.
Truchina®	Granos y subproductos de granos, harina de soya, harina de pescado, aceite de pescado, productos proteicos de origen marino, lecitina de soya, fosfato de calcio, carbonato de calcio, cloruro de sodio, cloruro de potasio y aminoácidos sintéticos. <i>Vitaminas:</i> A, C, D3, E, K3, B12, tiamina, riboflavina, piridoxina, niacina, ácido pantotenico, ácido fólico, biotina. <i>Minerales:</i> manganeso, zinc, selenio, cobre, hierro, iodo, cobalto, magnesio. <i>Aditivos:</i> antifungicos y antioxidantes autorizados.

Rótulos de los productos. ND: no disponible

3.2.3. Animales.

Se utilizaron 90 ejemplares de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde con un peso inicial promedio de 215 g y con una longitud estándar de 26 cm, estos fueron distribuidos al azar en 9 tanques de digestibilidad (Figura 2), en una cantidad de 10 truchas por tanque. La densidad recomendable es de 10kg/m³ ya que no hay muchos cambios en los parámetros físico químicos de agua en sistemas de recirculación (Sarmiento, 2011).

Se trabajó con una densidad no mayor a 5kg/tanque, ya que los tanques de digestibilidad son de 0.5m³. Las truchas se seleccionaron de una población homogénea procedente de la Zona Barco – Chucuito.

3.3. Metodología

3.3.1. Determinación del análisis proximal de los alimentos.

Los alimentos comerciales se obtuvieron de las tiendas comerciales de Puno y Juliaca, el análisis proximal de estos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno; siguiendo la metodología 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 (Soxhlet) durante 4 horas. La MO y CT 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 de muestra comprimida (pellet) y el contenido de energía fue reportado en cal g⁻¹ por el calorímetro de bomba (Parr 1341®, USA).

3.3.2. Determinación de la digestibilidad.

El estudio se realizó en 2 etapas; en la primera se utilizó 3 dietas con la siguiente distribución en los 9 tanques de digestibilidad (figura 3) cumpliendo con los 2 periodos de la metodología ya descrita hasta completar la muestra de heces en materia seca necesaria para realizar los análisis en laboratorio; luego de terminado la primera etapa, se hizo la distribución de las 3 dietas restantes tal como se muestra en la figura 4, hasta completar la cantidad de muestra necesaria para hacer el análisis en laboratorio.

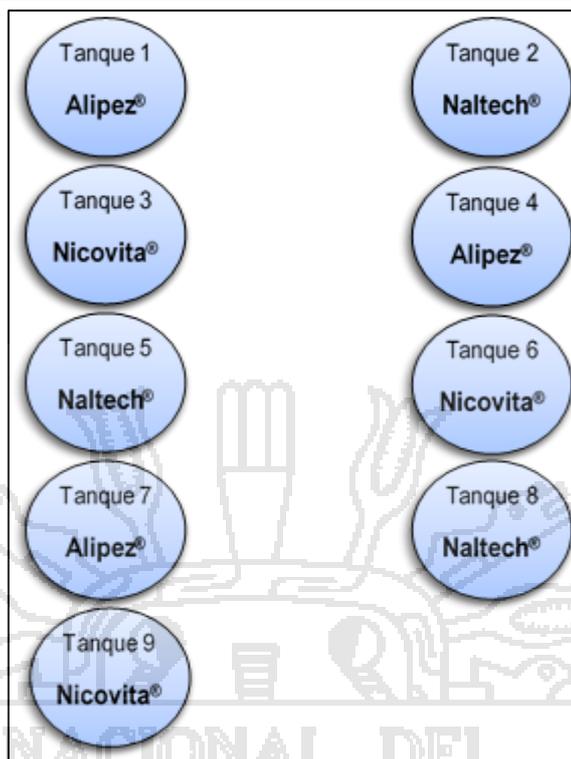


Figura 3. Distribución de las dietas comerciales en los tanques de digestibilidad, en la primera etapa.

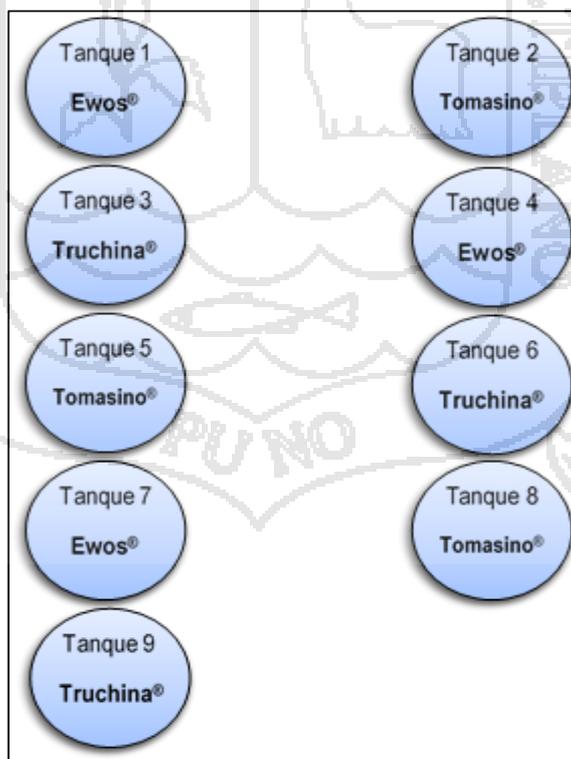


Figura 4. Distribución de las dietas comerciales en los tanques de digestibilidad, en la segunda etapa.

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

Las truchas fueron distribuidas al azar en los 9 tanques de digestibilidad, la densidad de confinamiento fue de 10 ejemplares por tanque. Cada tanque de digestibilidad se consideró como una (1) unidad experimental (Guillaume *et al.*, 2004), teniéndose tres replicas para cada alimento comercial.

El ensayo tuvo dos períodos: uno de acostumbramiento y otro de colección; el primero con una duración de 15 días, el segundo de 25 días hasta juntar 30 g de heces en materia seca.

El período de acostumbramiento tuvo la finalidad de acostumbrar a los peces al manejo y alimentación en confinamiento, y garantizar el recambio total del contenido gastrointestinal y el ajuste del patrón enzimático del pez al nuevo alimento en estudio.

El período de colección, fue orientado a las mediciones de las heces excretadas por los peces. Las heces se colectaron en la mañana, antes del suministro de alimento, directamente del tubo de sedimentación incluyendo 5 cm de agua por encima de las heces. La alimentación se realizó una vez por día (11:00 am), esta se suministró a saciedad. Las heces se acumularon en las botellas colectoras desde las 12:00 am hasta las 10:00 am del día siguiente. En forma diaria se tomó una cantidad de heces frescas colectadas de cada tanque, las mismas que se

sometieron al secado inmediato en un horno secador de aire caliente forzado a 60°C hasta obtener un peso constante.

3.3.3. Determinación de cenizas insolubles en ácido

Esta metodología fue utilizada 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 bidestilada.
4. Lavar, filtrar el residuo y pesar el crisol y la muestra. Secar durante la noche a 70°C.
5. En la mufla quemar el residuo a 600°C durante 4 horas.
6. Determinar el peso de la ceniza como Cenizas insolubles.

Finalmente teniendo el dato de la ceniza insoluble en ácido (marcador) el porcentaje de alimento digerido con la siguiente formula (Sanz, 2009):

$$CDA = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ marcador en el alimento}}{\% \text{ marcador en las heces}} \right)$$

Del mismo modo, la digestibilidad de un nutriente y energía bruta, se obtiene mediante la relación (Forster, 1999).

$$CDA = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ marcador en el alimento}}{\% \text{ marcador en las heces}} \times \frac{\% \text{ nutrientes en las heces}}{\% \text{ nutrientes en el alimento}} \right)$$

Para la determinación de la energía digestible de las dietas, se utilizó la siguiente fórmula (Cho, 1992):

$$ED = EB \text{ alimento} \times CDAEB(\%)$$

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 2000, Versión 9.2; 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

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

Donde:

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

μ = Media general.

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

ε_{ij} = Efecto de error.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Composición nutricional de Alimentos Comerciales

La tabla 15 muestra los resultados del contenido de materia seca (MS), ceniza (Cen), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB) y energía bruta (EB) de los alimentos comerciales (Alipez[®], Naltech[®], Nicovita[®], Ewos[®], Tomasino[®] y Truchina[®]). En donde se aprecia que existe diferencia significativa ($P < 0.001$) entre los alimentos comerciales en estudio. En el gráfico 1 se puede observar las diferencias que existen entre los alimentos comerciales en estudio.

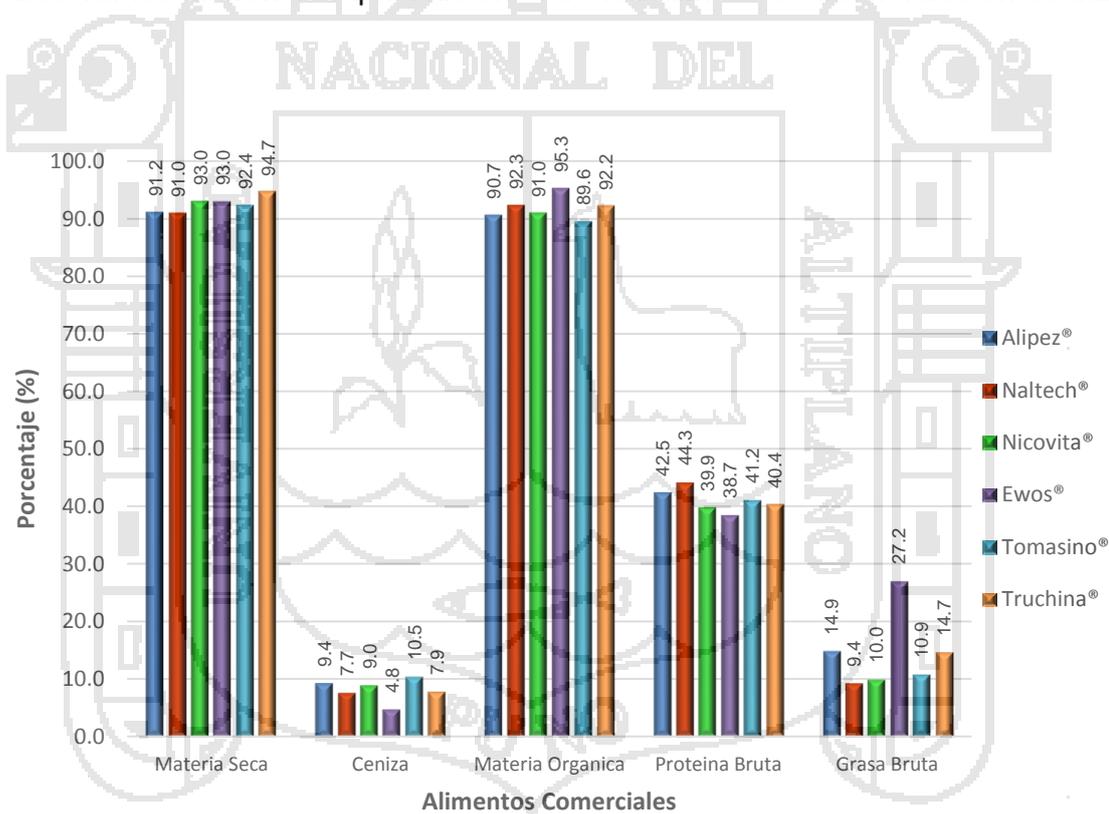


Gráfico 1. Contenido de Materia Seca, Ceniza, Materia Orgánica, Proteína Bruta y Grasa Bruta de las dietas comerciales para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Tabla 15. Contenido de Materia Seca, Cen, MO, PB, GB y EB de las dietas comerciales.

Alimento	Componentes, %					EB cal g ⁻¹
	MS	Cen	MO	PB	GB	
Alipez [®]	91.2 ^{cd}	9.4 ^b	90.7 ^c	42.5 ^b	14.9 ^b	5382.7 ^b
Naltech [®]	91.0 ^d	7.7 ^c	92.3 ^b	44.3 ^a	9.4 ^d	5264.1 ^{cb}
Nicovita [®]	93.0 ^b	9.0 ^b	91.0 ^c	39.9 ^{dc}	10.0 ^{dc}	5196.2 ^c
Ewos [®]	93.0 ^b	4.8 ^d	95.3 ^a	38.7 ^d	27.2 ^a	6181.2 ^a
Tomasino [®]	92.4 ^{cb}	10.5 ^a	89.6 ^d	41.2 ^c	10.9 ^c	5126.5 ^c
Truchina [®]	94.7 ^a	7.9 ^c	92.2 ^b	40.4 ^c	14.7 ^b	5405.6 ^b
EEM (n=2)	0.228	0.100	0.100	0.238	0.243	29.115
Probabilidad	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

EEM: error estándar de la media, n=2: número de observaciones por media.

Medias con letras distintas dentro de la misma columna, difieren a la prueba de Tukey (P<0.05).

En cuanto al contenido de MS de los alimentos en estudio, se observa que la dieta Truchina[®] tiene el valor más alto (94.7%), seguido de las dietas Nicovita[®], Ewos[®] y Tomasino[®] (93.0, 93.0 y 92.4%, respectivamente), y con valores bajos encontramos a las dietas Alipez[®] y Naltech[®] (91.2 y 91.0%, respectivamente). Respecto al contenido de Cen, la dieta Tomasino[®] tiene el valor más alto (10.5%), seguido de la dieta Alipez[®], Nicovita[®] (9.4, 9.0%, respectivamente), Truchina[®] y Naltech[®] (7.9 y 7.7%, respectivamente), y con el valor más bajo la dieta Ewos[®] con 4.8%. La MO resultó más alta en la dieta Ewos[®] (95.3%), seguido de la dieta Naltech[®], Truchina[®] (92.3, 92.2%, respectivamente), Nicovita[®] y Alipez[®] (91.0 y 90.7%, respectivamente), y con el valor más bajo, la dieta Tomasino[®] con 89.6%. respecto al contenido de PB las dieta con mayor valor fueron Naltech[®] (44.3%) y Alipez[®] (42.5%), seguido de las dietas Tomasino[®], Truchina[®] y Nicovita[®] (41.2, 40.4 y 39.9%, respectivamente), y con el valor más bajo la dieta Ewos[®] (38.7%). Respecto a la GB el valor más alto tiene la dieta Ewos[®] (27.2%), seguido de las dietas Alipez[®], Truchina[®] (14.9, 14.7%, respectivamente), Tomasino[®] y Nicovita[®] (10.9 y 10.0%, respectivamente), y con el valor más bajo la dieta Naltech[®] (9.4%). Y por último

en relación a la EB el valor más alto lo obtuvo la dieta Ewos® (6181.2 cal g⁻¹), seguido de las dietas Truchina®, Alipez® y Naltech® (5405.6, 5382.7 y 5264.1 cal g⁻¹) y con valores bajos las dietas Nicovita® y Tomasino® (5196.2 y 5126.5 cal g⁻¹).

Para trucha arco iris se considera como óptimo un 40% cuando se utiliza harina de pescado blanca (importante harina de pescado de mar). 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 (Noel, 2003). La mayoría de dietas en estudio cumplen con el nivel óptimo, a excepción de la dieta Ewos® que tiene un contenido relativamente bajo de PB en el alimento (38.7%), a comparación de la demás dietas.

En general se acepta que con un 10 a 20% de lípidos, expresado en peso seco de dieta, se asegura un uso eficiente de la proteína para crecimiento, sin generar al mismo tiempo un exceso de deposición de grasa en los tejidos del pez (Sanz, 2009). Igualmente Noel (2003), menciona que el nivel óptimo de grasa en la dieta para truchas es de 15 a 20%. Cumpliéndose en la mayoría de las dietas en estudio, a excepción de la dieta Ewos® que tiene un nivel alto de GB (27.2%), alta en energía.

Un porcentaje alto de las proteínas ingeridas es rápidamente catabolizada por el pez especialmente cuando hay un desequilibrio en el porcentaje de nutrientes no proteicos presentes en la dieta (Sanz, 2009; Halver y Hardy, 2002). Ante el derroche que supone, tanto desde el punto de vista nutricional como económico, la utilización de la proteína dietética con fines energéticos, parece más indicado usar los lípidos o carbohidratos con este fin, en lugar de las proteínas, lo que se

conoce como efecto ahorrador de proteína. Con esto se consigue disminuir las proporciones de proteína en las dietas a los niveles necesarios únicamente para el crecimiento reduciendo así los costes del alimento (Sanz, 2009). Ante esto la dietas Ewos[®] y Truchina[®] haría uso de esta afirmación ahorrando proteína aumentando un mayor porcentaje de GB (27.2 y 14.7% respectivamente) y la reducción de PB (38.7 y 40.4% respectivamente). Así mismo dietas con más de 30% de materia grasa dan excelentes resultados en truchas lo que implica una buena utilización digestiva (Guillaume *et al.*, 2004).

4.2. Digestibilidad del Contenido de las Dietas

En la tabla 16 se aprecia los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de MS, MO, PB y GB de las 6 dietas en estudio (Alipez[®], Naltech[®], Nicovita[®], Ewos[®], Tomasino[®] y Truchina[®]). En donde se aprecia que existe diferencia significativa ($P < 0.001$) entre las diferentes dietas comerciales. En el gráfico 2 se muestra los CDA de MS, MO, PB y GB, de las dietas comerciales para truchas arcoíris en la etapa de engorde, donde claramente se observa que la dieta Ewos[®] es superior respecto a las demás dietas comerciales.

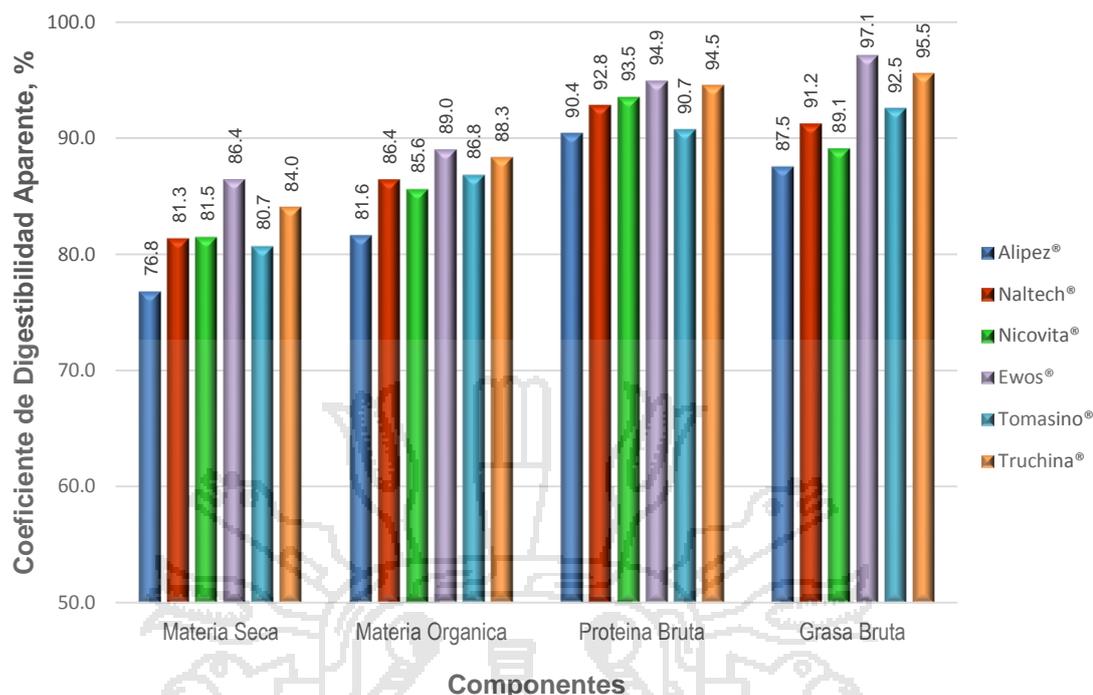


Gráfico 2. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de Materia Seca, Materia Orgánica, Proteína Bruta y Grasa Bruta; de las dietas comerciales para truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde.

Tabla 16. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de MS, MO, PB y GB; de las dietas comerciales para truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde.

Dieta	Coeficiente de Digestibilidad Aparente, %			
	MS	MO	PB	GB
Alipez®	76.8 ^d	81.6 ^d	90.4 ^d	87.5 ^e
Naltech®	81.3 ^c	86.4 ^{bc}	92.8 ^c	91.2 ^{dc}
Nicovita®	81.5 ^c	85.6 ^c	93.5 ^{bc}	89.1 ^{de}
Ewos®	86.4 ^a	89.0 ^a	94.9 ^a	97.1 ^a
Tomasino®	80.7 ^c	86.8 ^{bac}	90.7 ^d	92.5 ^{bc}
Truchina®	84.0 ^b	88.3 ^{ba}	94.5 ^{ba}	95.5 ^{ba}
EEM (n=3)	0.409	0.479	0.255	0.713
Probabilidad	0.001	0.001	0.001	0.001

EEM: error estándar de la media, n=3: número de observaciones por media. Medias con letras distintas dentro de la misma columna, representan diferencias significativas a la prueba de Tukey (P<0.05).

La dieta con mejor CDA de MS, fue Ewos® (86.4%), seguido de Truchina® (84.0%), y con valores similares las dietas Nicovita®, Naltech® y Tomasino® (81.5, 81.3 y 80.7%), y la dieta con menor valor fue Alipez® (76.8%). El CDA de

MO, tuvo valores más altos en las dietas Ewos[®] y Truchina[®] (89.0 y 88.3%), seguido de las dietas Tomasino[®], Naltech[®] y Nicovita[®] (86.8, 86.4 y 85.6% respectivamente), y con el valor más bajo la dieta Alipez[®] (81.6%). El CDA de la PB, tuvo valores más altos en las dietas Ewos[®] y Truchina[®] (94.9 y 94.5% respectivamente), seguido de las dietas Nicovita[®] y Naltech[®] (93.5 y 92.8% respectivamente), y con los valores más bajos las dietas Tomasino[®] y Alipez[®] (90.7 y 90.4% respectivamente). El CDA de GB tuvo valores más altos en las dietas Ewos[®] y Truchina[®] (97.1 y 95.5%), seguido de las dietas Tomasino[®] y Naltech[®] (92.5 y 91.2% respectivamente), y con los valores más bajos las dietas Nicovita[®] (89.1%) y Alipez[®] (87.5%).

La dieta Ewos[®] y Truchina[®], en relación al CDA de MS y MO fueron mayores comparado con las demás dietas en estudio, esto se debería a la utilización de insumos de alta calidad y buena digestibilidad. Calderón (2010), reporta un CDA de MS (84.2, 82.4, 73.7%) con diferentes niveles de PB (39.0, 43.0 y 48.0%) y lípidos (24.0, 23.0, 22.0%) en dietas isoenergéticas; donde indica que a mayor inclusión de proteína en la dieta, no proporciona una mejora de los CDA de MS. Nuñez (2014), en un estudio de digestibilidad en truchas juveniles, reporto el CDA de MS y MO de alimento comercial Ewos[®] (79.66 y 83.22% respectivamente). Hualde *et al.* (s.f.) reporta CDA de MS en un alimentos Starter (Chile) de 79.4%±0.6 (relativamente bajos a los datos que se obtuvo en este estudio con la dieta Ewos[®] 86.4%) y CDA de MS de alimentos de fabricación Argentina (Buenos Aires) entre 51 y 64%, valores mucho menores en relación a nuestros resultados que están entre 77 a 84%. Esto básicamente porque la digestibilidad aumenta con la talla del pez (Guillaume *et al.*, 2004).

En general los peces digieren las proteínas con un CDA que sobrepasan el 90%, aumentándose esta ligeramente con la talla del pez (Guillaume *et al.*, 2004). Al respecto Nuñez (2014), reporto CDA de PB en la dieta Ewos[®] (91.9%), en truchas juveniles; Hualde *et al.* (s.f.) en un alimento starter (chile) reporto 91.3%±0.4 en truchas entre 5 y 1000g (relativamente bajo al valor encontrado en nuestro estudio Ewos[®] de 94.9%); y de 78 a 88% de alimentos de fabricación nacional (buenos aires), bastante bajos en relación a los alimentos de comercialización en la región Puno de nuestro estudio que fue de 90 a 94%. Por otro lado los resultados obtenidos en el estudio, toda las dietas tienen un CDA mayor 90%, en truchas de la epata de engorde; por lo que deduciendo lo indicado por Guillaume *et al.* (2004), y los valores de Nuñez (2014) y Hualde *et al.* (s.f.), en la etapa juvenil los valores disminuirían.

Calderón (2010) reporto un CDA de PB (94.9%) para Salmon del Atlántico (*S. salar*) con una longitud media de 20±1, igual al valor del estudio referente a la dieta Ewos[®], estos con valores similares en el contenido de PB y GB en la dieta; además un CDA de PB de 94.5%, igual a la dieta Truchina[®] y más elevado respecto a Nicovita[®] y Naltech[®]; por ultimo un CDA de PB de 90.5%, similares a los valores de las dietas Tomasino[®] y Alipez[®].

Por lo tanto se observa que al aumentar el contenido de GB en la dieta, permite reducir el contenido de PB (Guillaume *et al.*, 2004; Sanz, 2009, Nuñez, 2014) con niveles de CDA de PB mayores a 90%. Mención que se corrobora con nuestro estudio realizado en las dietas Ewos[®], Truchina[®] y Nicovita[®]; a excepción de la dieta Tomasino[®] debido a que este es un alimento peletizado, por lo cual se reduce la CDA de PB. Y por otro lado la dieta Alipez[®], que

básicamente se debería a la calidad de insumos, elaboración y procesamiento de este.

Así mismo se cumple el enunciado que indica que si los requerimientos se expresan en PB, son inversamente proporcionales a su digestibilidad (Guillaume *et al.*, 2004). Calderón (2010) en dietas con alto contenido de GB (23%), con diferentes niveles de PB en la dieta, el CDA de esta disminuye cuando mayor es el nivel de este (PB: 39.0%, CDA: 94.9%; PB: 43.0%, CDA: 94.5% y PB: 48.0%, CDA: 90.5%).

En general los peces utilizan bien los lípidos de bajo punto de fusión (CDA > 95%). En salmónidos cuando la temperatura sube de 5 a 15°C, el CDA de los aceites con un punto de fusión inferior a 0°C, permanece prácticamente invariable de 90 a 93% (Guillaume *et al.*, 2004). El buen CDA de GB por parte de la dieta Ewos® (97.1%) de nuestro estudio, comparado a los datos de Nuñez (2014), en caso del alimento Ewos® (92.4%), y Hualde *et al.* (s.f.) 96.5%±1.3 en alimentos Starter (Chile) es mucho mayor. Alimentos de fabricación Argentina (Buenos Aires), reportaron entre 73 y 94% de CDA de GB (Hualde *et al.*, s.f.), siendo valores los similares respecto a nuestro estudio (88 a 96%)

Por otro lado las dietas con alto nivel de GB son directamente proporcionales con su CDA observando los valores de Nuñez (2014) (GB: 12.0%, CDA: 91.8%; GB 18.0%, CDA: 93.4%). Arzel *et al.* (1994) señala que las dietas con alto contenido de lípidos mayor a 25% incrementa la mayor retención de lípidos. Así mismo (Guillaume *et al.*, 2004) manifiesta que en el incremento de los niveles de lípidos en las dietas de 15 a 25 % resulta con la mayor la retención de lípidos independientemente del nivel de proteína.

Calderón (2010) encontró CDA de lípidos (96.8, 96.2, 92.3%) en dietas con $23\pm 1\%$ de lípidos y diferentes niveles de proteína (39, 43 y 48%, respectivamente). Lund *et al.*, (2011) en dietas con similitud en la inclusión de aceite 22.35% pero con diferentes proporciones de HP reemplazados por otra fuentes proteicas el que tuvo mayor CDA de lípidos en las dietas que poseía una menor cantidad de proteína de la dieta. Todo esto se cumple también en nuestro estudio en las dietas Ewos[®], Truchina[®] y Tomasino[®].

En relación de las dietas Nicovita[®], Tomasino[®] y Naltech[®] en estas no existe diferencia significativa a la prueba de Tukey ($P < 0.05$), rescatando a la dieta Tomasino[®], siendo este un alimento peletizado se encuentra dentro de un buen promedio en cuando a la CDA del alimento en MS, comparado a las dietas extruidas. Por último la dieta Alipez[®] tiene el CDA más bajos de MS, MO, PB y GB, pudiendo atribuir esto muchas causas, desde la baja calidad de insumos utilizados y proceso de fabricación.

4.3. Digestibilidad de la Energía Bruta y Energía Digestible de las Dietas

En la tabla 17 se aprecia los CDA de la Energía Bruta (EB) y Energía Digestible (ED) de las 6 dietas en estudio (Alipez[®], Naltech[®], Nicovita[®], Ewos[®], Tomasino[®] y Truchina[®]). En donde se observa que existe diferencias significativas ($P < 0.001$) entre las dietas. En el gráfico 3 se observa, el CDA de la GB y EB de las dietas comerciales. En donde claramente existe una relación directa entre el CDA de GB y la EB en todas las dietas. Así como también que la calidad de insumos energéticos (lípidos) influye en el CDA de la GB y esta a su vez al CDA de la EB,

como es en el caso de la dieta Alipez[®]. En el gráfico 4 se observa el comportamiento y diferencias que existen entre la EB en la dieta (tabla 21), EB en las heces y ED de las dietas en estudio.

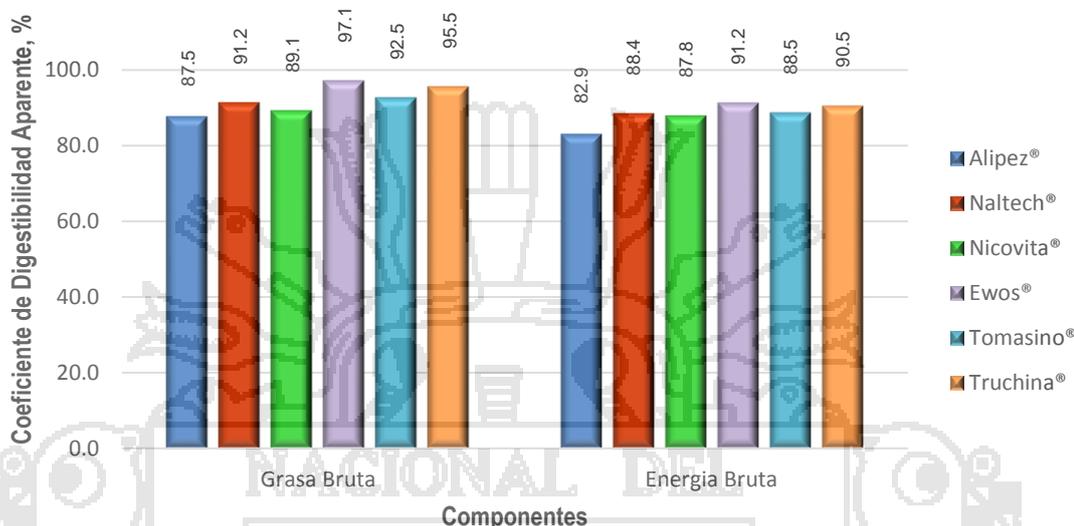


Gráfico 3. Coeficientes de digestibilidad aparente de Grasa Bruta y Energía Bruta de las dietas comerciales para truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde.

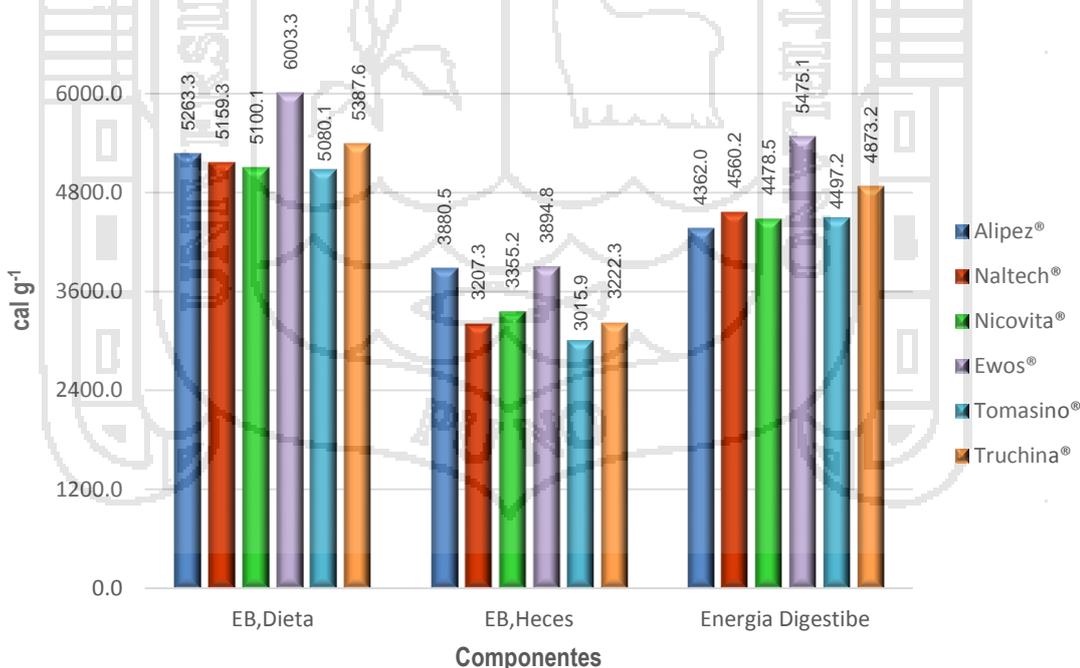


Gráfico 4. Energía Bruta y la energía digestible de las dietas comerciales para truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde.

Tabla 17. Coeficiente de Digestibilidad Aparente de EB y ED de las dietas comerciales.

Dieta	Coeficiente de Digestibilidad Aparente, %	Energía Digestible, Cal g ⁻¹
	EB	
Alipez [®]	82.9 ^d	4362.0 ^d
Naltech [®]	88.4 ^{bc}	4560.2 ^c
Nicovita [®]	87.8 ^c	4478.5 ^c
Ewos [®]	91.2 ^a	5475.1 ^a
Tomasino [®]	88.5 ^{bc}	4497.2 ^c
Truchina [®]	90.5 ^{ba}	4873.2 ^b
EEM (n=3)	0.449	23.163
Probabilidad	0.001	0.001

EEM: error estándar de la media, n=2: número de observaciones por media.

Medias con letras distintas dentro de la misma columna, difieren a la prueba de Tukey (P<0.05).

El CDA de la EB, con los valores más altos fue en las dietas Ewos[®] y Truchina[®] (91.2 y 90.5% respectivamente), seguido de las dietas Tomasino[®], Naltech[®] y Nicovita[®] (88.5, 88.4 y 87.8% respectivamente) y con el valor más bajo la dieta Alipez[®] (82.9%). Respecto a la ED de las dietas en estudio, la dieta Ewos[®] (5475.1 cal g⁻¹) fue la que obtuvo el valor más alto respecto a las demás dietas, seguido de Truchina[®] (4873.2 cal g⁻¹), Naltech[®], Tomasino[®] y Nicovita[®] (4560.2, 4497.2 y 4478.5 cal g⁻¹) y con el valor más bajo la dieta Alipez[®] (4362.0 cal g⁻¹).

El mayor CDA de EB de la dieta Ewos[®] y Truchina[®] (91.2 y 90.5% respectivamente) están relacionados directamente con el nivel de lípidos de la dieta. Los lípidos le dan un plus de energía a las dietas (Guillaume *et al.*, 2004). En el trabajo realizado por Gumus y Ikiz (2009), en un ensayo de digestibilidad donde incluyó aceite y almidón en diferentes proporciones tuvo mejor CDA de EB aquella con mayor inclusión de aceite en la dieta (18%) con 64.82%.

En otro trabajo hecho por Tibbetts *et al.*, (2005) con seis dietas con diferente relación de proteína/lípido tuvo mejor CDA de EB la dieta con la relación (550g/Kg de proteína/160g/Kg de lípidos) que alcanzó una CDA de 85.7% vs

77.0% que alcanzo la dieta con (450 g/Kg de PB /110 g/Kg de lípidos). Similar a los reportes de Calderón (2010) obtuvo 92.9, 91.2 y 87.2%, respectivamente, de CDA de EB en dietas de diferentes niveles de lípidos (24, 23 y 22%, respectivamente) con dietas isoenergeticas (24.7Mj/Kg). Estos valores se asemejan los resultados de nuestro estudio (tabla 17), donde podemos manifestar que existe una relación directa entre el contenido de GB en la dieta y el CDA de la EB, a excepción de la dieta Alipez®.

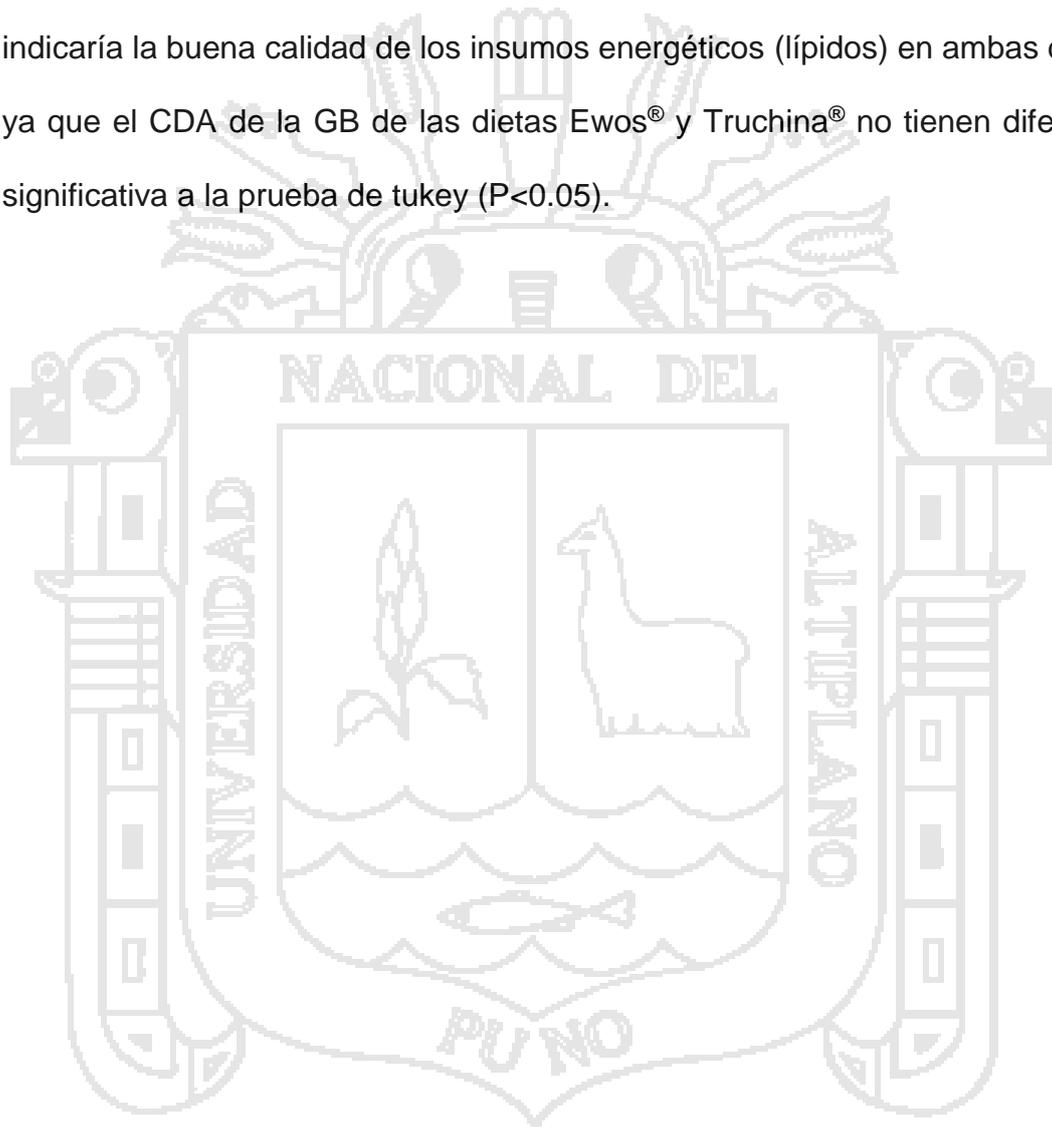
Núñez (2014) reportó CDA de EB del alimento Ewos® (85.45%) en truchas juveniles; Hualde *et al.* (s.f.) reportó valores de 89.5% en alimentos Starter (Chile). Reportes bajos con relación a Núñez (2014) y similares a los de Hualde *et al.* (s.f.) comparados a resultados de nuestro estudio de la dieta Ewos® (91.2%). Así mismo Hualde *et al.* (s.f.) reportó CDA de EB de alimentos de fabricación Argentina (Buenos Aires) entre 68 y 81%, datos relativamente bajos respecto a los valores encontrados en nuestro estudio, entre 83 y 91% en alimentos de comercialización en el departamento de Puno y elaborados en el Perú.

Respecto a la ED está relacionado directamente con el CDA de EB, es así que Núñez (2014), reporta la ED en la dieta Ewos® (4744.54 cal g⁻¹) dato relativamente bajo comparado a 5475.1 cal g⁻¹ de la dieta Ewos® en truchas de engorde (tabla 17).

En el grafico 4 se observa que la dieta Alipez®, en cuanto a la EB está por encima de las dietas Tomasino®, Nicovita® y Naltech® en la dieta, que está relacionado con el nivel de GB en la dieta (tabla 15); pero se observa que la ED de la dieta Alipez®, está por debajo de las dietas Tomasino®, Nicovita® y Naltech®, que

claramente está relacionado con el CDA de GB (tabla 16). Esto se debería claramente a la mala calidad de los insumos energéticos como son los lípidos en la dieta.

Por otro lado las dieta Ewos® es superior a la dieta Truchina® en lo referente a la ED, debido al nivel de GB en la dieta que es muy superior (tabla 15). Lo que indicaría la buena calidad de los insumos energéticos (lípidos) en ambas dietas, ya que el CDA de la GB de las dietas Ewos® y Truchina® no tienen diferencia significativa a la prueba de tukey ($P < 0.05$).



V. CONCLUSIONES

- 5.1.** El Coeficiente de Digestibilidad Aparente de la Materia Seca del alimento fue superior en la dieta Ewos® (86.4%), lo que indicaría la alta calidad de los insumos utilizados en su elaboración; seguido de Truchina®, Nicovita®, Naltech®, Tomasino® y por ultimo Alipez® (84.0, 81.5, 81.3, 80.7 y 76.8%, respectivamente).
- 5.2.** El Coeficiente de Digestibilidad Aparente de la Materia Orgánica, con mayor valor fue en la dieta Ewos® (89.0%), y con el valor más bajo fue la dieta Alipez® (81.6%). En truchas de la etapa de engorde.
- 5.3.** El Coeficiente de Digestibilidad Aparente de Proteína Bruta, con mayor valor fue en la dieta Ewos® (94.9%), y con el valor más bajo fue la dieta Alipez® (90.4%), en truchas de la etapa de engorde.
- 5.4.** El Coeficiente de Digestibilidad Aparente de Grasa Bruta, con mayor valor fue en la dieta Ewos® (97.1%), y con el valor más bajo fue la dieta Alipez® (87.5%). En truchas de la etapa de engorde.
- 5.5.** El Coeficiente de Digestibilidad Aparente de la Energía Bruta con mayor valor fue en la dieta Ewos® (91.2%), y con el valor más bajo la dieta Alipez® (82.9%). En truchas de la etapa de engorde.
- 5.6.** La dieta con mayor Energía Digestible fue, Ewos® (5475.1 cal g⁻¹), y la dieta con menor Energía Digestible fue, Alipez® (4362.0 cal g⁻¹). En truchas de la etapa de engorde

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1.** Realizar trabajos de digestibilidad de alimentos para truchas, con nuevas alternativas de insumos locales, tomando como base de comparación la dieta comercial Ewos®.
- 6.2.** Fomentar la realización del control de calidad de los alimentos para truchas, por parte de la universidad como apoyo al desarrollo sostenible de esta crianza, ante el creciente fomento de construcción de plantas de procesamiento de alimentos, impulsado por los gobiernos locales, sin tomar en consideración la digestibilidad de los insumos utilizados en la elaboración de los alimentos.
- 6.3.** Realizar trabajos de digestibilidad de alimentos elaborados en las distintas asociaciones de criadores de truchas en el departamento de Puno, para ver el grado de eutrofización que pueda estar causando al ecosistema acuático.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

Alicorp. 2013. Línea Nicovita. Alimento para Truchas. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de:

http://www.alicorp.com.pe/ohs_images/nicovita/popup/pop_truchas.html

Alimentos Procesados S.A. 2005, TOMASINO, perfil de la empresa. Recuperado

el 05 de diciembre del 2014, de:

[http://www.tomasino.com.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=14,](http://www.tomasino.com.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=14)

Alimentos Procesados S.A. 2005, TOMASINO, alimentos de la línea truchas.

Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de:

http://www.tomasino.com.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=8

Alipez. 2010, Alipez S.A.C., Alimento para truchas. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de: www.universidadperu.com/empresas/alipez.php

AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist. 19th Edition. AOAC: Washington, DC.

Arzel, J., F. Martinez, R. Metailler, G. Stephan, M. Viau, G. Gandemer, J. Guillaume. 1994. Effect of dietary lipid on growth performance and body composition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in sea water. *Aquaculture* 123: 361-375.

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.

Blanco, C. 1995. La Trucha, Cría Industrial. Segunda edición Editorial. Mundi – prensa., Madrid – España.

- Bureau, P. 1999. Introducción a la nutrición y alimentación de peces, Fish Nutrition Research Laboratory. Dept. of Animal and Poultry Science. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. 37pp
- Calderón, R. 2010. Evaluación de la digestibilidad y desempeño en el salmon del atlántico *Salmo salar* (linnaeus, 1758), utilizando dietas con diferentes niveles de proteína. Universidad Austral de Chile. Escuela de acuicultura y pesquerías. Puerto Montt – Chile.
- Cañas, R. 1995. Alimentación y nutrición animal. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago – Chile.
- Cargill¹. 2013. Acerca de Purina y su línea Truchina como marca registrada. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de:
<http://www.nutrimentspurina.com.pe/Screens/truchina.aspx>
- Cargill². 2013. Boletín informativo de truchina. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de:
<http://www.nutrimentspurina.com.pe/Documents/Truchina.pdf>
- Chimbor, C. 2011. Nutrición y alimentación de la trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, Aquahoy portal informassem em Aqüicultura.
- 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. 1990. Nutritional energetics in fish: Energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *World Rev. Nutr. Diet.* 61: 132-172.

- 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.
- Ewos¹. 2012. Acerca de Ewos Chile y su historia. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de: <http://www.ewos.com/wps/wcm/connect/ewos-content-chile/ewos-chile/about-us/history/>
- Ewos². 2012. Acerca de Ewos Chile, calidad EIMS. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de: <http://www.ewos.com/wps/wcm/connect/ewos-content-chile/ewos-chile/about-us/quality/>
- Ewos³. 2012. Acerca de Ewos Chile, Producto para Truchas. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de: <http://www.ewos.com/wps/wcm/connect/ewos-content-chile/ewos-chile/products/ewos-1328/>
- Fernández, J. y Blasco J. 1995. Fisiología de la Nutrición. Universidad de Barcelona, Ediciones Mundi-Prensa. España.
- 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
- Forster, I., 1999. A note on the method of calculating digestibility co-efficients of nutrient provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition* 5:143-145.
- Folleto Celite, 2015. Recuperado el 18 de enero del 2015, de: <http://www.quimicuy.com.ar/folletocelite.pdf>

- García de Jalón, D., M. Mayo, R. Hervella, C. Barceló y C. Fernández. 1993. Principios y Técnicas de Gestión en la Pesca de aguas Continentales. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- García, G. M. y A. Sanz. 1987. Absorción Intestinal. Nutrición en Acuicultura I. CAYCYT. España.
- González, J. 2006. EWOS "Innovation" Tercera Conferencia Internacional AquaSur 2006. Chile.
- Goyzueta, G. 2012. Problemática ambiental del Lago Titicaca. Municipalidad Provincial de Puno. Muni libros 6. Puno – Peru.
- Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot y R. Metailler. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Gümüş, E. & R. Ikiz 2009. Effect of dietary levels of lipid and carbohydrate on growth performance, chemical contents and digestibility in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792. Pakistan Vet J 29(2): 59-63.
- Halver, J. E. and R. W. Hardy. 2002. Fish Nutrition. Third Edition. Academic Press an Elsevier Science Imprint. Estados Unidos.
- 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. 1999. Determination of Digestibility of Comercial Salmon Feeds. Aquaculture 179: 81-94.

- Hualde, J. P., Molinari, L., Biorkman, J. y Biorkman, E. s.f. Digestibilidad de nutrientes en alimentos comerciales para truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Centro de Ecología aplicada de Neuquén. Recuperado el 30 de noviembre del 2014, de <http://www.aapa.org.ar/congresos/2002/OdPdf/od11.pdf>
- Lund, I., Dalsgaard, J., Rasmussen, H.T., Holm, J. and Jokumsen, A. 2011. Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*, 321, pp. 259 -266. doi.org/10.1016.
- Naltech¹. 2014. Nutritional Technologies S.A.C., Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de: <http://www.naltech.com.pe/es/contenido/sobre-naltech>
- Naltech². 2014. Nutritional Technologies S.A.C., productos Aquatech® Fresh Water Line. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de: <http://www.naltech.com.pe/documentos/productos/producto-9.pdf>
- National Research Council. 1981. Nutritional Energetic of Domestic Animals & Glossary of Energy Terms. National Academy Press. Washington, D.C.
- National Research Council. 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press. Washington, D.C.
- Noel, W. 2003. Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. Universidad Nacional Jorge basadre Grohman. Facultad de Ingeniería Pesquera. Tacna-Perú. 55pp. 23p.
- Nose, T. 1967. Recent advances in the study of fish digestion. Pp. 83-94 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.

Nuñez, E. 2014. Digestibilidad de dietas con diferentes niveles de energía en truchas arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Puno- Perú.

PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2004. Piscicultura de la trucha, Lima – Perú.

Ramirez, J. *sf*. Diatomitas en el Perú, características y aplicaciones. Dirección de recursos minerales y energéticos. Instituto geológico minero y metalúrgico. Ministerio de energía y minas. Perú. Recuperado el 16 de enero del 2015, de:

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/PRESENTACIONES/2011/NO%20METALICA/2.-%20Jos%C3%A9%20Ram%C3%ADrez%20Diatomitas-Per%C3%BA%20%28Peru%20ambiental%29.pdf>

REMYPE. 2011. Registro nacional de pequeñas y microempresas. Recuperado el 05 de diciembre del 2014, de:
http://www.mintra.gob.pe/archivos/file/dnpefp/REMYPE/2011/acreditadas_segundo_trimestre_2011.pdf

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

- Sanz, F. 2009. La nutrición y alimentación en piscicultura (vol 1). Publicaciones científicas y tecnológicas de la fundación observatorio español de acuicultura. Madrid. Cima press
- Sarmiento, D. 2011. Eficiencia productiva de trucha arcoiris, bajo un sistema de recirculación de aguas con diferentes densidades de carga animal en la zona de pailones, iasa, ecuador. Escuela politécnica del ejército, departamento de ciencias de la vida, carrera de ingeniería en ciencias agropecuarias sangolquí. Sangolquí - Ecuador
- 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.
- Shrable, J. B., O. W. Tiemeier and C. W. Deyoe. 1969. Effects of temperature on rate of digestion by channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 31: 131-138.
- Silveira, N. 1993. El estado actual de la alimentación y nutrición de la acuicultura de Brasil. Universidad Federal De Santa Catarina-Brasil.
- 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.
- Tibbetts, S.M., Lall, S.P., Milley, J.E., 2005. Effects of dietary protein and lipid levels and DP DE) ratio on growth, feed utilization and hepatosomatic

index of juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. *Aquaculture Nutrition* 11, 67–75

Vanderberg, G.W. and J. De la Noüe. 2001. Apparent Digestibility comparizon in Rainbow trout (*Onchorynchusmykiss*) Assessed Using Three Methods of Feaces Collection and three Digestibility Markers. *Aquaculture Nutrition*, 7: 237-245.

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.

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.

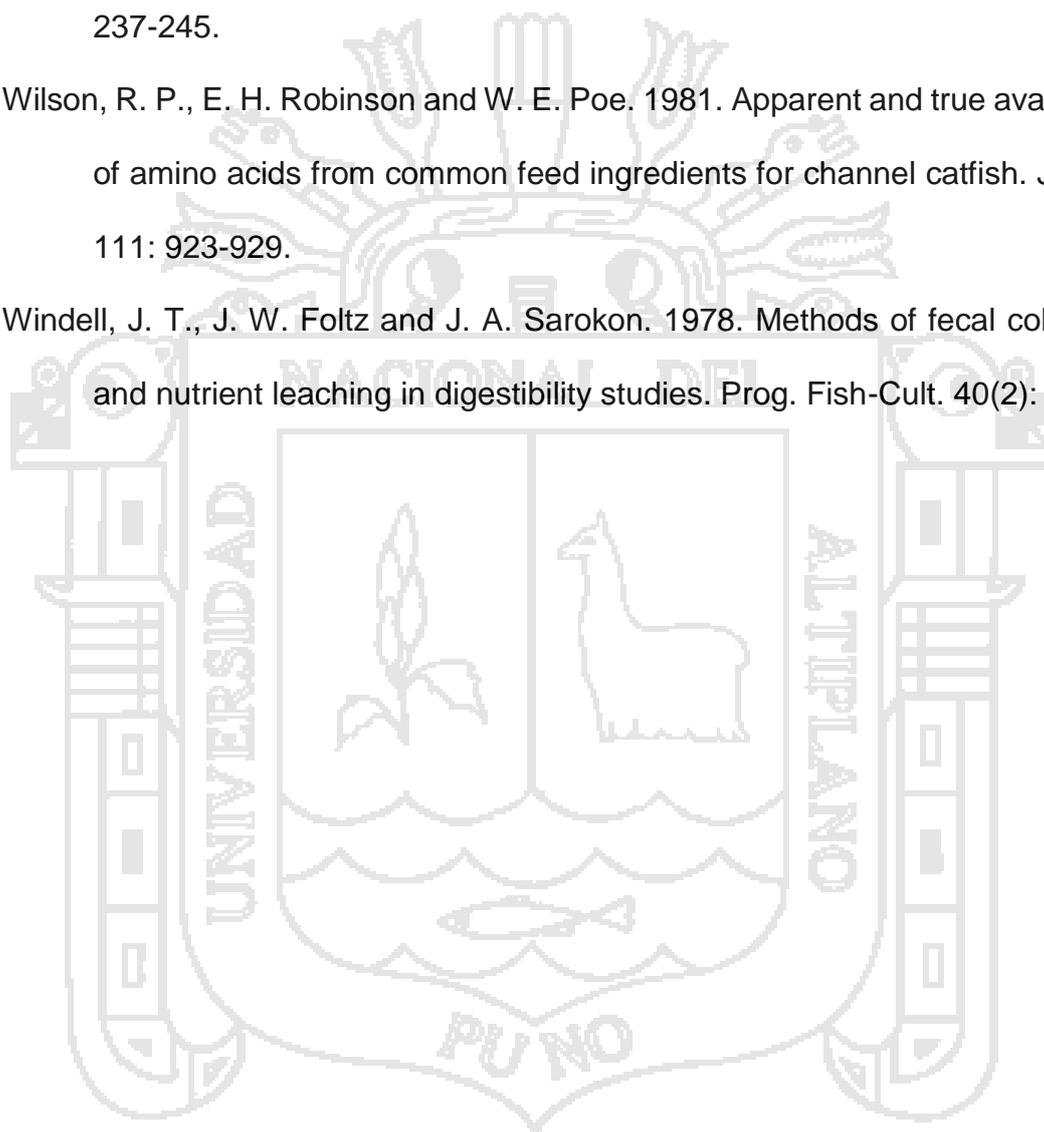








FOTO 1. Distribución de los tanques de digestibilidad del laboratorio de truchas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA-Puno



FOTO 2. Columna de sedimentación con incorporación de frascos colectores



FOTO 3. Frasco colector de heces



FOTO 4. Distribución de las heces de los frascos colectores a las bandejas de aluminio y rotulado, para posteriormente determinar la materia seca de las heces.



FOTO 5. Distribución de las heces en materia seca a bolsas con cierre hermético.

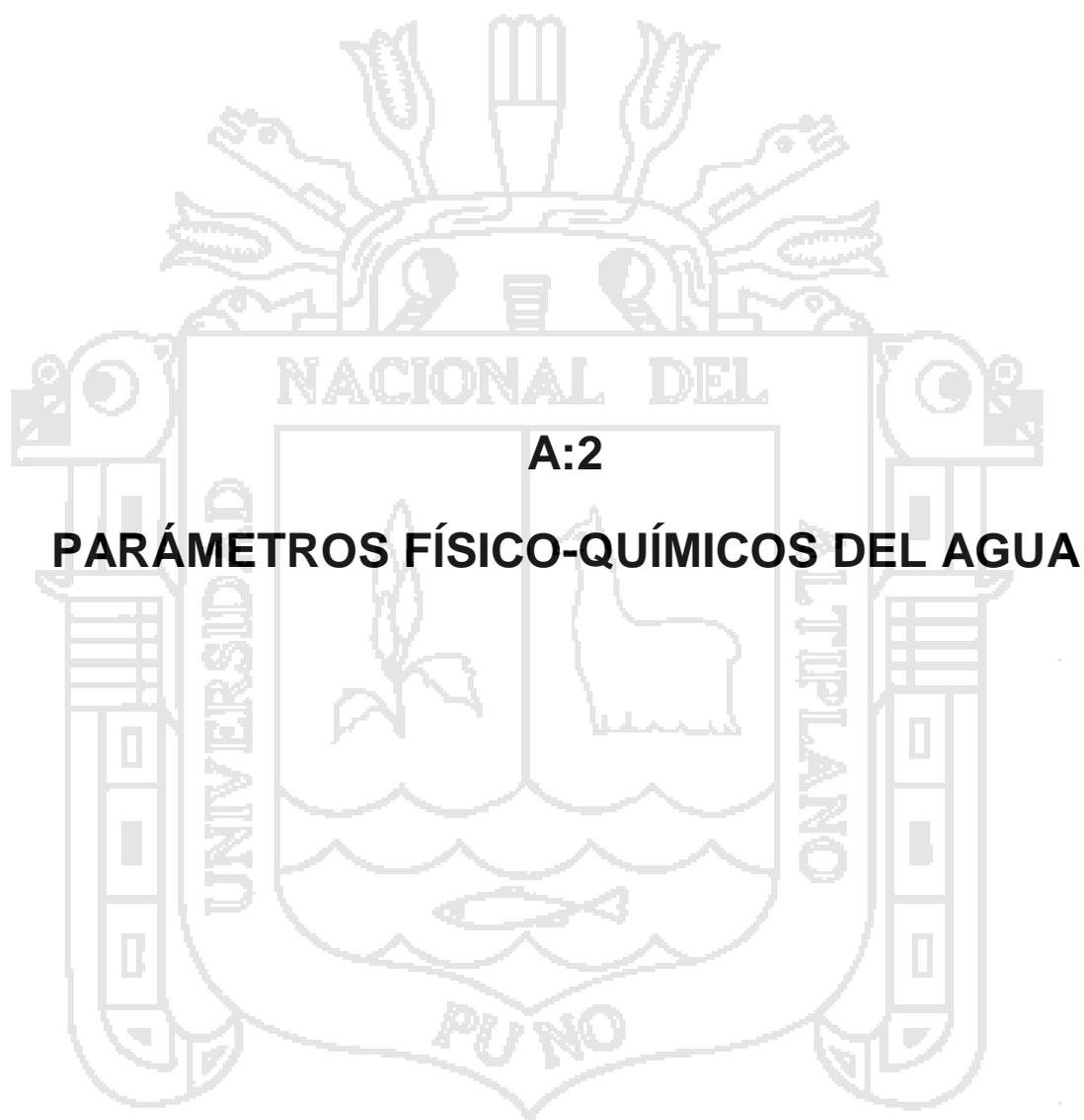


Tabla 18. Datos de parámetros como Temperatura y Oxígeno Disuelto, en el estudio.

TANQUE	PARÁMETROS	
	Temperatura, C°	Oxígeno Disuelto, ppm
1	16.7	6.6
2	16.8	6.5
3	16.7	6.6
4	16.8	6.6
5	16.8	6.4
6	16.7	6.9
7	16.8	6.7
8	16.8	6.5
9	16.8	6.7
TR	16.8	5.7
TDFP	16.8	7.1
TFQ	16.8	6.3
TFB	16.8	6.3
TD	16.7	7.7
Promedio	16.8	6.6
DS	0.05	0.43

TR: tanque de recepción, TDFP: tanque de distribución para el filtro físico, TFQ: tanque de filtro químico (carbón activado), TFB: tanque de filtro biológico (nitrobacter), TD: tanque de distribución.



Tabla 19. Análisis de la composición químico-proximal y energía bruta, de los alimentos comerciales.

Tratamiento	Rep	MS, %	Cen, %	MO, %	PB, %	EE, %	EB, cal g ⁻¹
Alipez®	1	91.4	9.5	90.5	42.4	14.7	5353.0
	2	91.0	9.2	90.8	42.6	15.1	5412.3
Naltech®	1	90.7	7.7	92.3	43.7	9.5	5280.0
	2	91.2	7.7	92.3	44.8	9.3	5248.2
Nicovita®	1	93.0	9.1	90.9	39.7	10.4	5185.9
	2	92.9	8.9	91.1	40.0	9.5	5206.5
Ewos®	1	92.9	4.7	95.3	38.7	27.2	6121.1
	2	93.0	4.8	95.2	38.7	27.1	6241.3
Tomasino®	1	92.4	10.5	89.5	41.2	11.0	5117.8
	2	92.3	10.4	89.6	41.1	10.8	5135.1
Truchina®	1	94.2	7.7	92.3	40.4	14.4	5392.9
	2	95.1	8.0	92.0	40.3	15.0	5418.3

Tabla 20. Análisis de la composición químico-proximal, energía bruta y marcador indigestible, de las dietas comerciales.

Tratamiento	Rep	MS, %	Cen, %	MO, %	PB, %	EE, %	EB, Cal g ⁻¹	Marcador Indigestible, %
Alipez®	1	90.9	10.2	89.8	40.5	14.7	5227.4	3.6
	2	91.5	10.7	89.3	42.2	14.7	5299.1	3.6
Naltech®	1	90.4	8.5	91.5	42.8	8.2	5185.2	1.7
	2	90.1	8.5	91.5	43.8	8.5	5133.3	1.8
Nicovita®	1	91.4	9.9	90.1	40.5	9.4	5095.6	1.6
	2	91.6	9.9	90.1	41.1	9.0	5104.6	1.5
Ewos®	1	95.4	6.1	93.9	38.0	26.6	5999.7	1.2
	2	95.4	6.2	93.8	38.5	26.6	6006.9	1.2
Tomasino®	1	95.0	11.6	88.4	40.9	9.1	5072.1	3.0
	2	95.0	11.6	88.4	40.1	8.8	5088.1	3.0
Truchina®	1	90.9	9.1	90.9	38.1	13.1	5372.7	2.1
	2	91.8	9.0	91.0	38.0	13.2	5402.4	2.1

Tabla 21. Análisis estadístico de la composición químico-proximal, energía bruta y marcador indigestible de las dietas comerciales.

Dieta	Componentes, %					EB cal g ⁻¹	Marcador Indigestible, %
	MS	Cen	MO	PB	GB		
Alipez [®]	91.2 ^b	10.5 ^b	89.6 ^c	41.4 ^{ba}	14.7 ^b	5263.3 ^c	3.6 ^a
Naltech [®]	90.3 ^b	8.5 ^c	91.5 ^b	43.3 ^a	8.4 ^e	5159.3 ^{dc}	1.8 ^d
Nicovita [®]	91.5 ^b	9.9 ^b	90.1 ^c	40.8 ^{bac}	9.2 ^d	5100.1 ^d	1.6 ^e
Ewos [®]	95.4 ^a	6.2 ^d	93.9 ^a	38.3 ^{dc}	26.6 ^a	6003.3 ^a	1.2 ^f
Tomasino [®]	95.0 ^a	11.6 ^a	88.4 ^d	40.5 ^{bdc}	9.0 ^{ed}	5080.1 ^d	3.0 ^b
Truchina [®]	91.4 ^b	9.1 ^c	91.0 ^b	38.1 ^d	13.2 ^c	5387.6 ^b	2.1 ^c
EEM (n=2)	0.233	0.106	0.106	0.463	0.121	19.478	0.029
Probabilidad	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Tabla 22. Análisis de la composición químico-proximal, energía bruta y marcador indigestible en las heces colectadas.

Tratamiento	Rep	MS, %	Cen, %	MO, %	PB, %	EE, %	EB, Cal g ⁻¹	Marcador Indigestible, %
Alipez [®]	1	94.6	28.5	71.5	17.0	7.9	3895.6	15.0
	2	93.8	29.7	70.3	17.1	7.8	3879.5	15.6
	3	93.5	29.4	70.6	17.2	7.9	3866.5	15.8
Naltech [®]	1	93.3	33.6	66.4	17.2	4.5	3149.8	9.6
	2	93.2	33.1	66.9	17.2	4.1	3302.1	9.2
	3	92.8	33.9	66.1	15.7	3.2	3169.9	9.4
Nicovita [®]	1	92.8	29.0	71.0	14.5	4.9	3438.3	8.2
	2	93.9	30.3	69.7	14.2	6.4	3390.7	8.5
	3	92.1	30.6	69.4	14.2	5.1	3236.7	8.6
Ewos [®]	1	92.3	24.3	75.7	14.1	5.7	3871.2	9.3
	2	92.7	23.5	76.5	14.5	5.9	3834.0	8.7
	3	92.3	23.6	76.4	14.8	5.3	3979.2	8.9
Tomasino [®]	1	94.3	41.3	58.7	19.6	3.9	2936.7	15.9
	2	94.7	36.6	63.4	20.1	3.8	3206.5	14.2
	3	94.7	41.6	58.4	19.0	2.7	2904.5	16.2
Truchina [®]	1	93.6	31.9	68.1	13.4	4.5	3285.6	13.0
	2	93.1	32.4	67.6	13.1	3.8	3289.5	13.3
	3	93.2	35.8	64.2	12.7	2.8	3091.7	13.8

Tabla 23. Análisis estadístico de la composición químico-proximal, energía bruta y marcador indigestible en las heces colectadas.

Dieta	Componentes, %					EB cal g ⁻¹	Marcador Indigestible, %
	MS	Cen	MO	PB	GB		
Alipez [®]	94.0 ^{ba}	29.2 ^c	70.8 ^b	17.1 ^b	7.9 ^a	3880.5 ^a	15.5 ^a
Naltech [®]	93.1 ^{bc}	33.5 ^b	66.5 ^c	16.7 ^b	3.9 ^{cb}	3207.3 ^{cb}	9.4 ^c
Nicovita [®]	92.9 ^{bc}	30.0 ^{cb}	70.0 ^{cb}	14.3 ^{dc}	5.5 ^b	3355.2 ^b	8.4 ^c
Ewos [®]	92.4 ^c	23.8 ^d	76.2 ^a	14.5 ^c	5.6 ^b	3894.8 ^a	9.0 ^c
Tomasino [®]	94.6 ^a	39.8 ^a	60.2 ^d	19.6 ^a	3.5 ^c	3015.9 ^c	15.4 ^a
Truchina [®]	93.3 ^{bac}	33.4 ^b	66.6 ^c	13.1 ^d	3.7 ^c	3222.3 ^{cb}	13.4 ^b
EEM (n=3)	0.278	0.877	0.877	0.273	0.363	59.696	0.305
Probabilidad	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Tabla 24. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de nutrientes y energía digestible de las dietas comerciales.

Tratamiento	Rep	MS, %	Cen, %	MO, %	PB, %	EE, %	EB, %	ED, cal g ⁻¹
Alipez [®]	1	76.1	34.8	80.9	90.2	87.1	82.3	4331.6
	2	77.0	34.6	82.0	90.5	87.7	83.1	4371.3
	3	77.2	35.8	82.1	90.5	87.8	83.3	4383.1
Naltech [®]	1	81.7	27.5	86.7	92.7	90.1	88.8	4582.3
	2	81.0	26.1	86.1	92.5	90.7	87.8	4532.3
	3	81.3	25.3	86.5	93.2	92.7	88.5	4566.0
Nicovita [®]	1	81.0	44.1	85.0	93.3	90.0	87.2	4446.2
	2	81.6	43.5	85.7	93.6	87.2	87.7	4474.9
	3	81.9	43.9	86.1	93.7	90.1	88.5	4514.5
Ewos [®]	1	86.9	48.6	89.5	95.2	97.2	91.6	5498.0
	2	86.1	46.8	88.6	94.7	96.9	91.1	5469.2
	3	86.3	47.5	88.8	94.7	97.3	90.9	5458.0
Tomasino [®]	1	81.3	33.6	87.6	91.0	91.8	89.2	4531.9
	2	79.1	34.3	85.0	89.7	91.3	86.8	4410.9
	3	81.7	34.5	87.9	91.4	94.5	89.5	4548.9
Truchina [®]	1	83.6	42.3	87.7	94.2	94.3	90.0	4848.7
	2	84.0	43.0	88.1	94.5	95.4	90.2	4861.6
	3	84.5	39.0	89.1	94.8	96.7	91.1	4909.2