

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**“NIVEL DE ENERGÍA Y PROTEÍNA EN LA DIETA SOBRE LA FORMACIÓN  
DE RESIDUOS EN CULTIVOS DE TRUCHAS ARCO IRIS”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. PAOLO ABIMAEEL MACEDO SUCARI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2015**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TESIS

“NIVEL DE ENERGÍA Y PROTEÍNA EN LA DIETA SOBRE LA  
FORMACIÓN DE RESIDUOS EN CULTIVOS DE TRUCHAS ARCO IRIS”


Tesis para optar el título profesional de:

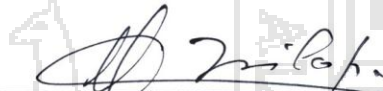
Médico veterinario y Zootecnista

Presentado por:


**PAOLO ABIMAEI MACEDO SUCARI**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO CONFORMADO POR:

Presidente de Jurado :   
Ph. D. Bernardo Roque Huanca

Primer miembro :   
MVZ. Marino Francisco Avila Felipe

Segundo miembro :   
Mg. Sc. Bilo Wenceslao Calsin Calsin

Director de Tesis :   
Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar

Asesor : \_\_\_\_\_  
MVZ. Francisco Halley Rodríguez Huanca

ÁREA : Nutrición animal

TEMA : Alimentos, forrajes convencionales

## DEDICATORIA

*A mis amados padres Amilcar y Maria, y mis queridos hermanos Rassel y Incel Lenin; por todo su esfuerzo y sacrificio para brindarme todo el amor, la comprensión, el apoyo incondicional y su confianza en mí.*



*A mi Director Dr. Marcelino J.  
Franibar, por cultivar mi mente en la  
investigación.*

## AGRADECIMIENTOS

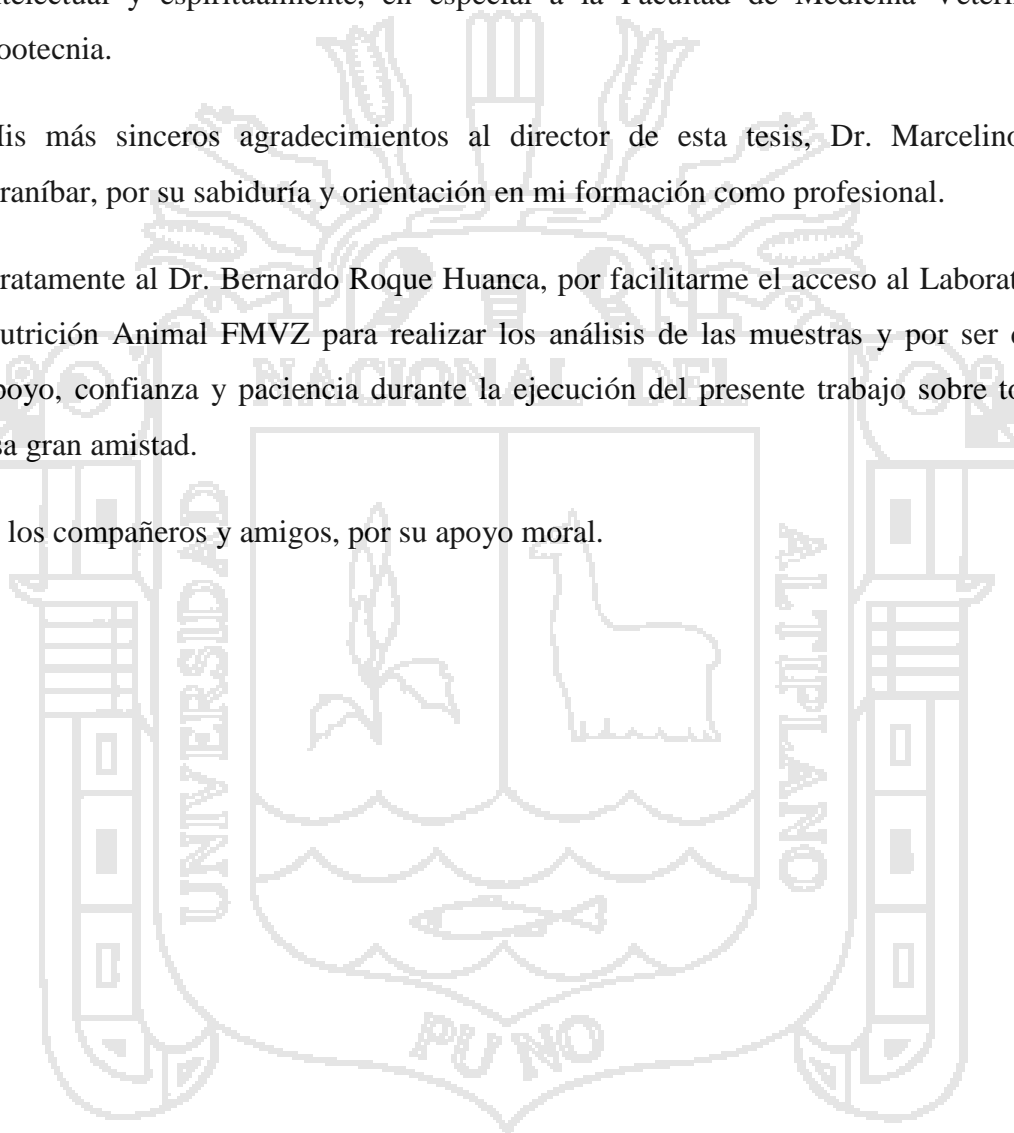
A Dios que siempre está a mi lado, dándome fuerzas en los momentos difíciles por protegerme, darme las alegrías y bendiciones; guiando mis pasos y la de mi familia.

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

Mis más sinceros agradecimientos al director de esta tesis, Dr. Marcelino Jorge Aranibar, por su sabiduría y orientación en mi formación como profesional.

Gratamente al Dr. Bernardo Roque Huanca, por facilitarme el acceso al Laboratorio de Nutrición Animal FMVZ para realizar los análisis de las muestras y por ser de gran apoyo, confianza y paciencia durante la ejecución del presente trabajo sobre todo por esa gran amistad.

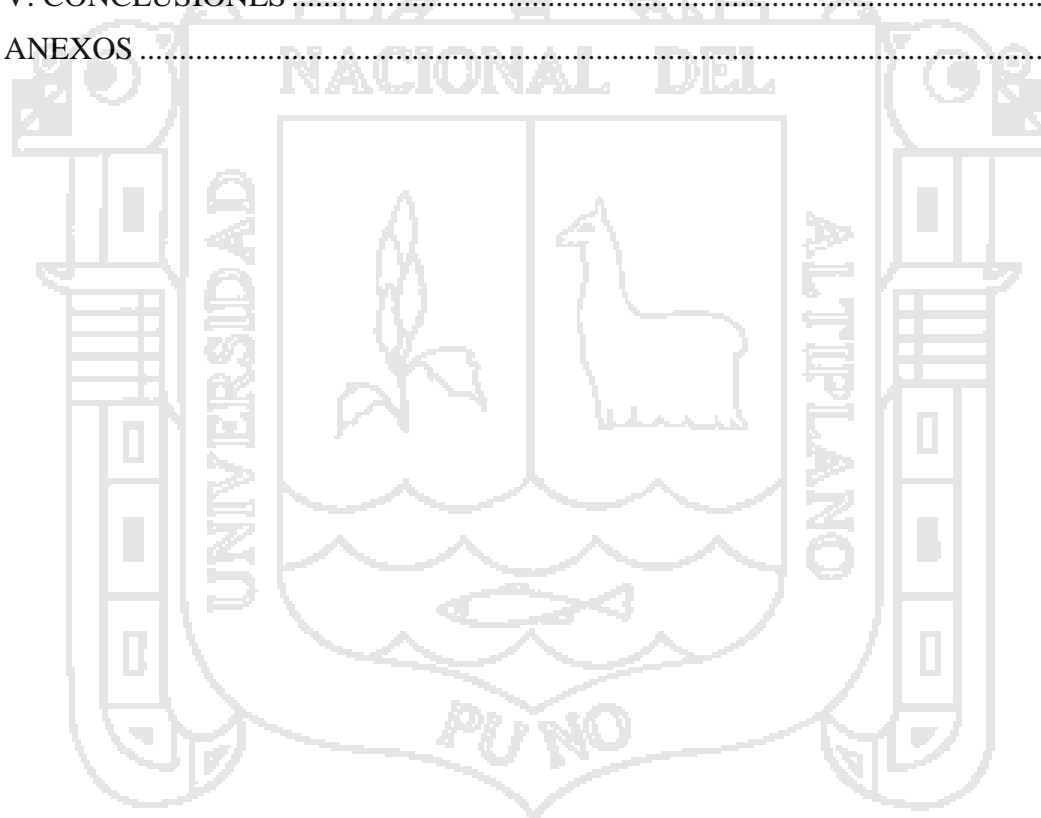
A los compañeros y amigos, por su apoyo moral.



## ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Acuicultura.....	3
2.2. Efecto ambiental de la acuicultura.....	3
2.2.1. Acumulación de materia orgánica.....	4
2.2.1.1. Los residuos sólidos .....	5
2.2.1.2. Nitrógeno.....	6
2.2.1.3. Fósforo.....	7
2.2.2. Efectos que ejercen residuos sólidos .....	9
2.3. Antecedentes .....	10
2.4. La Nutrición y Alimentación de Peces.....	11
2.5. Composición de los alimentos .....	12
2.6. Fuente de proteína .....	13
2.7. Relación de energía y proteína.....	14
2.8. Requerimientos nutricionales de la trucha .....	15
2.8.1. Requerimientos de proteína en peces.....	16
2.8.2. Requerimientos de lípidos en peces.....	18
2.8.3. La energía en la nutrición de peces.....	20
2.9. Principales Insumos utilizados en la formulación de dietas.....	22
2.9.1. Harina Pioval-2® .....	22
2.9.2. Harina de Pota (Dosidicus gigas).....	23
2.9.3. Harina de Pescado prime .....	23
2.9.4. Harina de maíz .....	24
2.9.5. Soya integral extruida .....	24
2.9.6. Aceite de pescado .....	25
2.9.7. Aceite vegetal .....	26
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
3.1. Ámbito de estudio .....	27
3.2. Instalaciones de cultivo .....	27
3.3. Instalaciones para colección de materia orgánica .....	28

3.4. Animales .....	29
3.5. Material de laboratorio .....	29
3.6. Dietas en prueba .....	30
3.7. Metodología .....	35
3.7.1. Determinación de emisiones de materia orgánica (MO) .....	35
3.7.2. Determinación de nitrógeno.....	36
3.7.3. Determinación de fósforo .....	36
3.8. Análisis estadístico.....	37
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	38
4.1. Materia orgánica (MO) .....	38
4.2. Nitrógeno (N).....	40
4.3. Fósforo (P) .....	43
V. CONCLUSIONES .....	47
ANEXOS .....	56



## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1.	Coeficiente de digestibilidad aparente de las dietas con diferentes niveles de energía y aminoácidos.	10
Tabla 2.	Coeficiente de digestibilidad aparente de las dietas con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo.	11
Tabla 3.	Requerimientos nutritivos de la truchas “arco iris” juveniles.	16
Tabla 4.	Contenido de MS, PB, GB, y EB de las materias primas.	22
Tabla 5.	Contenido de aminoácidos en la harina de cuero hidrolizado (% de proteína).	23
Tabla 6.	Composición nutricional Ewos Van-500.	30
Tabla 7.	Composición químico proximal de las materias primas empleados en la formulación de las dietas experimentales.	32
Tabla 8.	Particularidades de niveles de grasa, e inclusión de proteína animal (harina de pescado, harina Pioval-2 y harina de pota)	33
Tabla 9.	Composición de las dietas experimentales para truchas en crecimiento. Inclusión de aceite en la dieta, 6% 12% y 18%.	34
Tabla 10.	Análisis de la composición químico-proximal de las dietas experimentales.	35
Tabla 11.	Materia orgánica (MO) de las dietas experimentales y residuos sólidos colectados.	38
Tabla 12.	Nitrógeno (N) de las dietas experimentales y residuos sólidos colectados.	40
Tabla 13.	Fósforo (P) de las dietas experimentales y residuos sólidos colectados.	44
Tabla 14.	Análisis de la composición químico-proximal de las dietas experimentales.	68
Tabla 15.	Análisis de la composición químico-proximal residuos sólidos colectados.	69
Tabla 16.	Total de alimento consumido (TAC), consumo promedio (CP), consumo promedio diario (CMD), peso de residuos, materia orgánica (MO), nitrógeno(N), fósforo (P), sólido colectado (PRSC), materia seca (MS) durante 10 días.	70

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. El flujo y el destino de los nutrientes en un sistema de acuicultura en jaulas (Gregor, 2007).	5
Figura 2. Distribución de nitrógeno en el cultivo en jaulas de salmónidos (Adaptado por Rosenthal, 1994).	7
Figura 3. El flujo y el destino de los componentes nutritivos de un sistema de jaulas de salmón (Wang <i>et al.</i> , 2012).	8
Figura 4. Partición de la energía del alimento en peces (NRC, 1993).	22
Figura 5. Esquema de distribución de jaulas, con sus respectivos tratamientos y repeticiones de las dietas en experimento.	28
Figura 6. Instalación de la malla colectora.	28
Figura 7. Correlación entre el contenido de materia orgánica (MO) en las dietas y la MO en los residuos colectados.	40
Figura 8. Correlación entre el contenido de Nitrógeno (N) en las dietas y el N en los residuos colectados.	43
Figura 9. Correlación entre el contenido de fósforo (P) en las dietas y el P en los residuos colectados.	46

**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Foto 1. Alimento NRC-93 formulado con insumos convencionales, (6 % de aceite).	58
Foto 2. Dietas experimentales con energía alta (EB <sub>1</sub> y EB <sub>2</sub> ) un nivel de aceite de 12%.	58
Foto 3. Alimento elaborado EB <sub>2</sub> en la planta de alimentos de Arapa SAC.	58
Foto 4. Dietas experimentales con energía alta (EA <sub>1</sub> y EA <sub>2</sub> ) y un nivel de aceite de 18%.	59
Foto 5. Alimento comercial Ewos®	60
Foto 6. Vista general de la estructura completa con sus 42 bolsas de ensayo e identificación de acuerdo a los tratamientos y repeticiones.	61
Foto 7. Vista de una malla colectora con residuos sólidos.	61



Foto 8.	Residuos sólidos colectados en materia húmeda.	61
Foto 9.	Residuos sólidos colectados en materia seca.	61
Foto 10.	Determinación de fósforo en las dietas y residuos.	63
Foto 11	Determinación de Nitrógeno en el M. micro Kjeldahl.	63



## LISTA DE ABREVIATURAS

AOAC	Association Official of Chemical Analytic
Cen	Cenizas
EA <sub>1</sub>	Energía alta 1
EA <sub>2</sub>	Energía alta 2
EB <sub>1</sub>	Energía baja 1
EB <sub>2</sub>	Energía baja 2
EEM	Error estándar de la media
ED	Energía digestible
EM	Energía metabolizable
EN	Energía neta
g	Gramo
g <sup>-1</sup>	por gramo
IC	Incremento caloric
MB	Metabolismo basal
MS	Materia seca
MO	Materia orgánica
msnm	Metros sobre nivel del mar
N	Nitrógeno
NRC	National Research Council
OD	Oxígeno disuelto
P	Fósforo
SAC	Sociedad Anónima Cerrada
SAS	Statistical Analysis Systems
TM	Toneladas métricas

## RESUMEN

El estudio fue realizado con el objetivo de determinar el nivel de energía y proteína de las dietas sobre la formación de residuos de materia orgánica (MO), nitrógeno (N) y fósforo (P) en el cultivo de truchas; en la cual, se utilizó un lote de 2100 truchas juveniles de  $24.9 \pm 0.1$  cm de longitud y  $227.6 \pm 6.3$  g de peso procedentes de la empresa Paola's Trout SAC de Chucuito. Los animales fueron distribuidos en 6 tratamientos, con 7 jaulas por tratamiento y 50 truchas por jaula. Las dietas fueron: Seis dietas con dos niveles de aceite (baja 12% vs alto >18%), cada nivel estuvo constituido por 60% aceite de pescado + 40% aceite vegetal. La dieta con 6% de aceite fue considerada dieta control (NRC-93). Las dietas de energía baja (EB<sub>1</sub> y EB<sub>2</sub>) contienen 12 % de aceite y las dietas de energía alta (EA<sub>1</sub> y EA<sub>2</sub>) contienen de 18% de aceite. Las dietas<sub>1</sub> sin harina de papa y las dietas<sub>2</sub> con 9% de harina de papa. La Ewos® (dieta comercial). Los residuos sólidos colectados de las dietas experimentales fueron tomados de las mallas colectoras acondicionadas a cada jaula. Las muestras se conservaron en frío hasta la llegada al laboratorio. Después de un escurrido, se secaron en estufa (Dry Cabinet® Hungría) con circulación de aire a 60°C por 72 horas hasta obtener el peso constante y fueron molidas, los análisis químicos se realizaron siguiendo la metodología de AOAC (2012). El análisis estadístico fue realizado con el paquete estadístico SAS. Los resultados indican que las dietas tuvieron efecto significativo ( $P < 0.05$ ) sobre las emisiones de residuos sólidos, siendo mayor en las dietas de energía baja NRC-93, EB<sub>1</sub> y EB<sub>2</sub> (1998.10, 1825.57, 1632.49, Kg/TM, respectivamente) por año para la materia orgánica; siendo mayor descarga de N en la EB<sub>1</sub> y EA<sub>1</sub> (57.59 y 52.49Kg/TM, respectivamente). La mayor descarga de P lo tuvo NRC-93 (5.13Kg/TM). Se concluye que las truchas que consumieron las dietas elaboradas con niveles de energía baja son las que generan mayor emisión de residuos al agua. La fuente de proteína animal (HP) incrementa en contenido de P en los residuos.

**Palabras clave:** Energía, proteína, residuos, nitrógeno y fósforo.

## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha tenido un crecimiento a nivel mundial. Sin embargo, a medida que incrementa la producción y la rentabilidad, también crecen las dudas sobre su impacto ambiental. Del mismo modo la producción truchícola en la región Puno se ha incrementado considerablemente, alcanzando 29.09 mil TM/año (Ministerio de la Producción, 2013). La constante descarga de desechos sólidos y líquidos en lagos y lagunas ha ocasionado problemas en los cuerpos de agua de todo el mundo, y el lago Titicaca no es la excepción (Fonturbel, 2005).

La composición nutricional de la dieta, la digestibilidad y la retención de los ingredientes en el tejido corporal son los principales factores que influyen en la producción de residuos en la acuicultura. Los alimentos y la formulas alimenticias contienen nutrientes orgánicos como proteína/nitrógeno (N) y fósforo (P), cuando estos tienen baja digestibilidad o menor bio-utilización corporal, se produce mayor liberación en el agua y es otra fuente de polución del ecosistema acuático (Akinrotimi *et al.*, 2011).

El nivel de energía es un componente importante en la dieta de los peces y está relacionado directamente con la digestibilidad de las dietas, por ello el incremento de energía en la dieta es muy importante ya que permite la asimilación del resto de nutrientes, el nivel de energía está relacionado directamente con la inclusión de lípidos (aceite) en la dieta ya sea estos de origen marino como el aceite de pescado u otra fuente como la vegetal.

En la alimentación de salmónidos, debido a su excepcional calidad se emplean altos niveles de harina de pescado en la fabricación de alimentos en salmones, lo cual redundaría en niveles inconvenientemente altos de fósforo alrededor de 2.5% en la dieta, los que al exceder los requerimientos del pez, son excretados, resultando muy eutrificantes (Romero y Manríquez, 1993).

La expansión rápida de la acuicultura solo podrá alcanzar mediante un modelo que aplique aspectos técnicos y principios ecológicos, que utilice una planificación racional que permita ampliar su impacto social y económico. De esta forma la acuicultura podrá convertirse en una actividad ecológica y socialmente responsable que permita potenciar las pesquerías tradicionales, recuperar hábitats y ecosistemas dañados (Vergara *et al.*, 2005).

En el trabajo de investigación se planteó formular dietas con altos niveles de energía y proteína, teniendo como objetivo determinar el efecto del nivel de energía y proteína en la formación de residuos de materia orgánica (MO), nitrógeno (N) y fósforo (P), así presentar como una alternativa en la producción de truchas que permitan alcanzar la mayor disponibilidad de los macronutrientes de la dieta que logren reducir la formación de residuos ; sin disminuir el rendimiento productivo de las truchas arco iris.



## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Acuicultura

La acuicultura se puede definir como el cultivo de organismos acuáticos en cautividad con fines comerciales. Se conoce como “acuicultura intensiva”, y se caracteriza fundamentalmente por el empleo de tanques o jaulas flotantes para mantener los animales en cautividad, empleo piensos artificiales, siembra regular y protección frente a depredadores con fin de conseguir mayor producción. (Utete *et al.*, 2013; Vergara *et al.*, 2005). La acuicultura se está desarrollando rápidamente y es el sector de más rápido crecimiento en la producción de alimentos, con casi la mitad del suministro de pescado y mariscos del mundo provienen de la acuicultura. Este crecimiento de la acuicultura ha llevado para convertirse en una importante fuente de alimentos e ingresos para gran parte de la población mundial (Wang *et al.*, 2012). En contraste, la producción acuícola ha seguido mostrando un fuerte crecimiento, pasando de unos 37 millones de toneladas en 2002 a 50 millones de toneladas en el 2007, los peces se encuentran estadísticamente alrededor de la mitad de la producción acuícola seguido por moluscos y plantas cada uno 20% a 23% respectivamente (Díaz *et al.*, 2012).

### 2.2. Efecto ambiental de la acuicultura

El desarrollo y la intensificación de la acuicultura han puesto de manifiesto un amplio abanico de cuestiones asociadas con el medio ambiente y es objeto de múltiples investigaciones, particularmente en instalaciones de acuicultura intensiva (Díaz *et al.*, 2012). En estos últimos años los impactos negativos de la acuicultura sobre los ecosistemas naturales acuáticos, es objeto de severa crítica pública, por que conduce al deterioro de la calidad del agua y los cambios de la estructura de los fondos béticos (Imanpour *et al.*, 2013).

Los vertidos de la acuicultura pueden contener tres tipos de contaminantes: (1) productos farmacéuticos y desinfectantes, aunque sus impactos en la salud humana no han sido detectados categóricamente y en los ecosistemas marinos varían dependiendo de las condiciones del cultivo. (2) bacterias patógenas, virus y parásitos; (3) residuos de comida, heces y compuestos derivados del metabolismo de los peces (Haya *et al.*, 2001).

Una proporción variable del alimento suministrado a los organismos cultivados (1-30%) no es ingerido bien porque se sobrealimenta, o bien porque el sistema o su gestión es deficiente, no optimizando su consumo. Otros factores, como contenidos en material pulverizado de los piensos, contribuyen a esta fracción de residuos sólidos. La fracción no digerida del alimento es eliminada por los animales en forma de heces sólidas, mientras que aquellos nutrientes absorbidos en exceso son excretados junto a los productos finales del catabolismo de las proteínas en forma de amonio y urea disueltos, a través de las branquias, estos residuos se producen típicamente ya sea de la descarga de nutrientes en dilución o particulada (Vergara *et al.*, 2005).

### **2.2.1. Acumulación de materia orgánica.**

La materia orgánica liberada por la acuicultura es eliminado al medio ambiente acuático, contienen heces, alimento no digerido y excreciones metabólicas, estos residuos sólidos están formados por nutrientes orgánicos e inorgánicos (Husa *et al.*, 2014). Las cantidades de contaminantes están relacionados con la composición química de los alimentos y su estabilidad, así como también los métodos de alimentación para los peces (Fadaeifard *et al.*, 2013). Cuando el flujo de estos compuestos hacia el medio ambiente supera la capacidad de asimilación de los ecosistemas, podría causar severos impactos tanto en la columna del agua,

el los bentos (comunidades de sustratos), disminuyendo del oxígeno disponible, afectando al biodiversidad local (Husa *et al.*, 2014).

Existen dos tipos generales de residuos producidos por sub productos:

- Residuos en forma particulada, incluyen compuestos sólidos en suspensión y sedimentación que pueden incluir heces, alimento no ingerido y nitrógeno y fósforo en forma de sedimentos sólidos.
- Residuos que derivan de la descarga de nutrientes en dilución, incluyen compuestos orgánicos de nitrógeno y fósforo en forma disuelta derivados del metabolismo de los peces y la descomposición de residuos sólidos.



Figura 1. El flujo y el destino de los nutrientes en un sistema de acuicultura en jaulas (Reid, 2007).

### 2.2.1.1. Los residuos sólidos

Los residuos sólidos de la acuicultura se compone por alimentos no ingeridos y materia fecal (Fadaeifard *et al.*, 2013). Grandes cantidades de partículas fecales y desperdicios de alimentos se hunden rápidamente y pueden acumularse en los



sedimentos en los fondos de los lagos (Wang *et al.*, 2012). Los residuos fecales está compuesto por la fracción no digerida del alimento que es eliminada por los peces en forma de heces solidas (Buschmann y Fortt, 2005).

Las partículas fecales y desperdicios de alimento contienen partícula orgánica de carbono (POC), partícula orgánica de nitrógeno (PON) y partícula orgánica de fósforo (POP) que se liberan a través de la defecación y del alimento no ingerido, estas partículas se generan a través de la dilución de las fracciones orgánicas (Wang *et al.*, 2012). La cantidad y la composición es relativa en la materia fecal serán determinados por los componentes digeribles de la dieta. Primeras estimaciones de la perdidas de alimento en la acuicultura en jaulas abiertas eran alrededor de un 20% y debido a los avances de la tecnología ha disminuido por debajo del 5% (Arhonditsis y brett, 2005).

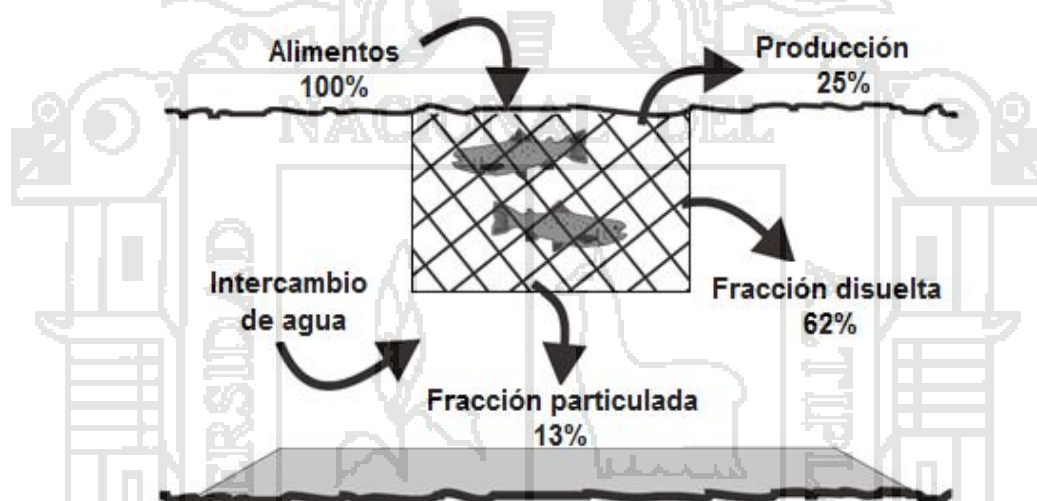
#### **2.2.1.2. Nitrógeno**

El nitrógeno es uno de los elementos liberados al medio ambiente acuático. Este, diferencia del fósforo, permanece en mayor proporción disuelto en la columna de agua. (Buschmann y Fortt, 2005).

Las variables del nitrógeno son: nitrógeno inorgánico disuelto (DIN) que está formado por el amonio y nitrato que es la forma predominante de N, liberado por las excreción de los peces siendo 62% de forma disuelta, mientras que una pequeña parte se liberan en forma de partícula orgánica de nitrógeno (PON) estas se liberan a través de la defecación y la perdidas de alimento. El nitrógeno orgánico disuelto (DON) se generan a través de la disolución de las partículas orgánicas en un 13% de N formando el sedimento solido (Wang *et al.*, 2012). Tanto el nitrato y el amonio se incorporan al fitoplancton y estos juegan un papel vital en el

metabolismo biológico estimulando el crecimiento del fitoplancton (Utete *et al.*, 2013; Husa *et al.*, 2014).

Una fracción de partículas nitrógeno orgánico se hidroliza en DON y otra fracción se deposita en el sedimento. El DON es mineralizado en amonio en la columna de agua oxigenada, está siendo oxidado a nitrato a través de la nitrificación en función de amonio disponible, oxígeno disuelto, temperatura y luz. Durante condiciones de anoxia, el nitrato se pierde como gas de nitrógeno a través de la desnitrificación (Arhonditsis y Brett 2005).



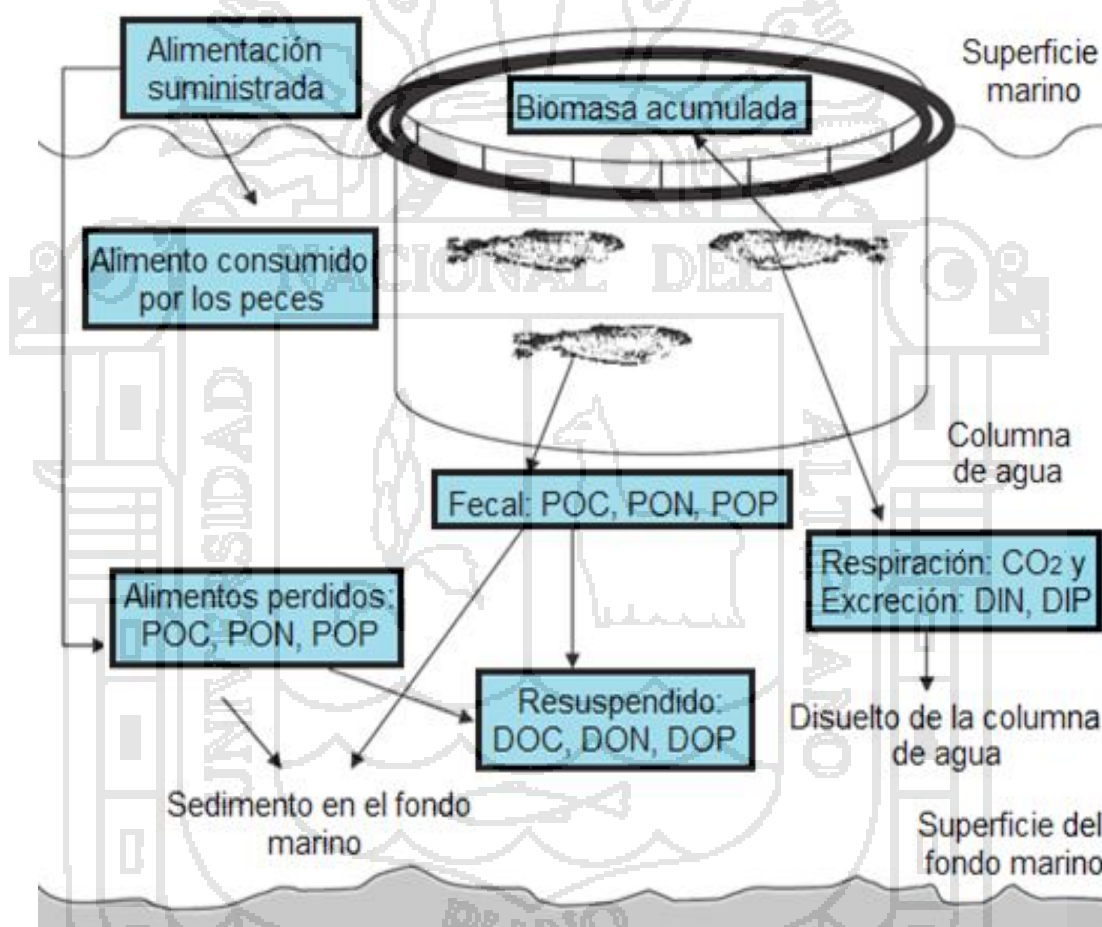
**Figura 2.** Distribución de nitrógeno en el cultivo en jaulas de salmónidos (Adaptado por Rosenthal, 1994).

### 2.2.1.3. Fósforo

El fósforo se acumula principalmente en los sedimentos que se encuentran bajo la balsas de las jaulas, y es utilizado como indicador de contaminación (Buschman y Fortt, 2005). De los cuales el 11% del fósforo se encuentra en forma disuelta y 66% del fósforo se encuentra en forma de sedimentos sólidos. El P es excretado por los peces como ortofosfato disuelto, siendo la forma de fósforo inorgánico disuelto (DIP) y también partículas orgánica de fósforo (POP) liberado a través de la defecación y pérdida de alimento. El fósforo orgánico disuelto (DOP) se genera a

través de la disolución POP. Esto está relacionado con la abundancia en las harinas de pescado en las dietas (Wang *et al.*, 2012).

El fitoplancton asimila al ortofosfato para su metabolismo basal y partículas de fósforo orgánico son hidrolizadas a DOP y la otra fracción se deposita en el sedimento. DOP se mineraliza a ortofosfato, y los detritos de partículas de fósforo orgánico es asimilado por zooplancton (Arhonditsis, 2005).



**Figura 3.** El flujo y el destino de los elementos de nutrientes de un sistema de jaulas de salmón. Nitrógeno inorgánico disuelto (DIN) y fósforo inorgánico disuelto (DIP) se liberan a través de la excreción, y el carbono inorgánico (CO<sub>2</sub>) a través de la respiración. Partículas orgánicas C, N y P (POC, PON y POP, respectivamente) son liberados a través de la defecación y la pérdida de alimentación. DOC, DON y DOP, se vuelven a suspender a partir de las heces y las partículas de alimento siendo asimilado por bacterias y fitoplancton (Wang *et al.*, 2012).

### 2.2.2. Efectos que ejercen residuos sólidos

Los residuos sólidos y disueltos pueden causar diversos problemas tales como la eutrofización, agotamiento de oxígeno y alteración de la biodiversidad local, tanto en la columna del agua como en el fondo del marino (Vergara *et al.*, 2005).

Un efecto cada vez más importante de la piscicultura intensiva es la eutrofización de las aguas circundantes a jaulas de cría o de los ríos que reciben efluentes acuícolas de producen la excreción desechos fecales que se combinan con nutrientes liberados por la descomposición del exceso de alimento, elevando los niveles de nutrientes por encima de lo normal, creando un ambiente ideal para la proliferación de algas nocivas y otros problemas (Schindler, 2012).

La eutrofización puede ser perjudicial tanto para los ecosistemas marinos y agua dulce, conduciendo a una serie de efectos que incluyen:

- El crecimiento excesivo de fitoplancton y de macroalgas que es la fuente de acumulación de carbono orgánico. Esto también va reducir la penetración de la luz y produciendo a una pérdida de la vegetación acuática.
- Un desequilibrio de nutrientes que pueden conducir a un cambio en la composición de especies de fitoplancton y la creación de condiciones favorables para la proliferación de algas tóxicas. Estas floraciones de algas nocivas puede causar muertes de los recursos marinos.
- Cambios en la composición de especies y biomasa de la comunidad bentónica, llevando a una reducción de las especies y una mayor dominancia de organismos gelatinosos.
- Bajo nivel de oxígeno disuelto conducirá a la zonas hipóxicas o muertas (Díaz *et al.*, 2012).

### 2.3. Antecedentes

En un trabajo anterior realizado con estas mismas dietas y los mismos niveles de energía, donde determinaron la digestibilidad de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB) y energía Bruta (EB). Así mismo en la tabla 2 se observa la energía digestible (ED), coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) del N y P, de diferentes dietas con diferentes niveles de energía y aminoácidos.

Tabla 1. Coeficiente de digestibilidad aparente de las dietas con diferentes niveles de energía y aminoácidos.

DIETAS	Coeficiente de digestibilidad aparente, %					
	MS	MO	PB	GB	EB	ED, Cal.g <sup>-1</sup>
Ewos®	79.66	83.22	91.90	92.41	85.45	4744.54
NRC-93	71.98	75.90	90.32	91.75	79.84	4067.52
EB <sub>1</sub>	76.33	78.69	89.86	91.47	81.07	4471.07
EB <sub>2</sub>	76.21	79.08	91.02	92.07	81.80	4388.64
EA <sub>1</sub>	77.53	80.68	89.10	93.04	82.24	4440.38
EA <sub>2</sub>	78.65	82.18	90.80	93.78	84.10	4625.07

MS= materia seca, MO= materia orgánica, PB= proteína bruta, GB= grasa bruta, EB= energía bruta (%) y energía digestible (Cal.g<sup>-1</sup>) de las dietas experimentales (Nuñez, 2014).

Tabla 2. Coeficiente de digestibilidad aparente de las dietas con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo.

Dietas	Fósforo			Nitrógeno		
	P en dieta	CDA	PD	N en dieta	CDA	ND
Ewos®	0.88	50.29	0.45	6.23	91.9	5.72
NRC-93	0.99	37.54	0.37	5.83	90.32	5.27
EB <sub>1</sub>	0.78	61.65	0.48	6.63	89.86	5.95
EB <sub>2</sub>	0.98	58.71	0.58	6.36	91.02	5.79
EA <sub>1</sub>	0.93	60.76	0.57	6.23	89.1	5.55
EA <sub>2</sub>	0.83	48.18	0.4	6.43	90.8	5.84

CDA= Coeficiente de digestibilidad, P= aparente de fósforo, N= nitrógeno, PD= fósforo digestible y ND= nitrógeno digestible de las dietas experimentales (Nuñez, 2014).

#### 2.4. La Nutrición y Alimentación de Peces

La importancia de la alimentación de peces proviene de la necesidad de aprovechar de una forma óptima por parte del hombre los recursos acuícola y desde un punto de vista ecológico nos interesa como mecanismo indicador de las interacciones de las comunidades ictiológicas en el medio acuático. Todos los recursos alimenticios presentes en el medio que habitan. Los salmónidos son peces carnívoros poco especializados que en un medio natural se alimentan de una gran variedad de invertebrados acuáticos. Son especies oportunistas, no sólo por la variedad de su dieta, sino por la facilidad de adaptación a los cambios ambientales y a la disponibilidad de alimento (García *et al.*, 1993). La investigación en el campo de la nutrición de peces se ha desarrollado muchísimo en las últimas décadas, y se está perfeccionando constantemente. A pesar de ello, aún supone el capítulo de mayores costos en todo el proceso de cultivo de peces, y en algunos casos es el actual cuello de botella de la acuicultura, considerando que, el rendimiento final del cultivo depende, de la cantidad y calidad del alimento, además, las condiciones de cultivo afectan a la fisiología y nutrición de los animales en desarrollo y a la vez, las

propiedades del alimento afectan a cambios de las condiciones del medio (por acumulación de detritus, productos de excreción etc.). Por todo ello, mediante la nutrición se puede influir en el comportamiento, en la integridad estructural, en el estado sanitario general, en varias funciones fisiológicas, en el crecimiento y la reproducción (Gatlin *et al.*, 2007; Laining *et al.*, 2010).

## 2.5. Composición de los alimentos

Los alimentos comerciales formulados durante la última década han cambiado considerablemente y difieren sustancialmente de los llamados alimentos convencionales. Estos alimentos son más altos en energía digestible, lo que significa que tienen una mayor eficiencia de los alimentos, siendo menos la producción de desechos sólidos y solubles (Vandenberg *et al.*, 2012).

Composición de los alimentos, tasas conversión, la digestibilidad y la fabricación de los alimentos determinan en gran medida el nivel de descargas en el cultivo de peces, y por lo tanto la emisión de materia orgánica y los nutrientes (fósforo y nitrógeno) al entorno. El manejo de nutrientes a través de la formulación y la fabricación de alimentos es considerado el mejor camino en la reducción de la producción de estas emisiones que provocan la degradación al medio ambiente y la degradación de salud de los peces por la invasión de especies patógenas (Mustapha *et al.*, 2013).

Con el fin de minimizar el impacto de estos problemas, los productores deben mejorar, técnicas de gestión en la alimentación, minimizar los residuos mediante el uso alimentos de calidad y altamente digestible, con concentraciones más bajas de nitrógeno y fósforo, sin reducir su valor nutritivo (Mustapha *et al.*, 2013).



## 2.6. Fuente de proteína

La composición de la dieta por la cantidad de proteína es un factor que afecta la excreción de nitrógeno, pero también afecta a la retención y la excreción de que conduce a la eutrofización por los efluentes de los peces acuáticos.

Los peces que se cultivan son carnívoros estrictos, en algunos casos, omnívoros. Por ello, generalmente las dietas de los peces son muy ricas en proteínas (40-60%), lo cual conlleva una fuerte excreción de nitrógeno, cuya velocidad de excreción está relacionada directamente con la cantidad y calidad de la proteína suministrada en el alimento. La tendencia actual es buscar medios para disminuir la pérdida de nitrógeno y aumentar su retención controlando la relación entre la proteína digestible y el total de energía digestible de la dieta.

El Fósforo en la dieta es esencial para la óptima el crecimiento y el metabolismo de los peces. Es el más importante mineral necesario por los peces, ya que su requisito y funciones son superiores a la de cualquier otro elemento mineral (NCR, 1993). La harina de pescado es la fuente de la mayor parte de P en las dietas de peces y mejora la calidad del alimento que implica retener P, es una de las principales estrategias para reducir el impacto ambiental de la acuicultura. El fósforo es un elemento, cuando está presente en cantidades excesivas en el medio acuático, conduce a la eutrofización (Mustapha *et al.*, 2013).

Así mismo, el elevado precio que las fuentes de proteína, principalmente las harinas de pescado, tienen en el mercado hace que las investigaciones encaminadas hacia la búsqueda del máximo aprovechamiento proteico sea uno de los principales objetivos de las empresas dedicadas a la elaboración de dietas para peces (Sanz, 2001). Y también la alimentación de especies acuícolas en el futuro va orientada a



tres aspectos: mayor utilización de proteínas vegetales y derivados de proteínas animales; menor excreción de nutrientes en las aguas y mínimo riesgo para la salud humana.

## 2.7. Relación de energía y proteína

La optimización de la relación proteína/energía (P/E) tienen un papel importante en la utilización de energía y proteínas (Mustapha et al., 2013). Así, uno de los factores que afectan a la optimización de la eficiencia de la dieta es el equilibrio entre la proteína digerible (disponibilidad de aminoácidos) y la energía de origen no proteica en los alimentos. Este equilibrio se representa por la proporción de proteína digerible (DP) y la energía digerible (ED) de la dieta. Para obtener una mejor optimización de la relación DP/DE es reduciendo la tasa de esta relación con otra fuente de alimento (grasa o carbohidratos) para permitir el ahorro de la proteína. Muchos estudios han demostrado que el aumento dietética de ED no proteico en los alimentos dio como resultado una mejor retención de la proteína y una disminución en la excreción de nitrógeno amoniacal (Mustapha *et al.*, 2013).

Por otro lado, los aminoácidos y ácidos grasos constituyen las fuentes energéticas más importantes de los salmones (Cho y Kaushik, 1990), siendo los carbohidratos de uso limitado. Por su parte, la síntesis de proteínas y la mantención implican un gasto energético inevitable; por lo que el destino gluconeogénico de los aminoácidos debería ser disminuido, destinando, preferentemente, la energía contenida en los aminoácidos a procesos de biosíntesis corporales que potencien la ganancia de peso, y que las necesidades energéticas sean cubiertas significativamente por ácidos grasos y, en alguna medida, por carbohidratos (Pokniak *et al.*, 2004). Una apropiada proporción de proteína/energía digerible influye de manera relevante la eficiencia de utilización de la proteína y energía de

las dietas (Cho, 1992). Así, al aumentar los niveles de energía de las dietas y disminuir apropiadamente el contenido de proteína, se logra una mayor retención de nitrógeno y energía, lo que favorece el crecimiento, disminuyendo, por otra parte, la descarga nitrogenada al medio (Pokniak *et al.*, 2004). Una elevada ingesta de energía y un inapropiado balance proteína/energía darían como resultado que una gran proporción de la energía sea retenida como lípidos (Cho y Kaushik, 1990) y (NRC 1993). La entrega de dietas hiperenergéticas implicaría un menor consumo de alimentos, puesto que los peces, al igual que otros animales, regulan su ingesta por el contenido energético de la dieta (Cho y Kaushik, 1990).

## 2.8. Requerimientos nutricionales de la trucha

La trucha es muy eficiente para usar proteína de la dieta y lípidos para su energía, pero asimila pobremente los carbohidratos. Los niveles altos de carbohidratos 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 óptima salud. Los salmónidos, necesitan en su dieta varios 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 (Castro y Chirinos, 2008).

Tabla 3. Requerimientos nutritivos de las truchas “arco iris” juveniles.

Nutrientes	Composición en alimentos
Proteínas	40–45%
Carbohidratos	9–12%
Lípidos	8–10%
Minerales	2%
	P 0.45-0.8%; Mg 0.05-0.07%; Zn 15-30 ppm; Mn 2.4-13 ppm; Cu 3-5 ppm; Co 0.1 ppm; Se 0,25 ppm.
Vitaminas	Vitamina A: 2 500-3 500 U.I. kg <sup>-1</sup> ; Vitamina D 2 400-3 000 U.I. kg <sup>-1</sup> ; Vitamina E 30-100 U.I. kg <sup>-1</sup> ; Vitamina K 10-15 mg kg <sup>-1</sup> ; Vitamina C 100-300 mg kg <sup>-1</sup> ; Tiamina 10 mg kg <sup>-1</sup> ; Riboflavina 20 mg kg <sup>-1</sup> ; Piridoxina 10 mg kg <sup>-1</sup> ; Biotina 0.1-0.4 mg kg <sup>-1</sup> ; Ácido nicotínico 150 mg kg <sup>-1</sup> ; Ácido pantoténico 40-60 mg kg <sup>-1</sup> ; Ácido fólico 5 mg kg <sup>-1</sup> ; Inositol 400 mg kg <sup>-1</sup> ; Colina 3.000 mg kg <sup>-1</sup> ; Cianocobalamina (vitamina B <sub>12</sub> ) 0.01-0.02 mg kg <sup>-1</sup> .
Aminoácidos	Arginina 1.5%; Histidina 0.7%; Isoleucina 0.9%; Leucina 1.4%; Lisina 1.8%; Metionina+Cistina 1.0%; Fenilalanina+Tirosina 1.8%; Treonina 0.8; Triptófano 0.2% y Valina 1.2%.
	NRC (1993) y Castro y Chirinos (2008).

### 2.8.1. Requerimientos de proteína en peces

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

esenciales estos son los que sí pueden ser sintetizados por el organismo (Tacon, 1987).

El óptimo de proteína requerido por los peces y camarones en la dieta está íntimamente relacionado con el balance de energía-proteína, la composición de aminoácidos, la digestibilidad de la misma y la cantidad y calidad de la fuente de energía no proteica. La proteína se requiere en la dieta, para proveer los aminoácidos esenciales y el nitrógeno para la producción de los aminoácidos no esenciales (Guillaume *et al.*, 2004). La proteína de los tejidos corporales incorpora alrededor de 23 aminoácidos y, entre estos, 10 deben ser suplidos en la dieta, dado que los peces no pueden sintetizarlos. Los aminoácidos se requieren para mantención, crecimiento, reproducción y repleción de tejidos. Una gran proporción de los aminoácidos consumidos por los peces, son catalizados para la producción de energía y los peces están bien adaptados para emplear de esta forma, las proteínas consumidas en exceso. Algo se puede economizar, si otra fuente de combustible dietario está presente en cantidades adecuadas, por ejemplo, si se aumenta el contenido de lípidos (grasa) de la dieta, se puede reducir el catabolismo de los aminoácidos de la dieta y, por ende los requerimientos (Cho *et al.*, 1982).

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

#### - **Trucha arco iris**

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 (Tacon, 1987).

### **2.8.2. Requerimientos de lípidos en peces**

Esta categoría comprende una amplia variedad de compuestos. Los lípidos desempeñan muchos papeles como: suministro de energía, integran estructuras, son precursores de muchas sustancias reactivas, etc. Tanto en la dieta, como en la carcasa de los peces, las formas en que más frecuentemente se encuentran los lípidos son como triglicéridos y fosfolípidos y a veces como ceras (Guillaume y Metailler, 1999). Los triglicéridos corresponden a una molécula de glicerol a la que se ligan tres ácidos grasos. Los fosfolípidos, también corresponden a una molécula de glicerol, pero con solo dos ácidos grasos y, en lugar del tercer ácido graso se liga un ácido fosfórico u otro tipo de molécula (colina, inositol, etc.). Las ceras corresponden a un ácido graso y un alcohol de cadena larga y, son una forma común de almacenamiento de lípidos en ciertas especies de zooplancton. El rol principal de los triglicéridos es el almacenamiento de lípidos (ácidos grasos). Por otra parte, los fosfolípidos se encuentran en las estructuras de membranas celulares (bicapa de lípidos). Los ácidos grasos son los principales componentes activos de los lípidos de la dieta. Los peces son incapaces de sintetizar ácidos grasos insaturados en las posiciones n-3 o n-6, no obstante estos ácidos grasos son esenciales para muchas funciones. Por tanto estos dos tipos de ácidos grasos son

esenciales para el animal y deben ser proporcionados en la dieta (Cho y Kaushik, 1990).

- **Trucha arco iris**

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

El 35-40% de la energía digestible del alimento puede corresponder a grasa y un 40-45% a proteína. Como óptimo para trucha se puede considerar por lo regular una proporción de grasa en el alimento concentrado del 15-20%. Con el 15% de grasa en la ración aumenta la tasa de grasa en la totalidad del pez hasta el 11.41%. Lo que supone alrededor de un 9% de contenido de grasa en la porción comestible. Se ha reportado que los reproductores de trucha alimentados con dietas de alto nivel de energía y alta proteína (16-17% lípidos y 48-49% proteína) producen grandes cantidades de huevos, al contrario de peces alimentados con medianos o bajos niveles de energía y proteína (6-9% lípidos y 36-42% proteína), considerando siempre el perfil de aminoácidos y ácidos grasos esenciales (Tacon, 1987).

### 2.8.3. La energía en la nutrición de peces

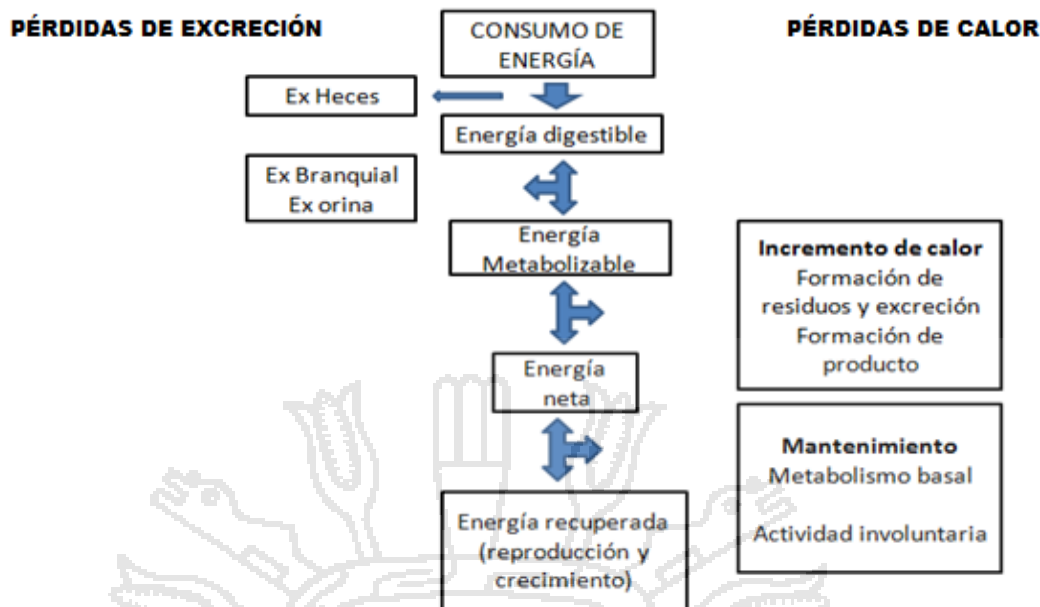
La energía del alimento ingerido por los peces se divide en muchos componentes, en la figura 4, se ilustra el flujo de la energía consumida en el organismo del pez. La energía se pierde en muchos lugares entre el consumo y los productos recuperados. Las pérdidas ocurren en la excreción fecal, urinaria, branquial y como calor (NRC, 1993). El incremento de calor (IC) es el incremento en la producción de calor subsecuente a la ingestión de alimento. Los factores que contribuyen a IC son los procesos de digestión y absorción, la transformación e inter-conversión de los substratos y su retención en los tejidos (ER), y la formación y excreción de los desechos metabólicos. La principal base bioquímica para IC en mamíferos y aves es la energía requerida para el consumo, la des-aminación y excreción del nitrógeno (N) amínico ingerido; sin embargo, esta pérdida de energía es menor en peces debido a que pueden eliminar los productos del metabolismo proteico (amoníaco, bicarbonato y dióxido de carbono) sin la necesidad de sintetizar urea, ácido úrico, u otros compuestos similares (NRC, 1993).

En peces, IC es mayor para dietas con alto contenido de proteína según Cho *et al.* (1982), mientras que en mamíferos y aves, una dieta de alta proteína tiene un efecto más marcado sobre el incremento de calor, debido al gasto de energía en la síntesis de urea o ácido úrico a partir de nitrógeno desaminado. El costo energético de la síntesis de urea y ácido úrico es de 3.1 y 2.4 kcal g<sup>-1</sup> N, respectivamente. En peces, en cambio, el amoníaco es el principal producto de desecho nitrogenado del metabolismo. Debido a que esta forma de nitrógeno se libera rápidamente en el agua, no es necesario gasto de energía para la síntesis de urea o ácido úrico. Cho *et al.*, (1982) encontró que IC en la trucha arco iris a 15°C es 5 a 15% de la energía bruta consumida (IE) y cae a medida que la relación de proteína a energía

disminuye. IC para el ganado puede ser de 20 a 30% de EB (NRC, 1993). Así, debido al menor incremento de calor de los peces, la energía neta (EN), energía útil para el mantenimiento y crecimiento, en dietas de producción es mayor para peces que para animales de sangre caliente. La energía neta de mantenimiento (ENm) es la energía requerida para mantener las funciones esenciales inmediatas para la vida del organismo. La mayor parte de la energía neta de mantenimiento se gasta en el metabolismo basal (MB), tales como la respiración, transporte de iones y metabolitos, recambio de constituyentes corporales, y circulación. Una porción más pequeña se gasta para la actividad voluntaria o reposo (AF) y, en el caso de animales homeotermos, la termorregulación (TR) de la temperatura corporal. Puesto que los peces no regulan la temperatura corporal y gastan menos energía en el mantenimiento de la posición en el agua que los animales terrestres, el requerimiento de ENm de los peces es menor que para homeotermos. La producción de calor en ayuno (PCA) es una aproximación a ENm (NRC, 1993).

La energía metabolizable, donde sea aplicable, es la medida más precisa de la energía disponible para los peces; sin embargo, EM ofrece poca ventaja sobre ED, debido a que EF representa la mayor parte de las pérdidas por excreción. Las pérdidas de energía a través de las branquias y los riñones son menores en peces que las pérdidas de energía no fecal de los mamíferos y aves, y no varían tanto entre alimentos como las pérdidas de EF. Además, la determinación de EM es difícil debido a la necesidad de forzar la alimentación y confinar los peces en cámaras de metabolismo con ayuda de un collar para la colección simultánea de las excreciones fecal, branquial, y urinaria. Es más fácil determinar ED alimentando voluntariamente los peces, con tal de utilizar técnicas apropiadas para coleccionar las heces sin pérdida de los nutrientes y obtener valores confiables (Cho *et al.*, 1982).





**Figura 4.** Partición de la energía del alimento en peces. Se observa las pérdidas a medida que el alimento se digiere y metaboliza, quedando una fracción de la energía para la retención como tejido nuevo (NRC, 1993).

## 2.9. Principales Insumos utilizados en la formulación de dietas

### 2.9.1. Harina Pioval-2®

El Pioval-2®, es la harina de pieles de ovino y alpaca hidrolizadas por calor; lo que simplifica las moléculas complejas, mejora la calidad de los alimentos y el valor nutritivo de las proteínas (Rodríguez, 2010). Es un alimento no convencional en base a la harina de hidrolizados de pieles de ovino y alpaca; en donde la hidrolisis se realizó en un autoclave a 130°C con 20 PSI de presión durante dos horas, seguido del secado y la molienda (Araníbar, 2010).

Tabla 4. Contenido de MS, PB, GB, y EB de las materias primas.

PIOVAL-2®;	MS,%	PB,%	GB,%	EB,Kcal/g
Ovino	94.9	69.2	12.0	5,79
Alpaca	94.5	76.7	7.0	5,41
Pescado	93	62.8	-	-

MS=materia seca, PB=proteína bruta, GB=grasa bruta, EB=energía bruta. (Rodríguez, 2010).

En la tabla 5, observamos el porcentaje de aminoácidos, parte de la proteína total de los hidrolizados de pieles de ovinos y alpacas.

Tabla 5. Contenido de aminoácidos en la harina de cuero hidrolizado (% de proteína).

Arg	Cis	Gli	His	Ils	Leu	Lis	Met	Fe	Tre	Tri	Tir	Val
9.1	0.0	25.5	0.8	2.6	5.2	4.3	0.9	2.5	1.8	0.0	1.2	2.5

Arg=Arginina, Cis=Cistina, Gli=Glisina, His=Histidina, Ils=Isoleusina, Leu=Leusina, Lis=Lisina, Met=Metionina, Fe=Fenilalanina, Tre=Treonina, Tri=Triptófano, Tir=Tirosina, Val=Valina.

### 2.9.2. Harina de Pota (*Dosidicus gigas*)

Es una especie pelágica oceánica que realiza migraciones por alimentación y reproducción, encontrándose en las zonas del Pacífico Central y Sur Oriental desde el Golfo de California hasta Chile. Tiene un aspecto casi idéntico al calamar con el que suele confundirse y, por ello, recibe el nombre de “calamar gigante”; teniendo otros nombres comunes como: jibia, calamar volador, jumbo squid. Entre las variedades y/o formas de la harina de pota (squid meal) se pueden mencionar las siguientes: residual, prime, súper prime, súper prime especial, estándar, secada al vapor, martajada, granulada, etc. Todas estas presentaciones dependen del nivel de proteínas, partes de pota que han sido utilizadas, así como el proceso para su elaboración.

### 2.9.3. Harina de Pescado prime

La harina de pescado es la materia prima que predomina en las dietas de la mayoría de peces, especialmente de truchas (Fickler, 2003). Debido a que son carnívoras. Las raciones generalmente contienen alrededor de 50% de harina pescado para cubrir los altos niveles de proteína de las truchas en crecimiento. Estas harinas constituyen fuentes de proteína bien adaptadas para los peces, porque poseen un perfil de aminoácidos que cubren las necesidades de los vertebrados y

particularmente de los animales acuáticos. Su composición en aceites es una excelente fuente de energía y poseen un contenido elevado de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPICL). Estos ácidos grasos son los más importantes para los peces. También son buenas fuentes de minerales esenciales (calcio, fósforo, magnesio, y oligo-elementos) y vitaminas (B12, A, D, Colina, Inositol, y también otras vitaminas en menor cantidad con la excepción de la vitamina C), estas harinas también aportan carotinoides (Shimada, 2009).

#### **2.9.4. Harina de maíz**

El maíz tiene tres aplicaciones posibles: alimento, forraje y materia prima para la industria. Como alimento, se puede utilizar todo el grano, maduro o no, o bien se puede elaborar con técnicas de molienda en seco para obtener un número relativamente amplio de productos intermedios, partículas de diferentes tamaños, escamas, harina y harina fina, que a su vez tienen un gran número de aplicaciones en una amplia variedad de alimentos. Desde hace relativamente poco, el maíz «de elevada humedad» ha despertado gran interés como alimento para animales, debido a su menor costo y a su capacidad de mejorar la eficiencia de la transformación de los alimentos (Burge y Duensing, 1989).

#### **2.9.5. Soya integral extruida**

Debido al costo elevado de harina de pescado, las proteínas vegetales se han constituido como la alternativa más viable para su sustitución en dietas acuícolas. Las leguminosas son principales fuentes de proteína vegetal por su elevado contenido de proteína de buena calidad, vitaminas y minerales, particularmente fósforo y hierro, sin embargo su calidad nutricional es afectada por la presencia de factores anti nutricionales entre los que destacan los inhibidores de proteasas. Los estudios indican que la soya entera tratada con calor puede sustituir hasta 73% de la

proteína animal en dietas para peces, mientras que la harina es considerada actualmente uno de los ingredientes más importantes en dietas para salmónidos y bagre, en cuya dieta puede sustituir 75 y 100% de la proteína animal, respectivamente (Olvera y Olivera, 2000).

La semilla de soya es una excelente fuente de proteínas y vitaminas. Es la proteína vegetal más abundante y con uno de los mejores perfiles de aminoácidos de entre los ingredientes vegetales en relación con los requerimientos de los peces, por lo que se han hecho múltiples estudios para evaluar su eficiencia en dietas para peces. Sin embargo, contiene factores anti nutricionales termolábiles incluyendo inhibidores de tripsina, hemaglutininas, goitrógenos y factores anti vitaminas D, E y B<sub>12</sub>, además de anti nutrientes resistentes al calor entre los que se encuentran saponinas, estrógenos, factores flatulentos y lisinoalanina, los cuales afectan su valor alimenticio y reducen la palatabilidad de los alimentos cuando se preparan con niveles elevados de este material. Adicionalmente, aproximadamente 70% del fósforo en la semilla se encuentra formando parte de fitatos por lo que no está disponible para los mono gástricos. Los fitatos actúan como quelantes formando complejos indigeribles de proteína-ácido fítico que pueden reducir la disponibilidad de la proteína y minerales tales como el zinc, manganeso, cobre, molibdeno, calcio, magnesio y fierro (NRC, 1993).

#### **2.9.6. Aceite de pescado**

El aceite de pescado es la fuente disponible más rica de ácidos grasos de cadena larga altamente insaturados EPA y DHA y el aceite de anchoveta peruana dispone de uno de los contenidos más altos de estos ácidos grasos entre todos los aceites de pescado. Esto significa que la búsqueda de aceite está en aumento para su inclusión no sólo para cápsulas para consumo directo sino también para alimentos

funcionales. Sin embargo, a pesar de este mercado en aumento, la mayoría del aceite de anchoveta se destina a la inclusión en nutrición acuícola asegurando así la salud de los peces e impartiendo valiosas propiedades promotoras de la salud en los productos finales. El aceite de pescado tiene menor a 4% de ácidos grasos libres, menor a 2% de materia insaponificable, menor a 0.8% de humedad e impurezas, 160-180 de valor yódico, 20-35% de totox, 15-17% de EPA Omega 3 y 7-9% de DHA Omega 3 (IFFO, 2007).

### **2.9.7. Aceite vegetal**

La sustitución con ciertos aceites vegetales ricos en ácido linolénico siempre que reemplace solo en parte a los aceites marinos, en general no haría más susceptibles a las enfermedades en los peces. En cuanto a los aceites que hoy día se incorporan en algunas dietas hasta en un 40%, se ha mejorado la calidad entregando al comercio un producto, rico en ácidos grasos polinsaturados de cadena larga del tipo Omega 3, garantizando una media de 30% de EPA y DHA. Estos aceites tienen además un bajo contenido de oxidación medido como TOTOX (Anisidina y Peróxido) y un bajo contenido de oxiácidos.

### III. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. **Ámbito de estudio**

El trabajo de investigación, se desarrolló en las instalaciones de la Empresa Paola's Trout SAC del distrito de Chucuito, provincia de Puno, a 18 Km de la carretera panamericana Puno-Ilave, a una altitud de 3812 msnm, entre las coordenadas 15°33'15" de latitud Sur y 69°53'21" de longitud Oeste.

Los análisis químico-proximal y las dietas se formularon en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, situado a 3828 m.s.n.m. de altitud a 16°35'36" latitud Sur y 68°34'02" longitud Oeste. El peletizado y la extrusión de las dietas formuladas se realizaron en la planta de alimentos Arapa SAC. La duración del experimento fue entre Julio - setiembre del 2014.

#### 3.2. **Instalaciones de cultivo**

El experimento se realizó en un sistema de jaulas flotantes de confinamiento semi-sumergidas. Se utilizó 2 estructuras cuadradas rígidas de 5m X 5m de longitud, sostenidas con palos de eucalipto de 6m de longitud unidas en sus extremos con flotadores en cada esquina, en los cuales se acondiciono 42 mini jaulas de cultivo.

Las mini bolsas fueron confeccionadas para el cultivo de truchas en jaulas flotantes de 1.20m X 1.20m de longitud por 1.60m de altura, con mallas de  $\frac{3}{4}$ , hilo alquitranado de 210/24 y cabo de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, la cual se instaló en las estructuras rígidas de 5x5 m, para luego poder sembrar las truchas juveniles.

EB1	NRC	EB2
EB2	EWOS	EA2
EWOS	EB1	EA1
EA1	EA2	NRC

EB2	EA2	NRC
EWOS	EA1	EB2
EA2	NRC	EB1
EB1	EWOS	EA1

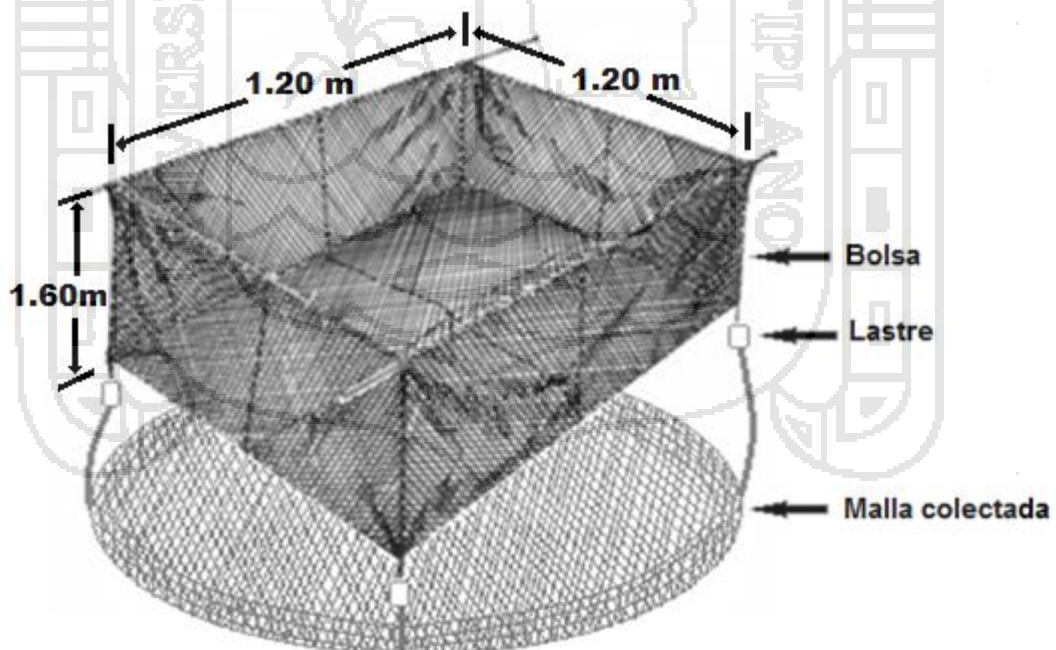
EA1	EB1	EB2
EA2	NRC	EA1

EA2	EWOS	NRC
NRC	EB2	EB1
EB1	EA1	EWOS
EWOS	EA2	EB2

**Figura 5.** Esquema de distribución de jaulas, con sus respectivos tratamientos y repeticiones de las dietas en experimento.

### 3.3. Instalaciones para colección de materia orgánica

El confecciono 42 colectores circulares rígido de 1.20m de diámetro, con malla fina de 1/32, sujeta a los bordes de un alambroón con hilo alquitranado de 210/ 24, estas se instalaron sumergidas por debajo de cada mini bolsa de cultivo para truchas, sujetadas con cabos a las cuatro esquinas (ver figura. 6, representación gráfica).



**Figura 6.** Instalación de la malla colectora.

### 3.4. Animales

En el ensayo se emplearon 2100 truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) de la etapa juvenil, estos fueron distribuidos al azar en 42 mini jaulas de cultivo (50 truchas/jaula), las truchas tenían un peso inicial promedio de  $227.6 \pm 6.3$ g y una longitud promedio de  $24.9 \pm 0.1$ cm procedentes de la empresa Paola's Trout del distrito de Chucuito-Puno.

### 3.5. Material de laboratorio

#### Reactivos

- Ácido sulfúrico  $H_2SO_4$
- Hidróxido de sodio NaOH al 50%
- Ácido bórico  $H_3BO_3$
- Ácido clorhídrico HCl 0.05N

#### Equipos

- Destilador de agua x 0.25 litros/hora.
- Estufa National, E5510.
- Mufla Furnace 48000.
- Espectrofotómetro Jenway®.
- Mezclador de alimentos x 50kg.
- Molino, Trapp TRF – 800.
- Balanza analítica x 205g/0.1mg, Boeco®.
- Balanza digital x 10000g/1g, Boeco®.

#### Otros materiales

- Material de vidrio (balones Kjeldahl, vasos de 300, 500 y 800ml, Beakers, embudos)



- Otros materiales (crisoles, papel filtro, papel aluminio, recipientes, bolsas herméticas, marcadores).
- Fichas de registros.
- Cámara fotográfica.

### 3.6. Dietas en prueba

Se utilizaron 6 dietas: una dieta comercial (Ewos®). EWOS Chile Alimentos, es la filial chilena de la empresa de origen Noruego EWOS. La Compañía se dedica a la fabricación y comercialización de alimento para peces y tiene operaciones desde la Región del Bío Bío al sur. EWOS Chile es parte del Grupo Cermaq, consorcio industrial y comercial de capitales noruegos, ligado a la producción de alimento para peces, cultivo de peces y operaciones comerciales de granos.

Tabla 6. Composición nutricional Ewos Van-500.

Alimento	Calibre	Uso recomendado para peces de	Proteína Cruda	Lípidos	Humedad	Cenizas	Fibra cruda	Extracto no nitrogenado
		Gramos	Min.	Min.	Max.	Max.	Max.	Max.
EWOS	500	500 – 1000	38	25	10	10	2.5	18

[www.ewos.com/wps/wcm/connect/ewos-content-chile/ewos-chile](http://www.ewos.com/wps/wcm/connect/ewos-content-chile/ewos-chile)

Las dietas se completaron con una dieta a base de insumos convencionales para la alimentación en trucha que incluyó 6% de aceite (NRC-93); dos dietas que tuvieron 12% de aceite (energía baja; EB<sub>1</sub> vs EB<sub>2</sub>) y dos dietas tuvieron 18% de aceite (energía alta; EA<sub>1</sub> vs EA<sub>2</sub>). La formulación de las dietas se formularon a mínimo costo con el Software Mini-Mix® (Format International, Inglaterra), luego de la formulación las materias primas fueron molidas, mezcladas y extruidas en la planta de elaboración de alimentos para peces Arapa S.A.C. (Kahl® extrusor OEE-8) con una capacidad de producción de 200 Kg por hora. La composición química de las

materias primas empleadas en la formulación se muestra en la tabla 7 y en la tabla 8 las especificaciones de las dietas experimentales, la formulación de las dietas y el contenido nutricional se muestra en la tabla 9, queriéndose lograr dietas con una alta digestibilidad que reduzcan la contaminación del agua.



Tabla 7. Composición de las materias primas empleados en la formulación de las dietas experimentales.

Materias primas	Precio,	EM,	PC,	FC,	Ca,	P,	Lis.,	Met.,	Cis.,	Trp.,	Arg.,	Tre.,
	S/. g <sup>-1</sup>	Mcal Kg <sup>-1</sup>	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Harina pescado prime	4.50	3.300	66.00	1.50	4.30	2.95	5.20	1.80	1.00	0.80	3.40	2.60
Pioval 2® *	2.50	3.300	70.00	2.00	0.05	0.05	1.50	0.45	4.50	0.15	3.40	2.90
Harina de pota	3.50	3.000	80.00	2.50	0.80	0.60	3.50	1.50	11.20	1.00	3.60	3.00
Soya integral extruida	1.40	2.250	44.00	6.20	0.32	0.20	2.90	0.65	0.67	0.60	3.20	1.80
Harina de maíz	0.80	3.310	7.70	2.50	0.02	0.27	0.22	0.16	0.17	0.06	1.50	0.27
Harina de trigo	0.65	2.500	16.00	6.00	0.09	0.21	0.70	0.17	0.20	0.20	0.10	0.50
Aceite de pescado	5.00	8.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite de soya	3.80	9.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metionina DL	16.50	4.360	58.50	0.00	0.00	0.00	0.00	99.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lisina HCL	14.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Treonina 98%	23.00	3.230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.00
Fosfato bicálcico (Fosbic®)	1.85	0.00	0.00	0.00	25.5	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Premix V+M	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Montchack 3T (Chacko)	0.80	0.00	0.00	0.00	0.33	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Celite (Hyflo Super Cel®)	52.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Harina de orégano	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\* Hidrolizados de pieles de ovino y alpaca

Tabla 8. Particularidades de niveles de grasa, e inclusión de proteína animal (harina de pescado, harina Pioval-2® y harina de pota

Nivel	Fuente de Proteína	Alimento	Especificaciones
control	Harina de pescado	NRC-93 (6% aceite)	Alimento formulado y elaborado para el experimento. Esta fue una dieta convencional, la adición de 6% de aceite (60% aceite de pescado + 40% aceite vegetal) la clasifica como alimento bajo en energía. Incluye alto nivel de harina de pescado como principal fuente de proteína animal.
baja	Harina de pescado y Pioval-2®	EB1 (12% aceite)	Alimento formulado y elaborado para el experimento. Contiene 12% de aceite adicionado. Incluye dos fuentes de proteína animal (harina de pescado y Pioval-2®).
	Harina de pescado, harina Pioval-2® y harina de pota	EB2 (12% aceite)	A diferencia de la anterior, contiene tres fuentes de proteína animal (harina de pescado, harina Pioval-2® y harina de pota).
Alto	Harina de pescado y Pioval-2®	EA1 (18% aceite)	Alimento formulado y elaborado para el experimento. Contiene 18% de aceite adicionado. Incluye dos fuentes de proteína animal (harina de pescado y Pioval-2®). Se considera dieta alta en energía.
	Harina de pescado, harina Pioval-2® y harina de pota	EA2 (18% aceite)	A diferencia de la anterior, contiene tres fuentes de proteína animal (harina de pescado, harina Pioval-2® y harina de pota). Se considera dieta alta en energía.
	-	Ewos® (25% min aceite)	Alimento comercial tal como se expende en el mercado de Procedencia Noruega filial Chilena.

Tabla 9. Composición de las dietas experimentales para truchas en crecimiento. Inclusión de aceite en la dieta, 6% 12% y 18%

Ingredientes	Ewos	Inclusión de aceite en la dieta, %				
		NRC-93	EB1	EB2	EA1	EA2
		6	12	12	18	18
Harina de pescado prime		38.00	20.00	20.00	26.00	26.00
Harina de pota		0.00	0.00	9.00	0.00	9.00
Harina Pioval-2		0.00	20.00	10.00	15.20	6.90
Soya integral extruida		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Harinilla de trigo		15.00	9.50	12.00	8.11	8.90
Harina de maíz		15.20	11.46	10.30	5.20	5.00
Aceite de pescado		3.60	7.20	7.20	11.26	10.74
Aceite de soya		2.40	4.80	4.80	7.51	7.16
Lisina HCl		0.00	0.33	0.11	0.29	0.08
DL-Metionina 99		0.00	0.53	0.42	0.53	0.42
Treonina, 98		0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
Carbonato de calcio		0.00	0.38	0.37	0.00	0.00
Premix acuicultura		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Cloruro de colina		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Harina de orégano		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Arcilla Montchack®		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo, S/. Kg		2.88	3.13	3.07	3.58	3.49
Nutrientes calculados, % de la base natural						
Energía Digestible, Mcal/kg	5.48	3.81	4.05	4.06	4.50	4.50
Proteína cruda, %	Min 38	38.11	39.25	38.36	39.00	39.00
Fibra cruda, %	Max 25	3.17	2.70	2.77	2.42	2.44
Ca, %		1.49	1.00	1.00	1.06	1.07
P total, %	0.89	1.22	0.78	0.79	0.88	0.89
Lys, %		2.61	2.03	2.03	2.25	2.25
Met, %		0.92	1.10	1.10	1.20	1.20
Cis, %		0.38	0.45	0.48	0.58	0.53
Trip, %		0.49	0.42	0.45	0.44	0.47
Arg, %		2.52	3.36	2.80	3.17	2.72
Tre, %		1.65	1.70	1.65	1.64	1.69

NRC-93: dieta con ingredientes convencionales; EB1: dieta con energía baja 1; EB2: dieta con energía baja 2; EA1: dieta con energía alta 1; EA2: dieta con energía alta 2.

Tabla 10. Análisis de la composición químico-proximal de las dietas experimentales.

Dietas	Componentes, %				
	MS	C	MO	P	N
NRC-93	95.7	9.98	90.02	0.99	5.83
EB <sub>1</sub>	95.16	7.29	92.71	0.78	6.63
EB <sub>2</sub>	96.10	8.04	91.96	0.98	6.36
EA <sub>1</sub>	96.76	8.3	91.7	0.93	6.23
EA <sub>2</sub>	97.21	8.71	91.29	0.83	6.43
Ewos <sup>®</sup>	97.03	6.11	93.89	0.88	6.23

MS: Materia seca, C: Ceniza, MO: Materia orgánica, P: Fósforo, y N: Nitrógeno.

### 3.7. Metodología

#### 3.7.1. Determinación de emisiones de materia orgánica (MO)

Los desechos sólidos colectados de las dietas experimentales fueron tomados de las mallas colectoras acondicionadas en cada jaula. Las muestras se conservaban en frío hasta la llegada al laboratorio. Después de escurrir bien, los residuos se secaron en estufa (Dry Cabinet<sup>®</sup> Hungría) con circulación de aire a 60 °C por 72 horas hasta obtener el peso constante, luego envasados y conservados hasta su molienda para los análisis respectivos. El pesado de las muestras de residuos y las dietas se realizaron en la balanza de precisión Boeco<sup>®</sup> de 210g de capacidad, con un error 0.1mg. La MO y CT (cenizas totales) se determinaron mediante la incineración de las muestras en el (Thermolyne<sup>®</sup> Furnace-4800) 600°C 4 h. Tres muestras por cada tratamiento de 0.5g de peso seco. Las cenizas obtenidas después de la combustión se pesaron y se determinaron su porcentaje. El porcentaje de MO (peso seco libre de cenizas) se calculó como 100 menos el porcentaje de cenizas totales.

### 3.7.2. Determinación de nitrógeno

El contenido nitrógeno (% N) en la materia orgánica se determinó por el método Kjeldahl por digestión de las muestras con ácido sulfúrico concentrado con adición de catalizador, es seguido de la destilación con NaOH al 50% en presencia de una solución indicadora con ácido bórico al 2%. Por último se realizó la titulación con HCl al 0.05 N.

$$NT, \% = \left( \frac{\text{volumen (ml)} \times \text{normalidad} \times \text{meq. del Nitrógeno}}{\text{Peso de la muestra analizada (g)}} \right) \times 100$$

### 3.7.3. Determinación de fósforo

El contenido fósforo (% P) en los residuos sólidos colectados se determinó por el método el Photometric Method AOAC Official Method 965.17, Phosphorus in Animal Feed and Pet Food.

#### *Procedimiento*

1. Pesar 5g de muestras colocar en una capsula y calcinar a 600°C por 6h, obteniéndose la ceniza libre de carbón.
2. Digerir las cenizas con 40 mL de la solución acida HCl (1:3) y unas gotas de HNO<sub>3</sub> concentrado. Llevar a ebullición suave durante aproximadamente 5min y enfriar.
3. Transferir a una fiola de 100mL, completar a volumen enjugando con agua caliente los crisoles, transferir una alícuota adecuada en una fiola de 25mL luego adicionar 5mL, del reactivo molibdovanadato. Diluir a volumen con agua destilada y homogenizar bien.

4. Esperar 10min y leer la absorbancia a 400nm, primero llevar el equipo a 0 de absorbancia con una solución testigo y determinar ppm de P a partir de la curva preparada.

La fórmula para determinar el contenido de fósforo fue  $P, \% = 0.0025 \text{ ppm/g}$  de muestra en la alícuota.

$$P, \% = \frac{0.0025(\text{absorbancia})\text{ppm}}{(\text{gramo de muestra en la alícuota})}$$

### 3.8. Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un diseño de una vía de clasificación, determinando diferencias en las emisiones de materia orgánica (MO), nitrógeno (N) y fósforo (P) de los peces alimentados con dietas con distintos niveles de energía y proteína. Los análisis químicos proximales de los residuos sólidos fueron analizados en un diseño completo al azar con 6 tratamientos y 3 réplicas por tratamiento, y vertidos de residuos al medio por tonelada de peces producidos fueron analizados en un diseño completo al azar con 6 tratamientos y 7 réplicas por tratamiento. Las diferencias entre medias fueron determinadas mediante la prueba de Tukey, con la ayuda de un Programa estadístico SAS, versión 9.2 sujeto al siguiente modelo aditivo lineal es el siguiente:

Dónde:

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

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto de los tratamientos

$\varepsilon_{ij}$  = error experimenta



## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Materia orgánica (MO)

En la tabla 11, se aprecian las concentraciones en las dietas y residuos de la materia orgánica (MO) de seis dietas experimentales (dieta control=NRC-93, dietas de energía baja=EB<sub>1</sub> y EB<sub>2</sub>, dietas de energía alta=EA<sub>1</sub>, EA<sub>2</sub> y la dieta comercial=Ewos<sup>®</sup>); en donde se indica que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las concentraciones y vertidos al medio por tonelada de peces producidos.

Tabla 11. Materia orgánica (MO) en las dietas y residuos sólidos colectados.

Variable	Dietas						EEM	P
	NRC-93	EB <sub>1</sub>	EB <sub>2</sub>	EA <sub>1</sub>	EA <sub>2</sub>	Ewos <sup>®</sup>		
Dieta, % (n=3)	90.02 <sup>f</sup>	92.71 <sup>b</sup>	91.96 <sup>c</sup>	91.70 <sup>d</sup>	91.29 <sup>e</sup>	93.89 <sup>a</sup>	0.13	0.001
Residuos, % (n=3)	95.91 <sup>e</sup>	97.99 <sup>a</sup>	96.86 <sup>c</sup>	97.73 <sup>b</sup>	96.43 <sup>d</sup>	96.43 <sup>d</sup>	0.15	0.001
Residuos, Kg/TM (n=7)	1998.10 <sup>a</sup>	1825.57 <sup>a</sup>	1632.49 <sup>b</sup>	1493.41 <sup>b</sup>	1272.09 <sup>c</sup>	1185.57 <sup>c</sup>	41.06	0.001

EEM = Error estándar de la media. n= observaciones por media. Medias con letras distintas dentro de la misma columna, difieren a la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). Kg/TM=vertidos de residuos al medio por tonelada de peces producidos /año. Residuos=heces, alimento no consumido y otros.

La MO fue superior en la dieta Ewos<sup>®</sup> (93.89%) y el menor lo obtuvo la dieta NRC-93 baja en energía (90.02%) siendo menor a las otras dietas.

En el experimento se observó que la MO, resulto mayor en la dieta Ewos<sup>®</sup> esto se debe a que posee insumos de excelente calidad como la harina de pescado (HP) como fuente principal de proteína, menor la dieta NRC-93 que se formuló únicamente con HP como única fuente de proteína.

La MO en los desechos sólidos colectados fue superior EB<sub>1</sub> y EA<sub>1</sub> (97.99 y 97.73%, respectivamente) y presentaron valores intermedios EB<sub>2</sub>, EA<sub>2</sub> y Ewos<sup>®</sup> (96.86, 96.43 y 93.43%, respectivamente) y el menor lo obtuvo NRC- 93 (95.91%).

Los vertidos de residuos al medio por tonelada de peces producidos en un año, donde genero mayor emisión de MO la dieta NRC-93 y EB<sub>1</sub> (1998.10 y 1825.57 Kg/TM,

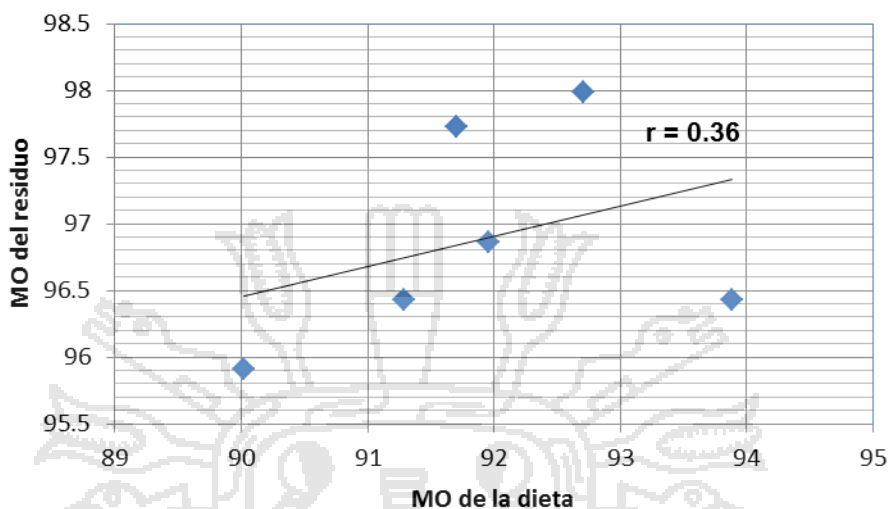
respectivamente) seguido por dietas y EB2 y EA1 (1825.57 y 1493.41Kg/TM, respectivamente) y los que generaron menor fueron la dietas con nivel de energía alta, EA2 y Ewos<sup>®</sup> (1272.09 y 1185.57 Kg/TM, respetivamente). Halver y Hardy (2002) observo que cantidades de materia orgánica colectadas está relacionada con el nivel de energía de la dieta y proteína, como se sabe los lípidos proporcionan la cantidad suficiente de energía para la asimilación de la mayor cantidad de los nutrientes de la dieta incluyendo aquellos que son poco digeridos.

Gregor (2007) realizo estudios donde determino composición proximal, de un típico alimento para salmón Atlántico, con un 42% proteína cruda y 33% de nivel de aceite donde encontró materia orgánica en dieta de (93.2 %) y en las heces encontró (96.6%). Estos resultados son muy similares a los obtenidos en el ensayo, con la dieta Ewos<sup>®</sup> esto se debe probablemente a que posee insumos de excelente calidad como la harina de pescado y alto nivel de energía.

Nuñes (2014) en un ensayo de digestibilidad en truchas donde trabajo con estas mismas dietas y los mismos niveles de energía, donde determino la digestibilidad MO, presento las siguientes en Ewos<sup>®</sup> (83.22%), EA<sub>2</sub> (82.18%), EA<sub>1</sub> (80.68), EB<sub>2</sub> (79.08 y EB<sub>1</sub> (78.69%) y el menor valor corresponde a NRC-93 (75.90%) lo que afirma que existe una relación directa entre el nivel de aceite de la dieta y la digestibilidad de la misma.

En la figura 7 se aprecia la relación que existe entre el porcentaje de materia orgánica de la dieta con la materia orgánica de los residuos. La correlación baja ( $r = 0.36$ ) es positiva y nos indica que a medida que la materia orgánica incrementa en la dieta, también incrementa en los residuos colectados. Aunque debemos aclarar que la materia orgánica de los residuos está influenciada por la presencia de alimentos no

digeridos (heces) por las truchas, residuos de alimentos no consumidos, algas, camaroncillos y caracoles.



**Figura 7.** Correlación entre el contenido de materia orgánica (MO) en las dietas y la MO en los residuos colectados.

#### 4.2. Nitrógeno (N)

En la tabla 12, se aprecian las concentraciones en la dietas y residuos de nitrógeno (N) de seis dietas experimentales (dieta control=NRC-93, dietas de energía baja=EB<sub>1</sub> y EB<sub>2</sub>, dietas de energía alta=EA<sub>1</sub>, EA<sub>2</sub> y dieta comercial=Ewos®); en donde se indica que existe diferencia significativa (P<0.05) entre las concentraciones y vertidos al medio por tonelada de peces producidos.

Tabla 12. Nitrógeno (N) en las dietas experimentales y residuos sólidos colectados.

Variable	Dietas						EEM	P
	NRC-93	EB <sub>1</sub>	EB <sub>2</sub>	EA <sub>1</sub>	EA <sub>2</sub>	Ewos®		
Dieta, % (n=3)	5.83 <sup>d</sup>	6.63 <sup>a</sup>	6.36 <sup>bc</sup>	6.23 <sup>c</sup>	6.43 <sup>b</sup>	6.23 <sup>c</sup>	0.25	0.001
Residuos, % (n=3)	2.79 <sup>d</sup>	3.96 <sup>b</sup>	1.78 <sup>e</sup>	4.16 <sup>ab</sup>	3.62 <sup>c</sup>	4.29 <sup>a</sup>	0.11	0.001
Residuos, kg/TM (n=7)	46.79 <sup>c</sup>	57.59 <sup>a</sup>	44.57 <sup>c</sup>	52.49 <sup>b</sup>	42.23 <sup>c</sup>	35.65 <sup>d</sup>	1.19	0.001

EEM = Error estándar de la media. n= observaciones por media. Medias con letras distintas dentro de la misma columna, difieren a la prueba de Tukey (P<0.05). Kg/TM=vertidos al medio por tonelada de peces producidos/año. Residuos=heces, alimento no consumido y otros.

Las concentraciones de N fue superior en la dieta EB1 (6.63%) seguido de las dietas EA2 y EB2 (6.43 y 6.36%, respectivamente) presentan valores inferiores las dietas EA1, Ewos<sup>®</sup> y NRC (6.23, 6.23 y 5.58% respectivamente). esto se debe por la cantidad de proteína cruda, que contiene dietas experimentales donde la dieta EB1 presenta (39.25%) y las que siguen EA2 y EB2 (39.00 y 38.36 %, respectivamente) y los presentaron valores inferiores la EA1, Ewos<sup>®</sup> y NRC-93 (39.00, 38 min y 38.11%, respectivamente) por tanto esto concuerda con el contenido de nutrientes calculados de las dietas experimentales formuladas.

La mayor concentración de N en los residuos sólidos colectados presento la dieta Ewos<sup>®</sup> (4.29%) seguido de EA1 y EB1 (4.16 y 3.96%, respectivamente) y presentan valores intermedios la EA2, y NRC-93 (3.62 y 2.79% respectivamente) y el menor es EB2 (1.78%). En la dieta Ewos<sup>®</sup> encontramos mayor concentración nitrógeno en los residuos colectados probablemente este influenciada por la formación de un ecosistema en cada malla colectora en donde está formado por las algas, camaroncillos y caracoles.

Por otro lado vertidos de residuos al medio por tonelada de peces producidos en un año, donde la dietas que mayor N generaron fue EB1 y EA1 (57.59 y 52.49 Kg/TM, respectivamente) y con valores intermedios las dietas NRC, EB2 y EA2 (46.79, 44.57 y 42.23 Kg/TM, respectivamente) y la dieta que menor genero fue la Ewos<sup>®</sup> (35.65Kg/TM). Los cual estos resultados este mas relacionado con la proteína de la dieta y los aminoácidos que forman parte de ella, a lo que diremos que la calidad de la proteína de los insumos empleados en la alimentación de truchas debe ser de muy buena calidad para tenga una buena digestibilidad. En nuestro trabajo la mayor concentración de nitrógeno en los residuos colectados lo obtuvo las dietas EA1 y EB1, que su fuente de proteína contienen HP y Pioval-2<sup>®</sup>, y este último insumo no

posee un buen balance de aminoácidos haciéndole poco digestible lo que corrobora a lo manifestado por Canaza (2011), que no obtuvo buenos resultados en la digestibilidad de los nutrientes de Pioval-2<sup>®</sup>, muy contrario a lo que ocurre con la HP por el buen perfil de aminoácidos.

Moccia *et al.* (2007) evaluó tres dietas con diferente nivel de proteína/lípido/N, D1: 41/23/5.18±0.99%, D2: 45/22/6.09±1.40% y D3: 41/24/4.50±1.38%; alcanzado la concentración de N en heces de (3.62±0.28, 5.20±0.04 y 3.08±0.01% respectivamente), La cual podemos señalar que la composición de la dieta por la cantidad de proteína es un factor que afecta la excreción de nitrógeno (Mustapha *et al.*, 2013).

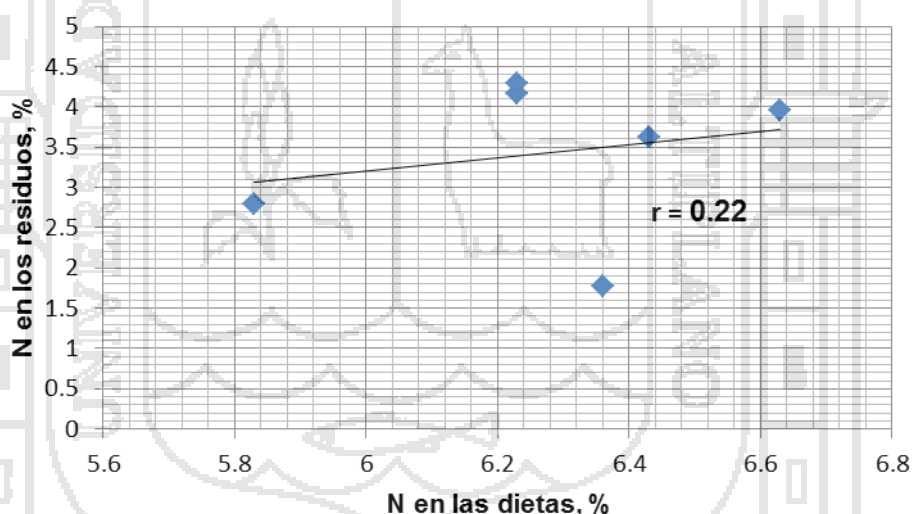
En otro trabajo reportado por Vergara *et al.* (2005) analizo dietas comerciales para peces lubinas y doradas, donde concentración de N en las dietas estuvo entre los niveles de (6.1% a 7.3%), encontrando la concentración de N en la heces: lubinas (5.5 a 6.05 %) y la peces doradas (2.68 a 2.97%). que es similar encontrado en nuestro trabajo, es importante la calidad de la proteína de la dieta que actúa directamente en la retención de este nutriente.

Dalgaard y Pedersen (2011) en un ensayo con tres tratamientos realizo el balance del N de la dieta donde el 49.1±3.0% es retenido en el pez, 51.2±4.1% se disuelve en el agua y un 7.4±0.6% es N sólido, y este último representa a la excreción de nitrógeno que es un valor similar a la cantidad promedio excretada en nuestro trabajo, cabe señalar que la el nitrógeno en el agua se disuelve muy rápidamente formando el amonio que eutrofiza el ecosistema acuático.

Ackefors y Enell (1990), trabajo en salmónidos, con un índice de conversión de 1.5, la cantidad de nitrógeno eliminado al medio estaría entre 63 y 93 kg por tonelada de peces producida, con índices de conversión entre 0.9 y 1.8, Gebauer (1990) afirma

que en granjas de salmónidos en noruega, se aportan al medio entre 35 y 100 kg de nitrógeno, por tonelada de peces producidos, Ackefors (1999) describe para un índice de conversión de 1.3, un aporte 53 kg de nitrógeno. Los resultados de vertidos de residuos al medio por tonelada de peces producidos en un año, obtenidos en nuestro trabajo son similares.

En la figura 8 se aprecia la relación que existe entre el porcentaje de nitrógeno en la dieta con el nitrógeno de los residuos. La correlación baja ( $r=0.22$ ) es positiva y nos indica que a medida que el nitrógeno incrementa en la dieta, también incrementa en los residuos colectados. Aunque debemos aclarar que el nitrógeno de los residuos está influenciada por la presencia de alimentos no digeridos (heces) por las truchas, residuos de alimentos no consumidos, algas, camaroncillos y caracoles.



**Figura 8.** Correlación entre el contenido de Nitrógeno (N) en las dietas y el N en los residuos colectados.

#### 4.3. Fósforo (P)

En la tabla 13, se aprecian las concentraciones en las dietas y residuos de fósforo (P) de seis dietas experimentales (dieta control=NRC-93, dietas de energía baja=EB<sub>1</sub> y EB<sub>2</sub>, dietas de energía alta=EA<sub>1</sub>, EA<sub>2</sub> y dieta comercial=Ewos®); en donde se

indica que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las concentraciones y vertidos al medio por tonelada de peces producidos.

Tabla 13. Fósforo (P) en las dietas experimentales y residuos sólidos colectados.

Variable	Dietas						EEM	P
	NRC-93	EB <sub>1</sub>	EB <sub>2</sub>	EA <sub>1</sub>	EA <sub>2</sub>	Ewos <sup>®</sup>		
Dieta, % (n=3)	0.99 <sup>a</sup>	0.78 <sup>d</sup>	0.98 <sup>a</sup>	0.93 <sup>ab</sup>	0.83 <sup>cd</sup>	0.88 <sup>cd</sup>	0.21	0.001
Residuos, % (n=3)	3.09 <sup>a</sup>	1.40 <sup>c</sup>	2.21 <sup>b</sup>	2.40 <sup>b</sup>	2.69 <sup>ab</sup>	2.96 <sup>ab</sup>	0.25	0.001
Residuos, Kg/TM (n=7)	5.13 <sup>a</sup>	2.56 <sup>c</sup>	3.16 <sup>b</sup>	2.82 <sup>bc</sup>	3.04 <sup>b</sup>	3.09 <sup>b</sup>	.008	0.001

EEM = Error estándar de la media. n= observaciones por media. Medias con letras distintas dentro de la misma columna, difieren a la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). Kg/TM=vertidos al medio por tonelada de peces producidos/año. Residuos=heces, alimento no consumido y otros.

Los concentraciones de P fue mayor en las dietas NRC-93 y EB2 (0,99 y 0,98%, respectivamente) seguido por EA1 (0,93%) y presentan valores intermedios la dietas Ewos<sup>®</sup>, EA2 y EB1 (0,88, 0,83 y 0,78 %, respectivamente. Los concentración P de los residuos sólidos colectados de fue mayor en las dietas NRC-93 baja en energía (3,09%) seguido por Ewos<sup>®</sup> y EA2 (2,96 y 2,69%, respectivamente) y presentan valores intermedios la dietas EA1 y EB2 (2,40 y 2,21%, respectivamente); y el valor menor se obtuvo EB1 (1,40%).

Por otro lado vertidos de residuos al medio por tonelada de peces producidos en año, donde la dietas que mayor P generaron fue NRC-93 (5,13 Kg/TM) y con valores intermedios las dietas EB2, Ewos<sup>®</sup> y EA2 (3,16, 3,09 y 3,04Kg/TM, respectivamente) y la dieta que menor genero fue la EA1 y EB1 (2,82 y 2,56 Kg/TM, respectivamente). EL P fue mayor en NRC-93 esto se deba por la fuente de proteína donde la dieta solo contiene HP. La harina de pescado contiene (2,95%) de P, es la fuente de la mayor parte de P en la dieta de los peces y mejora la calidad del alimento implica de retener P en la dieta es una de las principales estrategias para reducir el impacto ambiental de la acuicultura. El fósforo es un elemento, cuando está presente en cantidades excesivas, conduce a la eutrofización de los recursos

acuáticos (Mustapha *et al.*, 2013). Y la dieta EB1 tubo valor menor esto se debe que la fuente de proteína, que se formularon con la combinación de Pioval-2<sup>®</sup> que contiene P (0.05%) y HP.

En otro trabajo hecho por Vergara *et al.* (2005) analizo dietas para los peces lubinas y doradas que contienen P entorno al (1%), encontrando la concentración de P en las heces en ambas especies (entre 2.05 y 2.49%).

La concentración de residuos colectados de P, ya que lo que no es retenido por el pez será desechado al medio acuático provocando la polución y/o eutrofización en el presente trabajo de investigación la mayor excreción de P fue producido por la dieta NRC-93, siendo la dieta que tuvo como principal insumo la HP y fue menor en las dietas a los que les reemplazo en parte la HP por el Pioval-2<sup>®</sup> y la harina de pota, podemos señalar que la elevada cantidad de P en dieta disminuye la retención de este en el pez, lo que también es manifestado por Fontagne *et al.* (2009) que señala que los peces solo retienen el P requerido y el resto es excretado a la columna de agua.

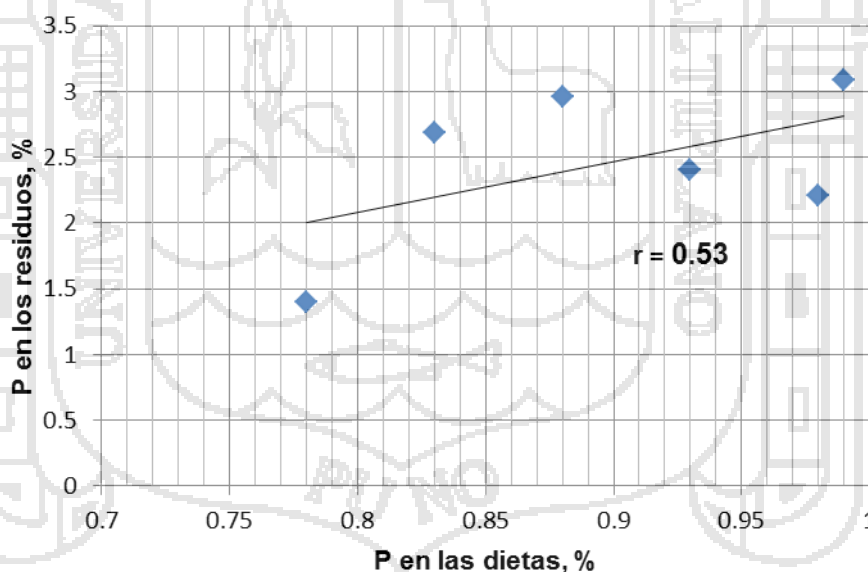
Moccia *et al.* (2007) evaluó tres dietas con diferente nivel de proteína/lípido/P, D1: 41/23/1.1%, D2: 45/22/6.09±1.15% y D3: 41/24/0.9%; alcanzado la concentración de P en heces de (2.51±0.13, 3.86±0.13 y 2.25±0.07% respectivamente. podemos señalar cantidad de e P excretado está íntimamente relacionado a la cantidad de P en la dieta, encontraron que a mayor nivel de P en la dieta mayor es la excreción a la columna de agua (Bureau y Cho 1999). Lo cuales los datos encontrados en el presente trabajo concuerdan principalmente con los residuos sólidos de NRC-93, que la única fuente de proteína es HP y presenta una energía baja. Esta elimino mayor concentración P frente a la demás dietas en estudio.

Si comparamos estos resultados con los obtenidos por otros investigadores podemos observar que las descargas al medio por año son mayores con nuestros resultados.



Ackefors y Enell (1990), trabajo en salmónidos, con un índice de conversión de 1,5, la cantidad de fósforo eliminado al medio estaría entre 6.5 y 12.5 kg por tonelada de peces producida, con índices de conversión entre 0.9 y 1.8, Gebauer (1990) afirma que en granjas de salmónidos en noruega, se aportan al medio entre 7 y 18 kg de fósforo, por tonelada de peces producidos, Ackefors (1999) describe para un índice de conversión de 1.3, un aporte 9.5 kg de fósforo.

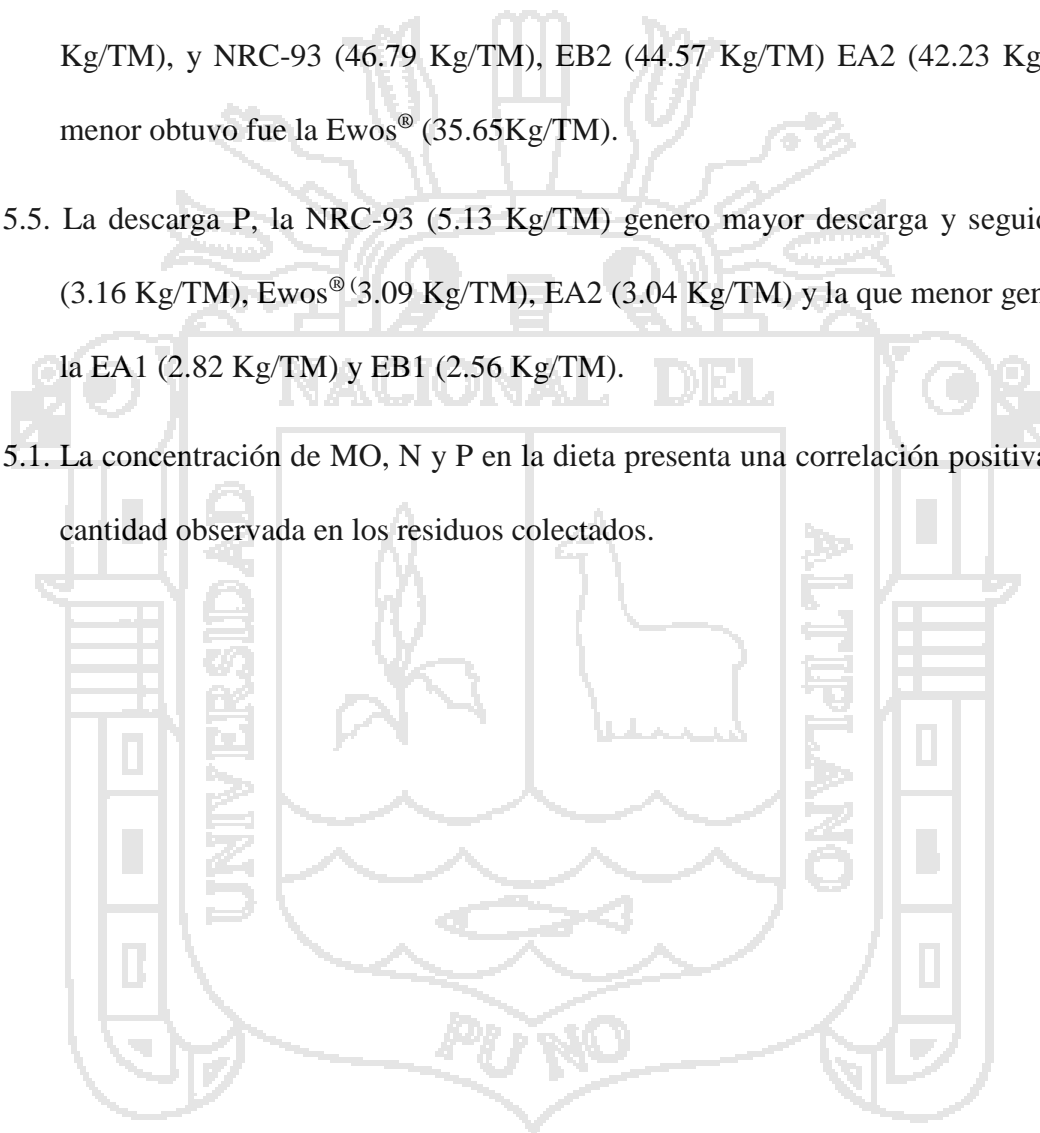
En la figura 9 se aprecia la relación que existe entre el porcentaje de fósforo en la dieta con el fósforo de los residuos. La correlación media ( $r = 0.53$ ) es positiva y nos indica que a medida que el fósforo incrementa en la dieta, también incrementa en los residuos colectados. Aunque debemos aclarar que el fósforo de los residuos está influenciada por la presencia de alimentos no digeridos (heces) por las truchas, residuos de alimentos no consumidos, algas, camaroncillos y caracoles.



**Figura 9.** Relación entre el contenido de fósforo (P) de las dietas y el P de los residuos colectados.

## V. CONCLUSIONES

- 5.1. La que mayor MO género al medio, fue la NRC-93 con (1998.10 Kg/TM), seguido EB1 (1825.57 Kg/TM), EB2 (1632.49 Kg/TM), EA1 (1493.41 Kg/TM), EA2 (1272.09 Kg/TM) y el menor Ewos® (1185.57 Kg/TM).
- 5.2. La descarga N, EB1 género mayor con (57.59 Kg/TM), seguido EA1 (52.49 Kg/TM), y NRC-93 (46.79 Kg/TM), EB2 (44.57 Kg/TM) EA2 (42.23 Kg/TM) y menor obtuvo fue la Ewos® (35.65Kg/TM).
- 5.5. La descarga P, la NRC-93 (5.13 Kg/TM) genero mayor descarga y seguido EB2 (3.16 Kg/TM), Ewos® (3.09 Kg/TM), EA2 (3.04 Kg/TM) y la que menor genero fue la EA1 (2.82 Kg/TM) y EB1 (2.56 Kg/TM).
- 5.1. La concentración de MO, N y P en la dieta presenta una correlación positiva con la cantidad observada en los residuos colectados.



## VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Realizar trabajos de investigación referidos al fósforo y nitrógeno disuelto en el agua por ser componentes que intervienen en la polución del ecosistema acuático.
- 6.2. Se recomienda realizar trabajos de concentración de sedimentos en los fondos de los lagos, donde las zonas de concentración de crianza de truchas es alto.



## VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ackefors, H. 1999. Sustainable Aquaculture Food for the future. En: Proceedings of the second International Symposium on sustainable aquaculture. Balkeme. Rotterdam. 145-169.
- Ackefors, H. and M. ENELL 1990. Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *Ambio*. 19 (1). 28-35.
- Akinrotimi, O. A., O. M. Abu and A. A. Aranyo. 2011. Environmental friendly aquaculture key to sustainable fish farming development in Nigeria. *Continental J. Fisheries and Aquatic Science*. 5(2): 17-31.
- Aranibar, M.J. 2010. Recuperación y valorización de pieles de ovino y alpaca (PIOVAL-2) en función a su valor nutritivo para alimentación animal. Tesis de pregrado en ciencias biológicas. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Arhonditsis, G. B. and M. T. Brett. 2005. Eutrophication model for Lake Washington (USA) Part I. Model description and sensitivity analysis. *Ecological Modelling*. 187: 40-178.
- Bureau, D. P. and C. Y. Cho. 1999. Phosphorus utilization by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): estimation of dissolved phosphorus waste output. *Aquaculture* 188: 363-382
- Burge, R. M. and W. Duensing. 1989. Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran *Foods world*. 39: 535-538.
- Buschmann, A. H. y A. Fortt. 2005. Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Rev. Ambiente y Desarrollo*, 21(3): 58-64.

- Canaza, C. 2011. Digestibilidad de hidrolizados de pieles de ovino y alpaca. Tesis de pregrado en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Castro, J. I. y D. M. Chirinos. 2008. Manual de formulación de raciones balanceadas para animales. Primera edición CONCYTEC. Perú. Pág. 230.
- 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.
- 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., S. J. Slinger and H.S. Bayley. 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.* 73:25-41.
- Dalgaard, J. and P. B. Pedersen. 2011. Solid and suspended/dissolved waste (N, P, O) from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 313: 92-99.
- Díaz, R., N. N. Rabalais and D. L. Breitburg. 2012. Agriculture's Impact on Aquaculture: Hypoxia and Eutrophication in Marine Waters. OECD Publishing, [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org), or by fax: +33 1 45 24 99 30.
- Fadaeifard, F., M. Raissy, M. Faghani, A. Majlesi and G. N. Farahani. 2013. Evaluation of physicochemical parameters of waste water from rainbow trout fish farms and their impacts on water quality of Koohrang stream-Iran. *Global Science Research Journals*. 1(1):109-116.
- Fickler, J. 2003. Harina de pescado. *Revista Alimentos Balanceados para Animales*. Edición Ene-Feb. Pág. 35.

- Fontagne, S., N. Silva, D. Bazin, A. Ramos, P. Aguirre, A. Surget, A. Abrantes, S. J. Kaushik and D. M. Power. 2009. Effects of dietary Phosphorus and calcium level on growth and skeletal development in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Aquaculture*. 297: 141-150.
- Fonturbel, F. 2005. Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titikaka (Bolivia). *Ecología Aplicada*. 4: 135-141.
- García, 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. 247 pp.
- Gatlin, D. M., F. T. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T. G. Gaylord, R. W. Hardy, E. Herman, G. Hu, A. Krogdahl, R. Nelson, K. Overturf, M. Rust, W. Sealey, D. Skonberg, E. J. Souza, D. Stone, R. Wilson and E. Wur. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*. 38: 551-579.
- Gebauer, R. 1990. Forurensing fra fiskeoppdrett. Utredningsoppgave i "Videreregaende vannrenseteknikk". NTH. Trondheim. 18 p.
- Gregor, K. 2007. Chapter One: Nutrient Releases from Salmon Aquaculture. Report of the Technical Working Group (WWF) on Nutrients and Carrying Capacity of the Salmon Aquaculture Dialogue. 17pp.
- Guillaume, J. and R. Metailler, 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés: Editions Inraifremer. France. pp. 147-169.
- Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot y R. Metailler. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ediciones Mundi-Prensa. España.

- Halver, J. E. and R. W. Hardy. 2002. Fish Nutrition. Third Edition. Editory Elsevier. USA.
- Haya, K., L. E. Burrige and B. D. Chang. 2001. Environmental impact of chemical wastes produced by the salmon aquaculture industry. ICES Journal of Marine Science. 58:492-496.
- Husa, V., T. Kutti, A. Ervik, K. Sjutun, P. K. Hansen and J. Aure. 2014. Regional impact from fin-fish farming in an intensive production area (Hardangerfjord, Norway). Marine Biology Research.10(3): 241-252.
- Imanpour, J., M. Sharifinia y A. B. Makrani. 2013. Assessment of fish farm effluents on macroinvertebrates based on biological indices in Tajan River (North Iran). Caspian J. Env. Sci. 11(1): 29-39.
- International fish meal and oil organization (IFFO). 2007. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos INTA, P. Universidad Católica de Chile y Especialidades Industriales Ltda. Santiago. Chile.
- Laining, A., R. F. Traifalgar, M. Thu, C. F. Komilus, M. A. Kader, S. Koshio, M. Ishikawa and S. Yokoyama. 2010. Influence of dietary phytic acid on growth, feed intake, and nutrient utilization in juveniles Japanese flounder. Paralichthys olivaceus. Journal of the World Aquaculture Society. 41: 746-755.
- Ministerio de la Producción. 2013. Recuperado de: <http://www.ministerio de la produccion /reporte/ dirección regional de la producción puno324/ htm>.
- Moccia, R., D. Bevan y G. Reid. 2007. Composition of Fecal Waste from Commercial. University of Guelph. Canada.
- Mustapha, A., B Driss, E. Khadija and B. Mohammed. 2013. Optimization and efficiency in rainbow trout fed diets for reduce the environment Impact in

- Morocco. Universal Journal of Environmental Research and Technology. 3(2):318-325.
- National Research Council (NRC). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington D. C., U.S.A.
- Naylor R.L., S.L Williams y D.R. Strong. 2001. Aquaculture a Gateway for Exotic Species. Science 294: 1655-1656.
- Nuñez, E. 2014. Digestibilidad de dietas con diferentes niveles de energía en truchas (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. Tesis de pregrado Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Puno. Perú.
- Olvera, M. A. y L. Olivera. 2000. Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente proteica en alimentos para peces. Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre, México. 151-168.
- Pokniak, J., S. Muñoz, N. Diaz, C. Gonzalez, and I. Diaz. 2004. The effect of diets with different protein/lipid ratios on productive performance and carcass characteristics of the Pacific salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Universidad de Chile. Arch. Med. Vet. XXXVI, N° 2
- Reid, G. K. 2007. Nutrient impacts of farmed atlantic salmon (*Salmo salar*) on pelagic ecosystems and implications for carrying capacity. Chapter One: Nutrient Releases from Salmon Aquaculture. University of New Brunswick. Canadá.
- Rodriguez, F. H. 2010. Determinación del contenido de energía digestible de hidrolizados de pieles de ovinos y alpacas (PIOVAL-2) en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis de pregrado Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Puno. Perú.



- Romero, J. J. y J. A. Manríquez. 1993. Esfuerzos desarrollados en Chile para disminuir el impacto ecológico de la alimentación en centros de cultivos de peces. Seminario Internacional Acuicultura y Medio Ambiente. Santiago, 2-3 septiembre de 1993. Fundación Chile. 189 pp.
- Rosenthal, H. 1994. Aquaculture and the environment. *World Aquaculture*. 25(2): 4.
- Sanz, F. 2001. La alimentación en piscicultura. XVII Curso de especialización FEDNA, Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid, España.
- Schindler, D. W. 2012. The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes. *Environmental Science*.
- Shimada, A. 2009. Nutrición animal. 2da Ed. Edit. Trillas-México. Pág. 360.
- Tacon, A. G. 1987. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados. Manual de Capacitación. Vol. 1. FAO. Brazil.
- Utete, B., L. mutasa, N. Ndhlovu and I. H. Tendaupenyu. 2013. Impact of Aquaculture on Water Quality in Lake Kariba, Zimbabwe, *International Journal of Aquaculture*. 3(4):11-16.
- Vandenberg, G., E. Boucher, E. Proulx, D. Proulx, A. Dubé and G. Ouellet. 2012. Characterization of waste generated by trout fed commercial feed currently used in Canada. [grant.vandenberg@fsaa.ulaval.ca](mailto:grant.vandenberg@fsaa.ulaval.ca)
- Vergara, M. J., R. Haroun, M. N. González, L. Molina, M. O. Briz, A. Boyra, L. Gutiérrez, and A. Ballesta. 2005. "Evaluación del Impacto Ambiental de la Acuicultura en Jaulas en Canarias". *Oceanográfica*, Telde. ISBN: 84-609-4073-X. 110 pp.

Wang, X., L. M. Olsen, K. I. Reitan and Y. Olsen. 2012. Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquacult Environ Interact.* 2:267-283.

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





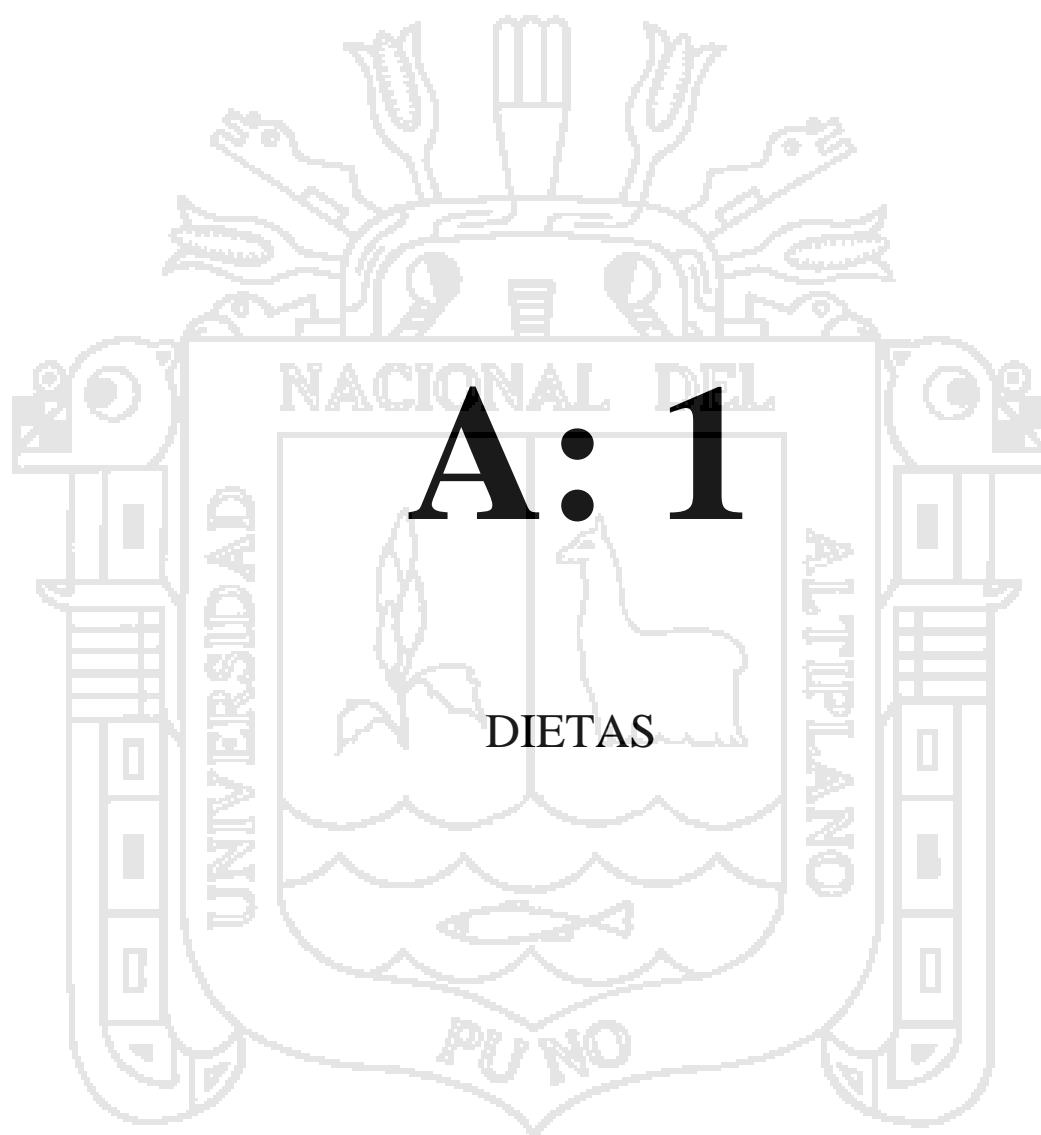




Foto 1. Alimento NRC-93 formulado con insumos convencionales, se incluyó 6% de aceite.

Foto 2. El segundo nivel de aceite (12%) estaba conformado por las dietas EB<sub>1</sub> y EB<sub>2</sub>. Estas dietas fueron consideradas como dietas con energía baja.



Foto 3. Alimento elaborado EB<sub>2</sub> extruido en la planta de alimentos de Arapa SAC, listo para ser usado en la prueba de digestibilidad.

Foto 4. El tercer nivel de aceite (18%) estaba conformado por las dietas EA<sub>1</sub> y EA<sub>2</sub>. Estas dietas fueron consideradas como dietas con energía alta.



Foto 5. Alimento comercial Ewos®.



# A 2:

## INSTALACIONES DE CULTIVO Y COLECCIÓN DE RECIDUOS







Foto 6. Vista general de la estructura completa con sus 42 bolsas de ensayo e identificación de acuerdo a los tratamientos.

Foto 7. Vista de una malla colectora con residuos sólidos.



Foto 8. Residuos sólidos colectados en materia húmeda.

Foto 9. Residuos sólidos colectados en materia seca.







Foto 10. Determinación de fósforo en las dietas y residuos.

Foto 11. Determinación de Nitrógeno en el M. micro Kjeldahl.



# A 4:

DATOS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA Y  
CALCULOS REALIZADOS

## ANVA

**Variable dependiente: Materia orgánica en las dietas.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	25.6972444	5.1394489	0.066516	1374.59	0.001
Error	12	0.04486667	0.0037389			
Total corregido	17	25.7421111				

**Variable dependiente: Nitrógeno en las dietas.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	1.05856111	0.2117122	0.825198	78.74	0.001
Error	12	0.03226667	0.0026889			
Total corregido	17	1.09082778				

**Variable dependiente: Fósforo en las dietas.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	0.10817778	0.0216356	21.59878	2.569173	0.001
Error	12	0.0064000	2.1163873	0.0005333		
Total corregido	17	0.11457778				

## ANVA

**Variable dependiente: Materia orgánica en los residuos colectados.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	9.8934	1.9786800	0.038155	1447.81	0.001
Error	12	0.0164	0.0013667			
Total corregido	17	9.9098				

**Variable dependiente: Nitrógeno en los residuos colectados.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	14.192311	2.8384622	0.825198	2.200411	0.001
Error	12	0.0685333	0.0057111			
Total corregido	17	14.260844				

**Variable dependiente: Fósforo en los residuos colectados.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	5.8692444	1.1738489	11.219	15.94	0.001
Error	12	0.8837333	0.0736444			
Total corregido	17	6.7529778				

## ANVA

**Variable dependiente: Residuos Kg/TM, Materia orgánica.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	3464095.41	692819.08	6.929159	58.7	0.001
Error	36	424898.339	11802.732			
Total corregido	41	3888993.75				

**Variable dependiente: Residuos Kg/TM, Nitrógeno.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	2090.19505	418.03901	6.779613	41.96	0.001
Error	36	358.625	9.961806			
Total corregido	41	2448.82005				

**Variable dependiente: Residuos Kg/TM, Fosforo.**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Coefficiente de variabilidad	F- Valor	Pr > F
Modelo	5	29.7080476	5.9416095	6.773445	118.95	0.001
Error	36	1.79814286	2.1163873			
Total corregido	41	31.5061905				

Tabla 14. Análisis de la composición químico-proximal de las dietas experimentales, tres repeticiones por tratamiento.

Dietas	Trat	Rep	MS,%	C,%	MO,%	N,%	P,%
NRC-93	1	1	95.68	10.09	89.91	5.86	0.95
	1	2	95.71	9.87	90.13	5.81	1.04
	1	3	95.70	9.98	90.02	5.83	0.99
EB <sub>1</sub>	2	1	95.18	7.34	92.66	6.67	0.76
	2	2	95.15	7.24	92.76	6.58	0.80
	2	3	95.16	7.29	92.71	6.63	0.78
EB <sub>2</sub>	3	1	96.55	8.06	91.94	6.40	1.00
	3	2	95.66	8.02	91.98	6.32	0.96
	3	3	96.10	8.04	91.96	6.36	0.98
EA <sub>1</sub>	4	1	97.10	8.34	91.66	6.15	0.94
	4	2	96.42	8.26	91.74	6.31	0.92
	4	3	96.76	8.30	91.70	6.23	0.93
EA <sub>2</sub>	5	1	97.26	8.78	91.22	6.49	0.83
	5	2	97.15	8.65	91.35	6.36	0.82
	5	3	97.21	8.71	91.29	6.43	0.83
Ewos <sup>®</sup>	6	1	97.15	6.15	93.85	6.19	0.90
	6	2	96.91	6.07	93.93	6.26	0.87
	6	3	97.03	6.11	93.89	6.23	0.88

MS: Materia seca, C: Cenizas, MO: Materia orgánica, N: Nitrógeno y P: Fósforo.

Tabla 15. Análisis de la composición químico-proximal residuos sólidos colectados, tres repeticiones por tratamiento.

Residuos	Trat	Rep	C,%	MO,%	N,%	P,%
NRC-93	1	1	4.05	95.95	2.88	2.98
	1	2	4.13	95.87	2.70	3.19
	1	3	4.09	95.91	2.79	3.09
EB <sub>1</sub>	2	1	1.99	98.01	3.91	1.09
	2	2	2.03	97.97	4.02	1.72
	2	3	2.01	97.99	3.96	1.40
EB <sub>2</sub>	3	1	3.21	96.79	1.81	1.78
	3	2	3.08	96.92	1.75	2.65
	3	3	3.14	96.86	1.78	2.21
EA <sub>1</sub>	4	1	2.25	97.75	4.27	1.97
	4	2	2.35	97.70	4.05	2.34
	4	3	2.30	97.73	4.16	2.16
EA <sub>2</sub>	5	1	3.54	96.46	3.53	2.54
	5	2	3.61	96.39	3.71	2.85
	5	3	3.57	96.43	3.62	2.69
Ewos <sup>®</sup>	6	1	3.58	96.42	4.25	2.67
	6	2	3.56	96.44	4.34	3.25
	6	3	3.57	96.43	4.29	2.96

C: Cenizas, MO: Materia orgánica, N: Nitrógeno y P: Fósforo.





Tabla 16. Total de alimento consumido (TAC), consumo promedio (CP), consumo promedio diario (CMD), peso de residuos, materia orgánica (MO), nitrógeno(N), fósforo (P), sólido colectado (PRSC), materia seca (MS) durante 10 días.

Trat	Rep	TAC	CP	N° Peces/Jaula	Total Peces, Kg	kg/TM (MO)	kg/TM (N)	kg/TM (P)	PRSC, g	MS, %
1	1	1896.44	199.29	44.00	9.33	1878.46	43.99	4.82	22.3	5.25
1	2	2232.45	234.60	49.00	10.39	1985.64	46.50	5.09	31.4	6.01
1	3	2559.14	268.93	49.00	10.39	2276.21	53.30	5.84	29.5	6.01
1	4	2194.96	230.66	49.00	10.39	1952.30	45.72	5.01	6.7	8.95
1	5	2095.61	220.22	50.00	10.61	1826.65	42.77	4.69	22.2	6.4
1	6	2327.99	244.64	50.00	10.61	2029.21	47.52	5.21	19.1	8.47
1	7	2338.37	245.73	50.00	10.61	2038.25	47.73	5.23	4.3	4.95
2	1	2219.77	229.41	47.00	9.94	1795.07	56.63	2.52	11.9	6.95
2	2	2204.29	227.81	50.00	10.58	1675.59	52.86	2.35	38.7	7.48
2	3	2213.19	228.73	50.00	10.58	1682.36	53.07	2.36	33.9	8.89
2	4	1988.51	205.51	39.00	8.25	1937.91	61.14	2.72	23.1	10.29
2	5	2657.00	274.60	50.00	10.58	2019.74	63.72	2.84	18.6	8.47
2	6	2660.9	275.00	50.00	10.58	2022.69	63.81	2.84	5.7	7.02
2	7	2121.56	219.26	49.00	10.36	1645.62	51.92	2.31	46.2	7.26
3	1	2268.15	234.41	49.00	11.05	1619.90	44.22	3.13	4.8	5.12
3	2	2544.4	262.96	50.00	11.28	1780.85	48.62	3.44	17.7	6.4
3	3	2399.65	248.00	50.00	11.28	1679.54	45.85	3.25	6.9	6.48
3	4	2336.75	241.50	50.00	11.28	1635.52	44.65	3.16	7.6	7.14
3	5	2048.51	211.71	49.00	11.05	1463.03	39.94	2.83	2.2	6.55
3	6	2327.27	240.52	50.00	11.28	1628.88	44.47	3.15	2	5.24
3	7	2314.21	239.17	50.00	11.28	1619.74	44.22	3.13	4.3	5.1
4	1	2057.16	211.62	49.00	10.64	1402.82	49.31	2.65	31.4	7.51
4	2	1750.36	180.06	40.00	8.68	1462.17	51.39	2.76	14.9	8.26
4	3	2177.31	223.98	49.00	10.64	1484.75	52.19	2.80	29.8	8.96
4	4	2236.61	230.08	49.00	10.64	1525.19	53.61	2.88	15.6	9.7
4	5	2195.88	225.89	50.00	10.86	1467.46	51.58	2.77	13.2	5.59
4	6	2420.53	249.00	50.00	10.86	1617.59	56.86	3.06	13.1	10.69
4	7	2190.72	225.36	49.00	10.64	1493.90	52.51	2.82	1.9	4.48
5	1	2316.59	238.75	50.00	12.39	1253.35	41.61	3.00	27.4	7.17
5	2	2559.65	263.80	50.00	12.39	1384.85	45.97	3.31	24.3	5.96
5	3	2412.17	248.60	50.00	12.39	1305.06	43.32	3.12	29.3	5.33
5	4	2204.72	227.22	49.00	12.14	1217.17	40.41	2.91	15.9	6.16
5	5	2306.69	237.73	50.00	12.39	1248.00	41.43	2.98	3.2	6.75
5	6	2270.5	234.00	50.00	12.39	1228.42	40.78	2.94	6.6	6.83
5	7	2343.27	241.50	50.00	12.39	1267.79	42.09	3.03	9.8	6.08
6	1	2465.71	257.65	47.00	11.83	1334.46	40.13	3.48	17.7	6.48
6	2	2405.13	251.32	50.00	12.58	1223.58	36.80	3.19	3.9	6.51
6	3	2185.31	228.35	49.00	12.33	1134.43	34.12	2.96	10.5	2.2
6	4	2255.55	235.69	48.00	12.08	1195.29	35.95	3.12	23.1	4.81
6	5	2146.17	224.26	49.00	12.33	1114.11	33.51	2.90	10.5	6.46
6	6	2264.64	236.64	50.00	12.58	1152.11	34.65	3.00	40.1	5.43
6	7	2160.62	225.77	48.00	12.08	1144.98	34.43	2.98	17.1	7.1