

FORMULACION Y PREPARACION DE UN CONCENTRADO PARA TRUCHA  
ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) A PARTIR DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA  
CALIFORNIANA Y HARINA DE CHACHAFRUTO

LUIS FERNANDO GOMEZ HORMIGA  
RODRIGO SAMBONI MENDEZ

Trabajo de grado como requisito parcial para optar el título de Químico

Director: Efrén Giraldo.  
Químico Ms.c.

Codirector: Isabel Bravo Realpe.  
Química Ms.c.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA  
Popayán Marzo de 2003

FORMULACION Y PREPARACION DE UN CONCENTRADO PARA TRUCHA  
ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) A PARTIR DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA  
CALIFORNIANA Y HARINA DE CHACHAFRUTO

LUIS FERNANDO GOMEZ HORMIGA  
RODRIGO SAMBONI MENDEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA  
POPAYAN

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

Director 

---

 Efrén Giraldo Rincón

Codirectora 

---

 Isabel Bravo Realpe

Jurado 

---

 María Victoria Rubio

Jurado 

---

 Huberto Ortiz

FECHA DE SUSTENTACIÓN: POPAYÁN, \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios;  
a nuestros padres, hermanos y hermanas  
por su continuo apoyo y comprensión  
en el desarrollo de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al profesor Efrén Giraldo director del trabajo de tesis de la Universidad del Cauca. Por su colaboración en la dirección del trabajo.

A la profesora Isabel Bravo Realpe codirectora del trabajo de tesis de la Universidad del Cauca. Por su valiosa y muy acertada colaboración en la realización del mismo.

Al Señor Weimar Mera por la colaboración en la realización del trabajo de campo.

Al profesor Silvio Carvajal por su asesoría en el análisis estadístico.

A María Victoria Rubio y Huberto Ortiz por la gran colaboración y consejos brindados durante la evaluación de este trabajo.

A Eliana Valencia, Bertha Muñoz y Alexander Erazo por su gran colaboración durante la realización de este trabajo.

A Rodrigo Rivera por su colaboración en el diseño del trabajo escrito.

A todas las demás personas que de una u otra forma colaboraron en el desarrollo de la investigación, mil gracias por su apoyo y consejo.



## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	30
3.1 OBJETIVO GENERAL	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4. MARCO REFERENCIAL	32
4.1 ASPECTOS GENERALES DE LA TRUCHA ARCO IRIS	32
4.2 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE	33
4.3 ALIMENTACIÓN DE LA TRUCHA ARCO IRIS	34
4.4 NECESIDADES NUTRICIONALES DE LA TRUCHA ARCO IRIS	34
4.4.1 Proteína	34
4.4.2 Grasas	37
4.4.3 Carbohidratos	39
4.4.4 Fibra	40
4.4.5 Vitaminas	40
4.4.5.1 Vitaminas solubles en agua	40
4.4.5.2 Vitaminas solubles en grasas	41
4.4.6 Minerales	43
4.5 ALTERNATIVAS DE ALIMENTACIÓN DE LA TRUCHA	45
4.6 ALMACENAMIENTO DEL ALIMENTO	45
4.7 FORMAS DE ALIMENTACIÓN	46
4.8 HORARIOS DE ALIMENTACIÓN	47
4.9 CANTIDAD DE ALIMENTO A SUMINISTRAR POR DIA	47
4.10 ALGUNOS ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE ALIMENTOS PARA PECES	48
4.10.1 Concentrados comerciales	48
4.10.1.1 Concentrados de iniciación y concentrados para alevines	48
4.10.1.2 Concentrados granulados para cebo	49
4.10.1.3 Concentrados granulados de finalización	49
4.11 FORMULACION DE DIETAS EXPERIMENTALES Y CONCENTRADOS COMERCIALES	50
4.11.1 Métodos para balancear dietas	51

4.11.1.1	Soluciones algebraicas	51
4.11.1.2	Cuadrado de Pearson	52
4.11.1.3	Tanteo (Prueba y error)	52
4.11.1.4	Programación lineal	52
4.11.2	Principales factores a considerar en una formulación	53
4.11.2.1	Requerimientos nutritivos	53
4.11.2.2	Materias primas, Composición, Selección	53
4.11.2.3	Aspectos económicos	54
4.11.2.4	Tipo de procesamiento requerido	54
4.11.2.5	Efectos sobre el rendimiento productivo en cantidad y calidad	55
4.11.2.6	Efectos sobre la calidad del agua	55
4.12	FUENTES ALTERNATIVAS DE PROTEINA Y ENERGIA EN ACUICULTURA	56
4.12.1	Fuentes proteicas de origen vegetal	57
4.12.2	Fuentes proteicas de origen animal	62
4.13	LA LOMBRICULTURA	63
4.13.1	Condiciones de la explotación	65
4.13.2	Procedimiento para establecer un lombricultivo	67
4.13.3	El humus de la lombriz	68
4.13.3.1	Composición típica del humus de lombriz	69
4.13.4	La carne de lombriz	69
4.14	CHACHAFRUTO, BALÚ, SACHAPOROTO; ERYTHRINA EDULIS	70
4.14.1	Ubicación taxonómica según Cronquist (1981)	71
4.14.2	Ecología	71
4.14.3	Botánica	72
4.14.4	Características nutricionales de la planta	73
4.14.5	Usos del chachafruto	74
4.14.5.1	Alimento humano	74
4.14.5.2	Alimentación animal	74
4.14.5.3	Agroforestería	74
4.14.5.4	Medicina	75
4.14.5.5	Otros usos	75
4.14.6	Ingredientes y proceso para elaborar la harina precocida de chachafruto.	75
4.14.7	Perspectivas y expectativas para el chachafruto ( <i>Erythrina edulis</i> )	76
4.15	QUINUA	77
4.15.1	Chenopodium Quinoa Willdenow	77
4.15.2	Valor nutricional	78

4.15.3	Factores antinutricionales de la quinua	79
4.15.3.1	Efectos de la saponina	80
5	MATERIALES Y METODOS	81
5.1	PRODUCCION DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	81
5.2	OBTENCION DE HARINA DE LOMBRIZ	82
5.3	VALORACION DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DE LAS HARINAS DE LOMBRIZ Y CHACHAFRUTO	83
5.3.1	Humedad	84
5.3.2	Proteína	84
5.3.3	Fibra	85
5.3.4	Extracto etéreo o grasa bruta	85
5.3.5	Cenizas	85
5.3.6	Análisis de cenizas	86
5.3.6.1	Calcio	86
5.3.6.2	Magnesio	86
5.3.6.3	Potasio	86
5.3.6.4	Fósforo	87
5.3.6.5	Hierro	87
5.4	PREPARACION Y FORMULACION DE LAS DIETAS	87
5.4.1	Obtención del pellet	88
5.5	ANÁLISIS QUÍMICO DE NUTRIENTES DE LAS FORMULACIONES OBTENIDAS	90
5.6	SELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN PARA ENSAYARLA EN CULTIVO DE TRUCHA	90
5.7	VALORACION DE LA ESTABILIDAD DEL CONCENTRADO	91
5.8	EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA FORMULACIÓN SELECCIONADA EN CULTIVO DE TRUCHA	92
5.8.1	Sitio de trabajo y semilla de peces	92
5.8.2	Tratamientos	94
5.8.3	Alimentos y materias suministradas	96
5.8.4	Suministro de alimentación	96
5.8.5	Seguimiento y evaluación del cultivo	98
5.8.6	Análisis estadístico	99
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	100
6.1	OBTENCIÓN DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	100
6.2	OBTENCIÓN DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	100
6.3	VALORACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DE HARINAS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA, CHACHAFRUTO Y QUINUA	101

6.4	FORMULACIÓN DE DIETAS	111
6.5	EVALUACIÓN DEL CONCENTRADO EN TRUCHA ARCO IRIS	126
6.5.1	Evaluación del primer periodo	128
6.5.2	Evaluación del segundo periodo	139
6.5.3	Evaluación del tercer periodo	149
7	CONCLUSIONES	165
8	RECOMENDACIONES	168
	BIBLIOGRAFÍA	169
	ANEXOS	179

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Contenido nutricional de la lombriz roja californiana ( <i>Eisenia foetida</i> ) en base seca.	25
Tabla 2. Composición química del chachafruto en base seca.	26
Tabla 3. Contenido de aminoácidos esenciales de lombriz roja californiana, chachafruto y harina de pescado (mg/100g).	27
Tabla 4. Demanda de aminoácidos (en porcentaje) para la Trucha arco iris.	37
Tabla 5. Demanda de vitaminas para el crecimiento de la trucha arco iris (mg de vitamina por Kg de concentrado). El asterisco (*) indica que en estos casos no se conoce el requerimiento de esa vitamina.	42
Tabla 6. Necesidades nutricionales de minerales para la Trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).	44
Tabla 7. Composición porcentual del humus de lombriz.	69
Tabla 8. Análisis semilla joven y adulta de la vaina del chachafruto.	73
Tabla 9. Análisis de la parte comestible del chachafruto.	73
Tabla 10. Valores mínimos y máximos de la composición del grano de quinua según varios autores (g/100g).	78
Tabla 11. Contenido de minerales en quinua.	79
Tabla 12. Distribución de tratamientos y clase de alimento suministrado.	95
Tabla 13. Distribución porcentual de nutrientes del alimento concentrado comercial utilizado en el ensayo.	96
Tabla 14. Guía de alimentación para el cultivo de Trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).	97
Tabla 15. Contenido en nutrientes y minerales de harina de lombriz roja californiana, harina de chachafruto y harina de quinua (En base seca).	101
Tabla 16. Aminoácidos esenciales del chachafruto frente a algunas leguminosas.	104
Tabla 17. Contenido de aminoácidos esenciales en g/100g de proteína de la quinua.	105
Tabla 18. Análisis bromatológico de harina de pescado.	107
Tabla 19. Composición química de la zanahoria (En 100g de parte comestible).	109
Tabla 20. Composición nutricional de otras materias primas (En base seca) utilizadas en preparación de dietas alimenticias.	111

Tabla 21. Formulación de diferentes dietas para trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).	112
Tabla 22. Análisis Bromatológico y Mineralógico de las diferentes dietas.	113
Tabla 23. Requerimientos de minerales por la trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) expresadas en mg/Kg.	117
Tabla 24. Valoración nutricional del concentrado comercial Truchina 43% sin carofil y comparación con el concentrado experimental (En 100g de materia comestible).	120
Tabla 25. Análisis bromatológico de la dieta 1(ajustando el % de grasa).	124
Tabla 26. Biometrías: peso y crecimiento para trucha arco iris. Primer periodo.	130
Tabla 27. Distribución porcentual de los pesos según categorías de crecimiento para el primer periodo de cultivo de trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).	138
Tabla 28. Biometrías: peso y crecimiento para trucha Arco Iris. ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ). Segundo periodo.	144
Tabla 29. Distribución porcentual de los pesos según categorías de crecimiento para el segundo periodo de cultivo de trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).	147
Tabla 30. Biometrías: peso y crecimiento para truchas arco iris. Tercer periodo.	150
Tabla 31. Distribución porcentual de los pesos según categorías de crecimiento para el tercer periodo de cultivo de trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).	156
Tabla 32. Factor de condición (K) promedio de controles y tratamientos para los tres periodos de ensayo.	164

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cultivo de lombriz roja californiana ( <i>Eisenia foetida</i> )	81
Figura 2. Procedimiento para obtener harina de lombriz.	82
Figura 3. Formulación de las dietas	88
Figura 4. Pelletizador	88
Figura 5. Obtención del pellet.	89
Figura 6. Empacamiento del concentrado experimental.	91
Figura 7. Estación Quintero, Pitayo Silvia (C).	92
Figura 8. Distribución de las unidades experimentales.	93
Figura 9. Semilla de peces	94
Figura 10. Biometría de los peces	99
Figura 11. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el primer periodo de ensayo.	133
Figura 12. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el primer periodo de ensayo.	133
Figura 13. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el primer periodo de ensayo.	134
Figura 14. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el primer periodo de ensayo.	134
Figura 15. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el primer periodo de ensayo.	135
Figura 16. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el primer periodo de ensayo.	135
Figura 17. Conversión alimenticia para el primer periodo de control 1, tratamientos 1 y 2.	136
Figura 18. Conversión alimenticia para el primer periodo de control 2, tratamientos 3 y 4.	136
Figura 19. Conversión alimenticia para el primer periodo de control 3 y tratamiento 5.	137
Figura 20. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el segundo periodo de ensayo.	141
Figura 21. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el segundo periodo de ensayo.	141
Figura 22. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el segundo periodo de ensayo.	142

Figura 23. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el segundo periodo de ensayo.	142
Figura 24. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el segundo periodo de ensayo.	143
Figura 25. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el segundo periodo de ensayo.	143
Figura 26. Conversión alimenticia para el segundo periodo de control 1, tratamientos 1 y 2.	145
Figura 27. Conversión alimenticia para el segundo periodo de control 2, tratamientos 3 y 4.	145
Figura 28. Conversión alimenticia para el segundo periodo de control 3 y tratamiento 5.	146
Figura 29. Conversión alimenticia para el tercer periodo de control 1, tratamientos 1 y 2.	151
Figura 30. Conversión alimenticia para el tercer periodo de control 2, tratamientos 3 y 4.	151
Figura 31. Conversión alimenticia para el tercer periodo de control 3 y tratamiento 5.	152
Figura 32. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el tercer periodo de ensayo.	153
Figura 33. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el tercer periodo de ensayo.	153
Figura 34. Comparación entre tratamientos según los promedios en peso ganados por la trucha arco iris en el tercer periodo de ensayo.	154
Figura 35. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el tercer periodo de ensayo.	154
Figura 36. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el tercer periodo de ensayo.	155
Figura 37. Comparación entre tratamientos según los promedios en talla ganados por la trucha arco iris en el tercer periodo de ensayo.	155
Figura 38. Variación de la conversión alimenticia en función del tiempo.	158
Figura 39. Variación de la conversión alimenticia en función del tiempo.	158
Figura 40. Variación de la conversión alimenticia en función del tiempo.	159
Figura 41. Variación de la tasa de crecimiento en función del tiempo.	159
Figura 42. Variación de la tasa de crecimiento en función del tiempo.	160
Figura 43. Variación de la tasa de crecimiento en función del tiempo.	160
Figura 44. Variación de la tasa de crecimiento en función del tiempo.	161
Figura 45. Variación de la tasa de crecimiento en función del tiempo.	161
Figura 46. Variación de la tasa de crecimiento en función del tiempo.	162

Figura 47. Variación del factor de condición en función del tiempo.	162
Figura 48. Variación del factor de condición en función del tiempo.	163
Figura 49. Variación del factor de condición en función del tiempo.	163

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es formular y preparar un concentrado alimenticio para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) utilizando como fuentes de proteína animal y vegetal materias primas que se pueden obtener en la región y cuyo valor nutricional cubra los requerimientos exigidos por la especie.

La harina de lombriz roja californiana, la harina de chachafruto, la quinua y la harina de pescado se utilizaron como principales componentes y como materias primas complementarias se incluyeron zanahoria, espinaca, salvado de trigo, salvado de maíz, melaza y aceite de pescado. Estos componentes se mezclaron en diferentes proporciones obteniéndose seis formulaciones las cuales se analizaron en los laboratorios de Química de la Universidad del Cauca; de acuerdo a los resultados obtenidos se seleccionó la más apropiada nutricionalmente para ensayarla en un cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante un periodo de dos meses.

Al finalizar el periodo de prueba se encontró que el concentrado experimental tuvo una buena aceptación por parte de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), representado en los incrementos de peso, talla y tasa de crecimiento por lo que se concluye que el alimento formulado es una buena alternativa de sustitución total o parcial del concentrado comercial de uso común, recomendando hacer el ensayo para el ciclo completo de desarrollo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) ya que se probó sólo en la etapa de dedinaje.

## INTRODUCCION

Actualmente la piscicultura se considera como una actividad importante para la producción de alimentos de alta calidad nutricional para el hombre.

Colombia es un país que posee excelentes condiciones climáticas, topográficas e hidrológicas para desarrollar la piscicultura. Entre ellas se destacan su localización geográfica en la zona tropical, el régimen de temperaturas estables durante el año y los diferentes pisos térmicos (frío, medio y cálido) con que cuenta. Además se encuentra ubicada en el cuarto lugar en el mundo como potencia en recursos hídricos. Todas estas condiciones han hecho que la piscicultura haya tenido acogida en los últimos años en nuestro país.<sup>1</sup>

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es la única especie que se cultiva en clima frío y que mantiene la producción a pequeña, mediana y gran escala en este piso térmico; se cuenta con la tecnología necesaria en cuanto a la producción de ovas, alevinos y carne, en Colombia se encuentra dentro de los cultivos más destacados, cuya producción se destina principalmente a la exportación hacia USA, Japón y Europa.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> POLO, Gustavo; RODRIGUEZ, Horacio; SALAZAR, Gustavo. Fundamentos de acuicultura continental. INPA. Santa fe de Bogotá. 1993. pp 3,9,121,223.

<sup>2</sup> GOMEZ, León; VILLAMIL, Diez. Revista IIM Mar y Pesca. España. 2000. pp.3.

En el departamento del Cauca el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), se ha venido incrementando aprovechando el alto potencial hídrico de numerosas microcuencas cuyos cuerpos de agua mantienen condiciones fisicoquímicas y biológicas aptas para el desarrollo de esta actividad.

Una de las limitantes de la producción de trucha es el uso de concentrados comerciales que, a pesar de su excelente calidad, implican altos costos en la producción y por lo tanto una baja rentabilidad; es ahí donde se hace necesaria la búsqueda de fuentes alternativas de alimentación con menores costos y con un valor nutricional similar.

En trabajos realizados por el grupo de Agroquímica de la Universidad del Cauca se encontró que un concentrado comercial puede ser sustituido hasta en un 37.5% por lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) suministrada al natural y en forma precocida tanto en tilapia roja (*Oreochromis spp*) como en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Además se diseñó un pelletizador en el que se preparó un pellet con un 18% de proteína; nivel inferior al utilizado para la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) que es del 40%.<sup>3</sup>

De otra parte en el departamento del Cauca se está incentivando el cultivo de especies vegetales con gran potencial de uso que son conocidas sólo por ciertas comunidades; una de ellas es el chachafuto (*Erythrina edulis*), árbol utilizado por nuestros antepasados en la zona andina como cultivo sustituto debido a su facilidad de producción y al alto valor nutricional de su fruto.

---

<sup>3</sup> BRAVO, Isabel; GIRALDO, Efrén; ORTIZ, Huberto. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de bioabonos y especies menores (peces). Popayán (Cauca). 2001. 170p.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, en este trabajo se pretende obtener un pellet con base en harina de lombriz roja californiana y harina de chachafruto con el propósito de reemplazar al menos parcialmente la harina de pescado utilizada en la preparación de los concentrados comerciales y obtener un pellet con el nivel proteico exigido por la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y para evaluar su palatabilidad y aceptación por parte de un cultivo de trucha.

## 1 FORMULACION DEL PROBLEMA

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie carnívora y por ello, sus necesidades proteicas son muy elevadas llegando a necesitar de 2 a 4 veces más proteína en sus dietas que los animales terrestres de granja. Por tanto se necesitan concentrados con altos porcentajes proteicos.<sup>4</sup>

La harina de pescado ha sido hasta el momento, la fuente tradicional que suministra una fracción importante de la proteína en los concentrados para peces. Su elevado contenido proteico, su composición en aminoácidos esenciales y el adecuado equilibrio entre estos, lógicamente similares al de la proteína del propio pez y la buena palatabilidad que presenta para los animales, aseguran una óptima utilización nutritiva y elevadas tasas de crecimiento. Sin embargo la producción de esta materia prima se ha visto muy disminuida y en Colombia su producción es muy limitada por lo que se hace necesaria su importación de países como Ecuador y Perú.

El inconveniente que presenta esta elevada proporción de proteína en la dieta de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) está en la economía porque es el macronutriente más costoso y por el impacto ambiental que representa, ocasionando de esta manera una disminución en el margen de rentabilidad.

---

<sup>4</sup> COWEY, C.B.; LUQUET, P.: 1983. Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical analysis of allowances. En: "IV Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition" Colloques INRA, N.16, vol.1, Ed. INRA, París, pp. 365-384.

Por otra parte, el aumento en la demanda de pescado por parte de los consumidores, ha originado que especies que habitualmente se utilizaban para la fabricación de harinas, se estén desviando para el consumo humano directo.

Si la piscicultura va a seguir con la tasa de crecimiento que ha tenido en estas dos últimas décadas, necesariamente se va a ver limitada a corto plazo por la falta de recursos proteicos, lo que ocasionará que esta actividad no sea una actividad sostenible y rentable.

Muchos investigadores han realizado trabajos sobre sustitución de la harina de pescado por otras fuentes proteicas en alimentos para truchas, encontrándose que puede ser sustituida en grado variable por diferentes fuentes de proteína, tomando en consideración los demás componentes de las dietas formuladas.<sup>5</sup>

En uno de estos trabajos se sustituyó la harina de pescado en su totalidad por harina de lombriz roja californiana, llegando a la conclusión de que por sí sola no proporciona todos los nutrientes para la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (Stafford y Tacon, 1985).

Por lo tanto se plantea como hipótesis de trabajo la formulación de un concentrado que supla los requerimientos proteicos de la trucha, y que se pueda elaborar a partir de harinas de origen animal y vegetal de alto valor nutritivo, que pueden sustituir eficazmente a la harina de pescado y que sea económicamente rentable y sostenible ecológicamente.

---

<sup>5</sup> ALVARADO, Herminia. Sustitución de la harina de pescado por harina de carne y hueso en alimentos para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Táchira (Venezuela). 1995. Zootecnia tropical. Vol 13(2). Pp 233-243.

## 2 JUSTIFICACION

Se han buscado una serie de líneas de investigación tendientes a independizar la producción de peces de una sola fuente proteica que a su vez depende de la pesca, costosa, variable y de incierto futuro.

Estas investigaciones se han desarrollado en dos vertientes, a su vez complementarias: una que persigue el descubrimiento de nuevas fuentes de proteínas que, bien solas o en combinación, puedan sustituir al menos parcialmente, a la harina de pescado en las fórmulas-concentrados comerciales, y otra, cuyo objetivo final es disminuir en la mayor medida posible, el contenido en proteína, harina de pescado en definitiva, de las dietas para peces.<sup>6</sup>

Queda claro que se deben encontrar fuentes proteicas de buena calidad que puedan ser alternativas a la harina de pescado, compitiendo además en precio con ella.

---

<sup>6</sup> TACON, A.G.J.; JACKSON, A.J.:1985. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish feeds. En: "nutrition and feeding in fish".

En la búsqueda de estas nuevas alternativas se han realizado esfuerzos sobre todo con fuentes alternas de proteína vegetal para la substitución total o parcial de la harina de pescado y a la fecha pocos productos se pueden utilizar a nivel comercial por diversos motivos, tales como costos de producción, niveles de antinutrientes, imbalance de aminoácidos, baja disponibilidad de los productos o altos costos de los procesos, entre otras.<sup>7</sup>

Nuestra región no se escapa a todos estos inconvenientes que han surgido a raíz del auge de la piscicultura, por lo tanto y mirando el perfil de nuestros productores que son campesinos, población afrocolombiana, pescadores artesanales, indígenas; la mayoría con escasos recursos y que tienen como actividad principal la ganadería (ganado bovino, caprino y/o lanar) o la agricultura (café, caña de azúcar, papa, maíz y frutales entre otros), a las que dedican la mayor parte de su tiempo, porque es la actividad que les genera un mayor tipo de ingresos económicos, la que conocen y de la cual subsisten económicamente, se les presenta una nueva actividad que es la piscicultura con la cual pueden contribuir a la alimentación familiar y además tener algún ingreso económico adicional por la venta del pescado. Si a todo esto le sumamos que el nivel de mercadeo de los productos de la piscicultura se considera que tiene un gran potencial, porque la población Colombiana cada día está incluyendo más en su dieta al pescado como fuente de proteína, entonces podemos concluir que para el desarrollo de esta nueva actividad económica se hace necesario buscar alternativas de alimentación para peces que ellos puedan producir en sus propias fincas, que sean económicamente viables y que nutricionalmente cumplan con los requisitos del animal; una de esas alternativas es el cultivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

---

7 TACON, A.G.J. 1996. Feeding tomorrow is fish. World Aquaculture: September, vol 37(3), pp. 20-32.

La lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en residuos orgánicos aprovechados como abono para cultivos agrícolas. A estos desechos orgánicos arrojados por la lombriz se les conoce con el nombre de humus que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica; es un abono de excelente calidad. Además la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) tiene un 70% en proteína, lo que significa que es ideal para la alimentación de animales como cerdos o peces. Con la lombricultura el campesino obtiene tres beneficios: tratamiento de sus desechos, abono para sus tierras y alimentación para sus peces; es necesario hacer énfasis también en que el manejo de la lombriz es muy sencillo e ideal para tener en la finca, pues se utiliza como alimento de ellos todos los desechos orgánicos como estiércoles de los animales y vegetales sobrantes de los cultivos.<sup>8</sup>

Otro material que puede ser empleado es el chachafruto (*Erythrina edulis*), más conocido entre las comunidades indígenas como frijol de árbol, como complemento para la harina de lombriz roja californiana. En experimentos realizados en el departamento de Química de la Universidad del Cauca, se encontró que el chachafruto (*Erythrina edulis*) es especialmente rico en proteínas, carbohidratos y minerales (además la cantidad y distribución de aminoácidos esenciales es muy buena).

---

<sup>8</sup> Avances técnicos Cenicafé No 225. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Revelo. R., en la Universidad de Nariño, propuso la siguiente dieta para sustituir concentrado para trucha arco iris: 40% de semilla triturada de chachafuto, 30% de harina de pescado, 10% de harina de sangre, 10% de harina de maíz. Premezclas y otros aditivos, así: Cal, Ca y bentonita sódica para que flote dos o tres minutos. Esta dieta reporta un rendimiento de 25%.<sup>9</sup>

En las tablas 1 y 2 se muestran los contenidos nutricionales de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y del chachafruto (*Erythrina edulis*). (Tablas 1 y 2).

**Tabla 1. Contenido nutricional de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en base seca.**<sup>10</sup>

<b>Proteína (%)</b>	52-74
<b>Humedad (%)</b>	7.3
<b>Grasa (%)</b>	7-15
<b>Cenizas (%)</b>	7-11
<b>Calorías (%)</b>	390-425
<b>Ca (mg/100g)</b>	200-580
<b>P (mg/100g)</b>	108-230
<b>Fe (mg/100g)</b>	4-11

<sup>9</sup> REVELO, R. Balanceo de una dieta que reúna los requerimientos nutricionales exigidos por la trucha arco iris. Fase de alevino o dedino, para sustituir el concentrado común. Valle del Sibundoy, Putumayo. 1993.

<sup>10</sup> BRAVO, Isabel; GIRALDO, Efrén; ORTIZ, Huberto. Guía práctica para la elaboración de abonos a partir de desechos agropecuarios. Universidad del Cauca. Departamento de Química. Pronatta. Popayán (Cauca). 2001. p.16-19,21.

**Tabla 2. Composición química del chachafruto en base seca.<sup>11</sup>**

<b>Proteína (%)</b>	20.50
<b>Humedad (%)</b>	8.0
<b>Grasa (%)</b>	0.51
<b>Cenizas (%)</b>	5.64
<b>Carbohidratos (%)</b>	68.20
<b>Fibra (%)</b>	5.13
<b>Ca (mg/100g)</b>	82.05
<b>P (mg/100g)</b>	400.00
<b>Fe (mg/100g)</b>	6.15
<b>Vitamina C (mg/100g)</b>	76.92
<b>Tiamina (mg/100g)</b>	0.46
<b>Riboflavina (mg/100g)</b>	0.26
<b>Niacina (mg/100g)</b>	4.62

En la tabla 3 se muestra el contenido de aminoácidos esenciales de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), el chachafruto (*Erythrina edulis*) y la harina de pescado.

---

<sup>11</sup> BARRERA, Nancy; MEJIA, Mercedes. Chachafruto, balú, sachaporoto; *Erythrina edulis*, Triana. Pasado, Presente y Futuro. 3<sup>era</sup> ed. Proyecto bota caucana. GTZ-RED. Popayán. Colombia, pp.6-8,10,11.

**Tabla 3. Contenido de aminoácidos esenciales de lombriz roja californiana, chachafruto y harina de pescado (mg/100g).<sup>10.11.12</sup>**

<b>Aminoácidos</b>	<b>Harina de Lombriz roja Californiana</b>	<b>Harina de Chachafruto</b>	<b>Harina de pescado</b>
Arginina	7.03	5.63	5.7
Histidina	2.51	5.84	2.3
Isoleucina	4.73	5.20	4.6
Lisina	12.51	6.91	7.5
Fenilalanina	3.54	4.99	4.2
Leucina	7.39	8.24	7.5
Metionina	1.53	1.31	3.0
Treonina	3.76	5.84	4.1
Triptófano	0.29	0.66	1.1
Valina	6.14	5.57	5.2

Como se puede observar en la tabla 3, las harinas de lombriz roja californiana y de chachafruto se complementan adecuadamente para un suministro eficiente de aminoácidos esenciales y energía (chachafruto) en cantidad igual o superior al suministrado por la harina de pescado, aunque presentan menores cantidades en metionina y triptófano comparados con ésta harina.

Además de las propiedades nutricionales, la escogencia del chachafruto (*Erythrina edulis*) se debe a que se puede producir en el Cauca, debido a su topografía muy variada, a poseer todos los pisos térmicos y toda clase de climas.

---

<sup>12</sup> PFEFFER, E.: 1982. Utilization of dietary protein by salmonid fish. Comp Biochem. Physiol., 73: 51-57.

Igualmente es un árbol de fácil reproducción, crece rápido, empieza a producir semillas entre los 3 y los 4 años, si se siembra en condiciones agroecológicas adecuadas (más de 1600 m.s.n.m.) y unos 1500 mm de lluvia-año. También es un árbol que crece alto y permite el crecimiento de especies de mediana cobertura asociadas a él, como lulo, platanillos y anturios. Su follaje se puede utilizar como abono verde. Sus hojas con 23% de proteína se pueden utilizar como forraje y además es ideal en programas agroalimentarios.<sup>13</sup>

Es necesario recordar que el departamento del Cauca, y en especial el macizo colombiano tiene una diversidad de pisos térmicos y mucha riqueza hídrica, con una característica especial: la mayoría de los ríos y quebradas nacen en las partes altas de las montañas y en las lagunas de los páramos, por lo tanto en muy pocos metros de su recorrido forman buena cantidad de agua, con buenas condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas, y posibilidades de explotación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en cautiverio.<sup>14</sup>

El gobierno nacional a través del Plan Nacional de Desarrollo Alternativo (PLANTE) ha determinado que varias actividades son viables económica y ecológicamente, por ejemplo el cultivo de maíz, caña de azúcar y caucho, la cría de ganado y la piscicultura. Como mecanismo de reemplazo de cultivos ilícitos como coca y amapola.<sup>15</sup>

---

13 BARRERA, Nancy. Las plantas y el hombre. cuaderno de educación ambiental N.3. 1999. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. pp 8,9.

Teniendo en cuenta todo este contexto de la realidad, el propósito general de este trabajo es diseñar, formular, preparar y hacer el respectivo análisis bromatológico y mineralógico de un concentrado alimenticio con base en materias primas ricas en nutrientes y de bajo costo que se puedan conseguir o de fácil acceso en las fincas. Además se probará la palatabilidad y asimilación en un ensayo de sustitución total de los alimentos concentrados comerciales en un cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en “fase dedinaje” durante dos meses.

---

**14** Manual técnico. Manejo de la trucha en el macizo colombiano. Proyecto Bota Cauca RSS/GTZ. Popayán, Cauca, Colombia. S.A. 2001. pp 1,18,19-2

**15** CIFUENTES, William. Piscicultura, Alternativa a la crisis social y económica de los productores de café en las zonas marginales del municipio de Piendamó, Departamento del Cauca, Colombia. 2002.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Formular, preparar y hacer el análisis bromatológico y mineralógico de un concentrado alimenticio para Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) a partir de harina de lombriz roja californiana y harina de chachafruto, buscando la sustitución total o parcial de la fuente proteínica animal “harina de pescado” y por consiguiente de los concentrados comerciales.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtención de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)
- Estandarizar las condiciones para la preparación de harina de lombriz roja californiana, que se adecuó a la alimentación de peces.
- Valorar el contenido nutricional de las harinas de lombriz roja californiana y de chachafruto.
- Formulación y preparación del concentrado para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).
- Valorar la estabilidad del alimento como parámetro para evaluar su forma de uso.

- Evaluar la palatabilidad y asimilación del concentrado alimenticio en un ensayo de sustitución total de los concentrados comerciales en un cultivo de trucha, durante dos meses.

## 4 MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ASPECTOS GENERALES DE LA TRUCHA ARCO IRIS

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es un salmónido, que se caracteriza por presentar cuerpo alargado, fusiforme y cabeza relativamente pequeña que termina en una boca grande puntiaguda, hendida hacia el nivel de los ojos y con una fila de dientes fuertes en cada una de las mandíbulas que le permiten aprisionar las presas capturadas.<sup>1</sup>

Es originaria de la costa este de los Estados Unidos, donde habita tanto en quebradas como en ríos. Su introducción y posterior cultivo se han extendido a muchos países en donde sus características la han convertido en un renglón importante dentro del sector acuícola.

Esta especie fue introducida en Colombia en 1936 por el gobierno y particulares, 10000 ovas embrionadas procedentes de Norteamérica fueron encubadas en las piscigranjas de Antioquia, Cundinamarca, y posteriormente fueron repartidas en los departamentos de Boyacá, Caldas, Nariño y Cauca.<sup>14</sup>

## 4.2 BIOLOGIA DE LA ESPECIE

Familia: *Salmonidae*.

Género: *Salmon*.

Nombre científico: *Oncorhynchus mykiss*.

Nombre común: *Trucha arco iris*.

Rango de pesos adultos: 1000 a los 3000 gramos.

Edad de madurez sexual: machos (15 a 24 meses).

hembras (10 a 20 meses).

Número de desoves: *anual*.

Temperatura de desove: *rango óptimo 9 a 12 °C*.

Temperatura óptima de cultivo: 12 a 16 °C.

Número de huevos / hembra / desove / Kilogramo de peso: en buenas condiciones, mayor de 1000 huevos hasta un promedio de 1500 dependiendo de la edad.

Vida útil de los reproductores: 2 a 5 años.

Tipo de incubación: Externa.

Tiempo de incubación: 28 a 32 días a una temperatura de 10 °C.

Tiempo de cultivo en engorde: en buenas condiciones de 10 a 12 meses, cuando se alcanza un peso comercial de 350 a 450 gramos.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Peces de Aguas Frías. Solla. Grafiformas LTDA. Pp 8-9.

### 4.3 ALIMENTACION DE LA TRUCHA ARCO IRIS

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) por pertenecer a la familia de los salmónidos, tiene un hábito alimenticio carnívoro. En su hábitat natural se alimenta de insectos, crustáceos, huevos, larvas de peces, y en general todo el zooplancton existente en el medio acuático. Por lo tanto, el alimento que se va a suministrar a la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en cautiverio debe ser muy bien balanceado en cuanto al contenido de proteína animal, grasa, minerales, vitaminas y aminoácidos esenciales.<sup>14</sup>

### 4.4 NECESIDADES NUTRICIONALES DE LA TRUCHA ARCO IRIS

**4.4.1 Proteína.** A las proteínas les corresponde entre los nutrientes máxima importancia en los aspectos cualitativo y cuantitativo puesto que son los componentes constitutivos del organismo animal en crecimiento y, entre otras cosas, revisten importancia para la formación de enzimas.

Los constituyentes fundamentales de la proteína son los aminoácidos. El repertorio de aminoácidos presentes es decisivo para la calidad de la proteína y determina su valor como componente de la dieta.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> STEFFENS, Werner. Principios Fundamentales de la Alimentación de los Peces. Zaragoza (España): Acribia, 1987. pp. 49, 63, 65, 70, 71, 97,126,127, 133, 136, 201, 225.

En comparación con otros animales vertebrados, los peces muestran elevadas necesidades de proteína, esto se debe a que la proteína es usada como una gran fuente de energía y si la medimos como porcentaje de la dieta, es más alta que la de otros animales, además tienen un requerimiento relativo de aminoácidos más alto. Se han efectuado sobre distintas especies piscícolas experiencias al respecto, que en líneas generales arrojaron resultados coincidentes.<sup>17</sup>

En la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) se ha considerado como óptimo un 40% de suministro de proteína cuando se administraba harina de pescado blanco como fuente de ésta. Satía (1974) alcanzaron en esta especie un resultado en principio similar trabajando con temperaturas superiores a 16°C.<sup>17</sup>

El contenido proteico necesario para un rápido desarrollo depende en gran medida de la tasa energética del concentrado. Estudios realizados por Lee y Putnam (1973) indican que es suficiente en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) un 36% de proteína, siempre que el aporte energético sea elevado.<sup>17</sup>

Como esta especie, lo mismo que otros salmónidos, aprovechan peor los carbohidratos que las grasas con fines energéticos, hace falta un 40% de proteína bruta, a condición de que la ración contenga abundantes hidratos de carbono. En cambio, si las grasas constituyen la principal fuente de energía, para un crecimiento máximo sólo es necesario un 30-35% de proteína.<sup>17</sup>

Las necesidades proteicas se ven influenciadas por la calidad de la proteína, así como por el aporte energético y probablemente por determinados factores ambientales como la temperatura. Por ello con un suministro de proteína de buena calidad, podría sustituirse la proteína por grasa hasta en un 15%, siempre que la cantidad de proteína no sea inferior al 30%.

En cuanto a los aminoácidos se puede afirmar que para todas las especies piscícolas incluida obviamente la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) son indispensables diez aminoácidos conocidos como esenciales. Cuando faltan, los peces muestran trastornos de comportamiento y pierden peso.<sup>17</sup>

A continuación se señala la demanda de aminoácidos para la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> ROMAN-VALENCIA, César; SAGA, Atsushi. Piscicultura. Sus Bases, Métodos y Aplicaciones. Armenia (Colombia): AEBUQ, 1995. pp. 51-55.

**TABLA 4. Demanda de aminoácidos (en porcentaje) para la Trucha arco iris.**

<b>AMINOACIDOS</b>	<b>CANTIDAD (%)</b>
Isoleucina	2.8
Valina	3.6
Treonina	4.1
Metionina	2.3
Cisteína	1.0
Triptófano	0.6
Arginina	4.0
Histidina	1.8
Lisina	6.0
Leucina	1.0

Muchas cuestiones referentes a necesidades cuantitativas de aminoácidos de los peces no pueden considerarse todavía como definitivamente resueltas. Esto afecta sobre todo a las relaciones mutuas entre los diversos aminoácidos, así como a la variación de las necesidades de acuerdo con los factores ambientales.

**4.4.2 Grasas.** Las grasas son muy importantes como fuente energética para los peces, especialmente para los carnívoros; estas se encuentran después de su hidrólisis en forma de ácidos grasos y se consideran indispensables en la dieta de los peces, pues su carencia los hace susceptibles de adquirir enfermedades. La falta de grasas en el alimento de los peces puede ocasionar disminución de la hemoglobina en la sangre, inflamación de los músculos del corazón y aumento del agua en los músculos.<sup>18</sup>

La dieta de las truchas precisa una pequeña cantidad de grasa digestible. Los ácidos grasos esenciales son el linoleico, linolénico y araquidónico, todos ellos poliinsaturados. Un concentrado normal contiene un 5-8% de grasa. Si el contenido en grasa de la dieta es demasiado elevado se producen bajas como consecuencia de una degeneración grasa del hígado y los riñones.<sup>19</sup>

Truchas arco iris que recibieron un 10% de aceite de maíz como única fuente de grasa mostraron al cabo de 4 meses mal crecimiento, deficiente aprovechamiento del concentrado y alta mortalidad. Adiciones de ácido linolénico o aceite de pescado ocasionaban la inmediata estimulación del crecimiento y la desaparición de las manifestaciones patológicas (erosiones en las aletas, hígado pálido, aumentado de volumen y afectado por degeneración grasa, así como miocarditis local aguda) y de las bajas en el plazo de 2 semanas.

Es evidente que la escasa cantidad de ácido linolénico presente en el aceite de maíz resulta insuficiente para el normal crecimiento y saludable desarrollo. Las necesidades de la Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en ácido linolénico son del 1% del concentrado ó 2.7 de la energía de la ración.<sup>17</sup>

---

<sup>19</sup> DRUMMOND; SEDGWICK, Stephen. Cría de la trucha. Zaragoza (España): Acribia, 1988. pp. 68,69,72,73.

**4.4.3 Carbohidratos.** La digestibilidad de este nutriente presenta grandes variaciones en las diferentes especies. Los peces herbívoros y omnívoros utilizan mejor los carbohidratos, comparando con los peces carnívoros.

La trucha puede utilizar pequeñas cantidades de carbohidratos digestibles (glucosa, lactosa, etc), pero ni se debe suministrar más de un 9% de éstos ni la ingesta diaria debe superar los 4.5 gramos por kilogramo de peso vivo. Si se suministran grandes cantidades de carbohidratos durante mucho tiempo se pueden provocar cuantiosas pérdidas. Los peces muertos aparecen hinchados y, cuando se diseccionan, el hígado se observa considerablemente incrementado de tamaño y de un color muy pálido. Esto se debe al almacenamiento excesivo de glucógeno.<sup>19</sup>

Estudios comparativos realizados con distintas familias de Truchas arco iris han demostrado que, evidentemente, no hay diferencias genéticas marcadas en el aprovechamiento de los carbohidratos. De aquí que no exista la posibilidad de seleccionar estirpes con mejor aprovechamiento de estos nutrientes.<sup>17</sup>

En líneas generales debe admitirse que los peces pueden aprovechar los carbohidratos, aún cuando en diferente cuantía. Las necesidades energéticas pueden cubrirse, pero no por completo, mediante carbohidratos intercambiables energéticamente con la grasa, ya que su aprovechamiento intermediario es limitado. Sin embargo, también en especies carnívoras es conveniente una cierta proporción de carbohidratos en el concentrado, que se aporta simplemente introduciendo en este sustancias vegetales, ya que con ellas se ahorra proteína.<sup>17</sup>

**4.4.4 Fibra.** Es un material difícil de digerir por los peces, se encuentra en poca cantidad en las harinas de pescado y de carne, pero los granos y cáscaras de semillas tienen altos contenidos de fibra. Por regla general, los peces no son buenos asimiladores de fibra, pasando ésta por el sistema digestivo sin ser aprovechada.

En la formulación de una dieta, algunos nutricionistas opinan que el porcentaje de fibra no debe ser mayor del 10%.<sup>1</sup>

**4.4.5 Vitaminas.** Las vitaminas son moléculas orgánicas que se necesitan en pequeñas cantidades en la dieta de los animales, se pueden clasificar en dos grupos genéricos: las solubles en agua (hidrosolubles) y las solubles en grasas (liposolubles). Las primeras se digieren rápidamente, su carencia genera trastornos en los peces y el exceso causa acumulación en el organismo y evacuación posterior de las mismas; las liposolubles no se evacúan fácilmente y su exceso en el organismo puede causar enfermedades.<sup>18</sup>

#### **4.4.5.1 Vitaminas solubles en agua.**

- **Tiamina (Vitamina B<sub>1</sub>).** Actúa en el metabolismo de los carbohidratos, su carencia causa trastornos en el sistema nervioso de la trucha.
- **Riboflavina (Vitamina B<sub>2</sub>).** Funciona como coenzima en la digestión, su carencia en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) produce retraso en el crecimiento e incremento en la mortalidad.

- **Nicotinato (Niacina).** Forma parte de las coenzimas que actúan en el metabolismo de los carbohidratos, su deficiencia produce inapetencia y retraso en el crecimiento de los peces.
- **Piridoxamina (Vitamina B<sub>6</sub>).** Forma parte de las coenzimas que actúan en el metabolismo de las proteínas, especialmente en los peces carnívoros; su deficiencia produce anemia y trastornos del sistema nervioso.
- **Acido pantoténico.** Su carencia , en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), produce trastornos en los filamentos branquiales.
- **Biotina.** Actúa en el metabolismo de los azúcares y las grasas, su deficiencia en el cuerpo produce anorexia, convulsiones y bajo ritmo de crecimiento.
- **Colina.** Pertenece al grupo de las vitaminas B y su deficiencia afecta al hígado.
- **Folato.** Es necesario para la producción de glóbulos, su deficiencia acusa oscurecimiento del cuerpo del pez y retraso en su crecimiento.
- **Cobalamina (Vitamina B<sub>12</sub>).** Regula las condiciones de la sangre y su deficiencia produce anemia.
- **Inositol.** Actúa en el metabolismo de las grasas, su deficiencia causa bajo ritmo de crecimiento y lesiones en la piel de los peces.
- **Vitamina C.** Esta vitamina es producida por los peces, su deficiencia ocasiona la enfermedad del vértigo y genera mutaciones.

#### 4.4.5.2 Vitaminas solubles en grasas.

- **Retinol (Vitamina A).** Actúa, principalmente, favoreciendo el normal funcionamiento de los ojos; su deficiencia produce ojos brotados, crecimiento lento, mutaciones y deformaciones de los huesos.

- **Calciferol (Vitamina D).** Aún se desconoce su función, su deficiencia causa bajo ritmo de crecimiento y alteración del metabolismo del calcio, mientras que el exceso de esta vitamina produce crecimiento lento y oscurecimiento del cuerpo del pez.
- **$\alpha$ -Tocoferol (Vitamina E).** Su deficiencia causa crecimiento lento, anemia, aumento de agua dentro del cuerpo y trastornos en el hígado. Cuando hay deficiencia de esta vitamina se presenta una alta mortalidad de peces.
- **Vitamina K.** Actúa en la coagulación de la sangre, su deficiencia disminuye la coagulación, causa anemia y genera trastornos hepáticos.

**TABLA 5. Demanda de vitaminas para el crecimiento de la trucha arco iris (mg de vitamina por Kg de concentrado). El asterisco (\*) indica que en estos casos no se conoce el requerimiento de esa vitamina.<sup>18</sup>**

Vitamina	Requerimiento (mg/Kg)
B <sub>1</sub>	10-12
B <sub>2</sub>	20-30
B <sub>6</sub>	10-15
Acido pantoténico	40-50
Niacina	120-150
Folato	6-10
B <sub>12</sub>	*
Inositol	200-300
Colina	*
Biotina	1-1.2
C	100-150
A(U.I)	2000-2500
D(U.I)	2400
E	30
K	10

**4.4.6 Minerales.** La cantidad de minerales en el cuerpo de un pez no es mucha, sin embargo son muy importantes para el mantenimiento de la vida y el desarrollo de las estructuras corporales de los organismos. El calcio y el fósforo abundan en los huesos, mientras que el sodio y el cloro están en la sangre. Dentro del cuerpo de un pez hay alrededor de 15 minerales distintos, de los cuales, entre el 60 y el 80% corresponden a: sodio, potasio, calcio, cloro, azufre y magnesio: otros minerales como hierro, cobre, manganeso, cobalto y zinc se requieren en grandes cantidades.

Las principales funciones de los minerales en el organismo son las siguientes:

- Formación del esqueleto
- Control de la presión osmótica
- Ayuda en la función enzimática
- Control de la acidez o alcalinidad de la sangre

Los minerales se renuevan constantemente en el organismo, los peces los adquieren de su medio acuático y de los alimentos, por ello es necesario adicionarlos en el concentrado.<sup>18</sup>

Se ha determinado por experiencia que el calcio y el fósforo son minerales esenciales para los peces. La relación calcio-fósforo en las dietas debe ser de 3 a 5g de calcio y de 3 a 5g de fósforo por kilo de la dieta. El sodio y el potasio también se han considerado importantes especialmente para peces de agua dulce, se recomienda de 1 a 3 g/kilo de la dieta.<sup>1</sup>

A continuación se dan algunos valores de la cantidad de minerales necesarios para la nutrición de la Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), pero en general esto es mas cuestión de intuición, basada en las necesidades conocidas de los mamíferos.

**TABLA 6.** Necesidades nutricionales de minerales para la Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)<sup>17</sup>.

<b>MINERAL</b>	<b>NECESIDAD ( g/Kg de Concentrado )</b>
Calcio (Ca)	2
Fósforo (P)	7-8
Magnesio (Mg)	0.6-0.7
Potasio (K)	1.6
Sodio (Na)	2.2
Cloro (Cl)	*
Hierro (Fe)	0.044
Cobre (Cu)	0.004
Manganeso (Mn)	0.012-0.013
Zinc (Zn)	0.088
Cobalto (Co)	0.00005
Selenio (Se)	0.00015 **
Yodo (I)	0.0028

\* En Truchas arco iris se comprobó que fracciones hasta del 10% de NaCl en el concentrado no provocaban ninguna alteración en la salud y que no actuaban ni positiva ni negativamente sobre el crecimiento. Sólo se presentaban trastornos con cantidades del 11.5-15%.

\*\* El mejor crecimiento de Truchas arco iris se consigue, además de adicionar selenio al concentrado, complementando con ácido ascórbico.

#### 4.5 ALTERNATIVAS DE ALIMENTACION DE LA TRUCHA

En las explotaciones piscícolas de pequeña área las truchas se pueden alimentar con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con un suministro diario del 30 al 50% del total de consumo de pez y el resto se complementa con alimento comercial balanceado.

Para explotaciones piscícolas intensivas se recomienda alimentarlas a base de alimentos comerciales balanceados. Con esto su explotación se hace más rentable, pues en periodos cortos de tiempo se pueden obtener ganancias en peso y talla del animal. <sup>14</sup>

#### 4.6 ALMACENAMIENTO DEL ALIMENTO

Muchos de los problemas del alimento se presentan por un mal sistema de almacenamiento. Los requerimientos básicos para un buen bodegaje del alimento concentrado son:<sup>14</sup>

- Protección contra altas temperaturas y humedad, así se evita la oxidación de grasas y la proliferación de hongos y bacterias.
- Protección contra insectos y roedores: los programas de fumigación y trampas para roedores evitan contaminación del alimento durante el almacenamiento.

- Rotación de inventario: los alimentos para truchas debido a la alta calidad de sus ingredientes (alta susceptibilidad de contaminación), no deben ser almacenados por lapsos mayores a 30 días.
- Los bultos de alimento deben ser almacenados sobre estribas de madera o plástico, pero nunca en contacto directo con el piso y con las paredes; con el fin de cortar la humedad.
- La bodega debe tener una buena iluminación, pero hay que evitar que los rayos solares caigan directamente sobre el concentrado.

#### **4.7 FORMAS DE ALIMENTACION**

Las formas de alimentación dependen directamente del manejo, la edad y los hábitos de la especie. En el cultivo de la trucha, debido a que el tamaño de las unidades de producción es menor en cría que en otras especies como la tilapia o los camarones, el sistema más común de alimentación es al voleo.

- El alimento para alevinos de 1.5 cm a 3 cm de tamaño se recomienda suministrar en forma de harina fina.
- En forma de harina granulada se suministra el alimento para alevinos y dedinos de 4 a 6 cm de tamaño.
- Un alimento granulado se recomienda para dedinos y juveniles de 7 a 12 cm.
- El alimento para juveniles de 13 cm de tamaño en adelante, se recomienda suministrarlo entero. No se les debe suministrar alimento en forma de harina, ya que se vuelve una masa que se pega en los opérculos, presentando focos de infección.<sup>14</sup>

#### **4.8 HORARIOS DE ALIMENTACION**

Los horarios para la alimentación de la trucha no son muy estrictos, pero se deben tener en cuenta aspectos como temperatura del agua, concentraciones de sólidos y niveles de oxígeno presentes en el agua.

- Valores por debajo de los niveles óptimos de oxígeno y por encima del rango de temperatura ideal, así como el alto contenido de sedimentos en el agua estresan al animal disminuyendo su apetencia y por lo tanto el consumo.
- Siempre es recomendable alimentar de acuerdo a la temperatura promedio y a los niveles de saturación de oxígeno a los cuales se tenga la explotación.
- Es importante tener en cuenta la dosificación de la ración a suministrar.
- Para alevinos de iniciación se recomienda suministrar alimento 6 a 8 veces día, cada una o dos horas.
- Alevinos y dedinos suministrar alimento 4 a 5 veces día, cada 3 horas.
- Para juveniles y peces adultos, se recomienda suministrar alimento tres veces por día: en la mañana, al mediodía y a las 5:00 pm.
- Entre más dosis se reparta la ración diaria, habrá mayor aprovechamiento, menor desperdicio del alimento y buena conversión alimenticia del pez.<sup>14</sup>

#### **4.9 CANTIDAD DE ALIMENTO A SUMINISTRAR POR DIA**

Para determinar la cantidad de alimento que se necesita suministrar se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. La temperatura del agua; es fundamental tener en cuenta este factor, porque nos indicará la menor o mayor cantidad de alimento a suministrar en los estanques.
2. La turbidez del agua; si el agua está muy turbia, no se recomienda suministrar el alimento, ya que este podría ir al fondo y se pierde.
3. La biomasa: es el peso total de un lote de peces, expresados en gramos o en kilogramos.
4. El tamaño de los peces: tener presente si son alevinos adultos.
5. El peso promedio: tener en cuenta si es del lote o del estanque.
6. Es importante tener presente el estado de salud de los peces para un óptimo análisis.<sup>14</sup>

#### **4.10 ALGUNOS ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE ALIMENTO PARA PECES**

**4.10.1 Concentrados comerciales.** Se pueden obtener concentrados secos comerciales para la cría de la Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), de los siguientes tipos de calidades:

**4.10.1.1 Concentrados de iniciación y concentrados para alevines.** Se comercializan tres tamaños de partículas. Normalmente presentan un contenido en proteína total y en proteína animal mas alto que los concentrados granulados para truchas mayores. Un concentrado de alevines razonablemente bueno debe presentar un contenido proteico de un 50%, del cual el 75% como mínimo debe ser proteína de origen animal. Se utilizaban hasta que las truchas alcanzaban unos 5cm de longitud.

**4.10.1.2 Concentrados granulados para cebo.** Se comercializan 2 ó 3 categorías. El contenido proteico debe ser de un 45% aproximadamente, siendo el 70% del mismo, proteína animal. Se utilizan para la alimentación de truchas de 5-15 cm de longitud.

**4.10.1.3 Concentrados granulados de finalización.** Se presentan 2 tipos. El contenido proteico total es de 40-45%, con un 60% de proteína de origen animal. Se utilizan para cebar las truchas hasta el tamaño de sacrificio.

Para los reproductores se comercializan concentrados granulados de alto contenido proteico. El resto de los componentes de los concentrados comerciales, son grasas digestibles de bajo punto de fusión (normalmente presente en una proporción del 7-8% en los concentrados de alevines y del 5-6% en los concentrados de cebo), vitaminas y minerales.

Los concentrados secos no lo son totalmente, en el sentido estricto de la palabra. Es especialmente importante que su contenido inicial en agua sea inferior al 10% y que se almacenen en un lugar fresco y seco. Las harinas y los granulados pueden contaminarse con hongos, capaces de producir sustancias tóxicas para los peces.<sup>19</sup>

#### 4.11 FORMULACION DE DIETAS EXPERIMENTALES Y CONCENTRADOS COMERCIALES.

La elaboración de una dieta artificial para peces, como para cualquier otra especie utilizada en producción animal, comprende dos etapas principales:

- **La Formulación**, que se basa, por una parte, en las necesidades alimentarias, previamente determinadas, de la especie en cuestión, y por otra, en la composición y el costo de las materias primas disponibles.
- **La Fabricación**, propiamente dicha que, en general, tiene como único objetivo la transformación de la fórmula previamente diseñada, sobre el papel, en un soporte físico susceptible de ser ingerido, en cantidades adecuadas, por el animal.

En esencia, formular un concentrado comercial, a partir de una serie de materias primas, es calcular una combinación de las mismas de forma que se cubran los requerimientos nutritivos de la especie a que va dirigido, al costo mas bajo posible. De esta definición resulta automático deducir que son dos los tipos de factores a considerar a la hora de proceder a confeccionar una fórmula: nutritivos y económicos.

Para formular un concentrado se exigen unos datos de partida referentes a los objetivos a cubrir (requerimientos nutritivos), los materiales de que se dispone para ello (materias primas), así como cualquier otra consideración que pudiera influir después, como restricciones derivadas del proceso de fabricación elegido, características organolépticas que debe reunir el producto, etc. A partir de estos

datos se puede pasar ya a la etapa matemática de la formulación que es la resolución de un sistema de ecuaciones, para la que habrá que tener en cuenta también las consideraciones de tipo económico.

Es importante señalar que la selección de las materias primas a utilizar no solo dependerá de la adecuación entre su contenido en nutrientes y las necesidades del animal o de su costo en el mercado, sino también del proceso de fabricación elegido y, en consecuencia, de las características físicas deseadas para el producto.<sup>20</sup>

#### **4.11.1 Métodos para balancear dietas.**

**4.11.1.1 Soluciones algebraicas.** El método permite mezclar dos o más ingredientes. Consiste en la creación de un sistema de ecuaciones simultáneas, con tantas incógnitas como ingredientes se quiera mezclar, y tantos sistemas como nutrientes se quieran balancear. El método es muy simple de utilizar cuando se desea balancear pocos ingredientes para uno o dos nutrientes dados, no así cuando se aumenta el número de variables.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> GARCIA; GALLEGU, M. Departamento de Biología Animal, Ecología y Genética. Universidad de Granada. pp. 23-26, 61-70, 91,92.

<sup>21</sup> CARDONA LOPEZ, Manuel Guillermo. Manual de Alimentación Animal. Universidad de Antioquia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Comité de Publicaciones, 1985. pp. 62,66,67,80,94,95.

**4.11.1.2 Cuadrado de Pearson.** El método permite definir que proporciones de dos ingredientes deben mezclarse a fin de obtener la concentración deseada. Para hacer uso de este método, en los vértices del lado izquierdo de un cuadrado imaginario se escriben los dos ingredientes que se van a utilizar y la concentración del nutriente de interés en dichos ingredientes. En el centro del cuadrado se anota la concentración deseada del nutriente.

Para obtener las proporciones de ingredientes que se utilizarán, se resta diagonalmente, y las diferencias entre la concentración del nutriente en los ingredientes y la concentración deseada se anotan en los vértices del lado derecho del cuadrado, ignorando el signo.<sup>21</sup>

**4.11.1.3 Tanteo (Prueba y error).** Consiste en ir realizando una serie de aproximaciones manuales hasta que se obtiene el balance deseado. Este método requiere mucho tiempo y requiere de experiencia.<sup>21</sup>

**4.11.1.4 Programación lineal.** El método de programación lineal es el más utilizado para balancear dietas de mínimo costo. Tiene la ventaja que permite balancear dietas con gran número de ingredientes y por varios nutrientes a la vez. Es de fácil aplicación manual para casos sencillos, sin embargo, se hace sumamente difícil conforme se incrementan tanto el número de ingredientes como el número de nutrientes que se quieren balancear, requiriéndose en estos casos el uso del computador.

Es una técnica matemática para determinar la proporción óptima de los recursos, en nuestro caso los diferentes ingredientes de los concentrados para obtener un objetivo en particular tal como reducir los costos u optimizar las ganancias cuando existen diferentes alternativas para el uso de dichos recursos o si se puede seleccionar entre ellos.<sup>21</sup>

#### **4.11.2 Principales factores a considerar en una formulación.**

Independientemente del método matemático elegido para la formulación, existe una serie de factores que deben ser tenidos en cuenta a la hora de formular un concentrado para peces.

**4.11.2.1 Requerimientos nutritivos.** Se deben conocer cuáles son los nutrientes requeridos para una determinada especie, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, y cómo estos varían en función de una serie de factores tales como la especie, la edad, la fase del ciclo biológico, y la actividad fisiológica subyacente, y determinados parámetros de la calidad del agua.

**4.11.2.2 Materias primas: Composición, Selección.** Normalmente resulta conveniente establecer categorías o grupos dentro de las materias primas, basados en criterios de similitud en cuanto a origen, composición o características nutricionales (forrajes, concentrados, desechos,...), que faciliten su identificación y manejo “teórico” así como la consideración de posibles sustituciones.

Es necesario disponer, al emprender una formulación, de datos, con un elevado grado de fiabilidad, sobre las cantidades de nutrientes que existen en las fuentes que se piensan utilizar así como sobre su biodisponibilidad, esto es sobre la cantidad realmente útil al animal de cada uno de esos nutrientes.

Los elementos cuya cantidad en la materia prima se debe conocer son, como mínimo, materia seca, proteína, grasa, carbohidratos, energía, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, así como aquellas sustancias que pudieran tener, por ejemplo., propiedades tóxicas a partir de cierta concentración.

**4.11.2.3 Aspectos económicos.** Un concentrado o dieta comercial debe ser valorada tanto desde consideraciones puramente nutricionales como económicas. Estas últimas engloban aspectos tales como el costo de los diversos ingredientes, los gastos derivados de su aprovisionamiento, los implicados en la fabricación propiamente dicha, como, a plazo más largo, en su conservación o distribución a los animales.

**4.11.2.4 Tipo de procesamiento requerido.** Una consideración previa la hora de formular una dieta para peces y, por tanto, seleccionar sus ingredientes, es decidir las características del sustrato físico que la va a contener: dietas húmedas, semihúmedas o secas, granuladas, en migas, escamas, etc.,etc.

Esta elección condicionará, a su vez, la del proceso tecnológico implicado en su fabricación y por tanto las condiciones de temperatura, humedad, presión.., a que se verá sometida la mezcla.

**4.11.2.5 Efectos sobre el rendimiento productivo en cantidad y calidad.** En muchas ocasiones, el elevado costo de una dieta, óptima desde el punto de vista del aumento de biomasa en la explotación, puede no hacer aconsejable su fabricación si cabe la posibilidad de usar una alternativa que ofrezca una mejor “relación calidad / precio” esto es, un menor costo por cada kilogramo de pez producido, aunque los kilogramos producidos no alcancen el máximo posible.

**4.11.2.6 Efectos sobre la calidad del agua.** Una dieta no equilibrada, con exceso de algún nutriente, provocará una excreción de éste con el consiguiente riesgo de eutrofización del medio.

Si los ingredientes utilizados son de baja digestibilidad, aumentará la emisión de heces y se incrementará la polución del agua.<sup>20</sup>

#### **4.12 FUENTES ALTERNATIVAS DE PROTEINA Y ENERGIA EN ACUICULTURA**

La investigación de las posibilidades de utilización de una fuente proteica en concreto, debe ir precedida, desde un punto de vista estrictamente nutritivo, del conocimiento de los datos correspondientes a los requerimientos proteicos de la especie sobre la que se va a ensayar, así como de los requerimientos cuantitativos para cada uno de los aminoácidos esenciales. Sobre esta base, se puede estudiar el cubrir dichas necesidades a partir de diferentes proteínas o mediante una combinación adecuada de estas.

Entre los criterios de selección de posibles fuentes proteicas alternativas hay que tener en cuenta el contenido proteico del producto y cual sea su origen (animal, vegetal o unicelular) que sea lo suficientemente elevado como para permitir sustituciones sustanciales de la harina de pescado; ya que la formulación de las dietas para peces debe contemplar, no sólo el nivel de proteínas, sino la inclusión de lípidos, hidratos de carbono digestibles, vitaminas y minerales, en cantidades adecuadas.

Otro criterio de gran importancia es la calidad nutritiva de la proteína, que viene definida por su composición en aminoácidos esenciales, por su digestibilidad y valor biológico, condicionantes de la disponibilidad de aminoácidos esenciales.

Por último, y desde una perspectiva más amplia, hay que considerar otra serie de factores que van a matizar la rentabilidad o no, del uso de una determinada fuente de proteínas. Entre ellos, hay que destacar, obviamente, el precio, que si bien no ha de ser necesariamente menor que el de la harina de pescado, al menos debería llegar a ser competitivo, en determinadas circunstancias, con el de esta.

La presencia de factores antinutritivos o nocivos que deban ser eliminados, puede suponer un importante costo adicional a tener en cuenta.

Finalmente, la disponibilidad de la fuente en el mercado en cuanto a cantidad y continuidad de suministro y la constancia de su composición son, desde un punto de vista eminentemente práctico, fundamentales,...<sup>20</sup>

#### **4.12.1 Fuentes proteicas de origen vegetal.**

- **Oleaginosas.** Los subproductos de semilla oleaginosas son las proteínas vegetales más ampliamente utilizadas en alimentación animal, por su alto contenido de proteína, su amplia disponibilidad y su costo generalmente menor al de la harina de pescado (Taylor y Berk, 1981). Una ventaja de las oleaginosas es que debido a que la utilización primaria es para obtener aceites, la pasta derivada de ese proceso incrementa su valor proteico y de grasas en términos de porciento de peso seco y en consecuencia su uso para la acuicultura resulta adecuado.

Entre las oleaginosas se incluyen las harinas y pastas de semillas de soya, algodón, colza, girasol, ajonjolí, cacahuate y copra.<sup>22</sup>

▪ **Proteínas vegetales de origen unicelular.** Dependiendo de su origen, las proteínas unicelulares son ricas en proteínas y vitaminas. Son altamente termoestables, se pueden producir a partir de desechos agroindustriales y se pueden cultivar en sistemas continuos en pequeñas instalaciones y en periodos muy cortos gracias a su breve tiempo de generación, además de que se puede controlar su composición según el medio de cultivo y manejo genético. Entre las proteínas unicelulares utilizadas en dietas para peces se encuentran levaduras, bacterias, hongos filamentosos, microalgas y lodos activados.

Su uso en alimentación animal está limitado por su alto contenido de ácidos nucleicos y de material indigerible, deficiencia de aminoácidos sulfurados y la posible presencia de contaminantes derivados del medio de cultivo; adicionalmente, su costo de producción puede limitar su competencia con proteínas vegetales. (Kaushik y Luquet, 1980; Tacon y Jackson, 1985).<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> MARTINEZ PALACIOS, Carlos Antonio; CHAVEZ SÁNCHEZ, María Cristina; OLVERA NOVOA, Miguel Angel; ABDO DE LA PARRA, María Isabel. Artículo Fuentes Alternativas de Proteínas Vegetales como Substitutos de la Harina de Pescado para la Alimentación en Acuicultura. México. pp. 281, 286-294.

▪ **Proteína bacteriana. *Methylophilus methylotropus*.** Esta proteína unicelular conocida como “Proteen” y cultivada en metanol (Taylor y Berk, 1981), ha sido también considerada para sustituir a la harina de pescado en los alimentos para peces gracias a su elevada calidad nutricional. La trucha presenta un crecimiento similar al obtenido con harina de pescado, cuando se incluye hasta 60% de proteína de pruteen en su dieta. Esta bacteria puede reemplazar arriba del 75% de la proteína animal en dietas para salmónidos y alrededor del 50% en dietas para tilapia (Tacon y Jackson, 1985).<sup>22</sup>

▪ **Hongos filamentosos.** Los hongos son un importante potencial en la alimentación de peces, dada su calidad nutricional y facilidad de cultivarse en residuos celulósicos (Taylor y Berk, 1981; Tacon y Jackson 1985).

***Geotrichum candidum*.** Dabrowski et al. (1980) reemplazaron con éxito en dietas para trucha hasta el 50% de la harina de pescado con este hongo filamentoso cultivado en solubles de destilería del Whisky; sin embargo sustituciones mayores (75 y 100%) provocaron efectos adversos sobre el crecimiento atribuidos a deficiencia de aminoácidos, particularmente sulfurados, lisina e histidina, así como también problemas asociados a bajos niveles de Ca y Mg y deficiencias energéticas por un bajo contenido de lípidos.<sup>22</sup>

▪ **Microalgas.** Las microalgas son una buena alternativa para la alimentación animal, ya que pueden satisfacer la totalidad de sus requerimientos nutricionales aún cuando son pobres en energía (Göhl, 1991). Su producción industrial es costosa pero su cultivo en aguas residuales podría abaratar el proceso (Taylor y Berk, 1981), además de que algunas se pueden obtener como subproductos industriales.<sup>22</sup>

▪ **Lodos activados.** Tacon y Jackson (1985) señalan que diversos autores han obtenido resultados promisorios al alimentar truchas con dietas conteniendo lodos activados derivados de plantas de tratamiento de efluentes de fábricas de papel, cervecerías y aguas domésticas; sin embargo destacan la necesidad de realizar más investigaciones a fin de evaluar la factibilidad comercial de su uso en la alimentación de peces. Koops et al., (1982) encontraron que solamente el 5% de lodos activados domésticos causaron reducción en la conversión alimenticia y el crecimiento de truchas, indicando claramente que este recurso no es un sustituto apropiado para esta especie.<sup>22</sup>

▪ **Concentrados de proteína foliar.** El empleo de concentrados proteicos en alimentos acuícolas es una buena alternativa para la utilización de forrajes y semillas en dietas para peces, ya que eliminan el problema de su alto contenido de fibras y el de su bajo nivel proteico que impide su uso directo. La producción de concentrados de proteína foliar es una alternativa de alimentación importante para los trópicos, donde es posible tener condiciones favorables para el crecimiento de las plantas durante todo el año.

El contenido de proteína foliar seco es elevado, pero depende del método de extracción. Su perfil de aminoácidos está relacionado con el del vegetal de donde se extrae, aún cuando su balance es muy constante independientemente de su origen, el perfil de aminoácidos es muy parecido entre plantas y las diferencias relativas en el vegetal, se deberán a la presencia de otros elementos los cuales se eliminan durante el proceso de concentración de la proteína. (GOHL, 1991).<sup>22</sup>

▪ **Plantas superiores. Leguminosas.** Son los vegetales más ampliamente utilizados como alimento animal debido principalmente a su alto contenido proteico. De las plantas utilizadas por el hombre, sólo las gramíneas son más importantes que las leguminosas. Las semillas de leguminosas se consideran los suplementos naturales de los cereales, ya que sus niveles generalmente altos de lisina compensan su deficiencia en las gramíneas, mientras que éstas subsanan la insuficiencia de aminoácidos sulfurados de las leguminosas. Su calidad nutricional varía debido a la presencia de antinutrientes.<sup>22</sup>

▪ **Subproductos agroindustriales.** Los subproductos agroindustriales poseen cierta calidad nutricional que puede aprovecharse para alimentar peces.

Moyano et al., (1992) alimentaron a la trucha con dietas a base de germen de maíz en una sustitución de 0.4 a 0.6% de la proteína. Los alimentos fueron bien aceptados y los peces tuvieron un adecuado crecimiento, a pesar de que el germen de maíz tiene imbalances de los aminoácidos isoleucina y leucina.<sup>22</sup>

▪ **Macrofitas acuáticas.** Estas plantas pueden emplearse como forraje para peces herbívoros o transformarse en harina para incluirse como ingrediente en alimentos balanceados, pero la factibilidad de su uso depende de los costos de colecta y procesamiento. Las macrofitas se distribuyen mundialmente, encontrándose en casi todos los ambientes y normalmente se consideran como plaga, ya que interfieren con diversas actividades económicas, por lo que sería importante su utilización. Algunas macrofitas acuáticas son la *Eichornia crassipes* y la *Azolla pinnata*. (Appler y Jauncey, 1983).<sup>22</sup>

**4.12.2 Fuentes proteicas de origen animal.** En la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), Tiews et al (1976,1979) consiguieron sustituir completamente la harina de pescado de la dieta, utilizando como única proteína la procedente de una mezcla de harinas de subproductos avícolas e hidrolizado de plumas, aunque complementada debidamente con aminoácidos libres. Sin embargo, Steffens (1985) en investigaciones posteriores no pudieron conseguir la sustitución total de la harina de pescado por estos subproductos (complementados con metionina y lisina), sin evitar que disminuyera el crecimiento de las truchas; lo que se atribuye a una insuficiente suplementación con los aminoácidos citados.

Por su parte, Alexis et. al (1985), con esta misma materia prima, también suplementada, obtuvieron excelentes resultados en la trucha, con dietas libres de harina de pescado, pero incorporando otras fuentes proteicas vegetales.

De forma ocasional, algunos anélidos fueron, en principio, utilizados también como aporte proteico en dietas para peces.

En la actualidad, el uso de anélidos como fuente de proteínas se contempla desde una perspectiva distinta. En efecto, desde hace unos años, el cultivo de diversos anélidos se ha extendido a numerosos países, donde los desechos de la lombriz, al reciclar todo tipo de residuos orgánicos, son utilizados en agricultura como abono de elevada calidad.

Los resultados acerca de su composición, muestran una proporción proteica muy alta (superior al 60%) y prácticamente igual a las de las harinas de pescado. La composición en aminoácidos esenciales es, también, muy semejante, con la excepción, en algunos casos, de una leve deficiencia en metionina.

Pese a no existir una fuente proteica universalmente aceptada como sustituto total de la harina de pescado, la gran variedad de productos ensayados, permite disponer de una amplia gama donde elegir, en función de su costo, disponibilidad, valor nutritivo, etc., con objeto de incluirlas, en distintas proporciones, en los concentrados comerciales. El desarrollo de las investigaciones sobre el uso de estas materias, no tiene por qué conducir exclusivamente a un abaratamiento de los concentrados, aunque es deseable. Bastaría con limitar la dependencia que sufre la piscicultura del suministro de harinas de pescado, asegurando, al mismo tiempo, concentrados de buena calidad, de composición estable y libre de fluctuaciones excesivas en sus precios.<sup>20</sup>

#### **4.13 LA LOMBRICULTURA**

Es el cultivo de la lombriz con dos objetivos: producción de abonos y proteínas. La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es una especie que logra transformar eficazmente la materia orgánica biodegradable y simultáneamente la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) crece y prolifera abundantemente logrando utilizarse como fuente de proteína para alimentación de peces y animales domésticos.

La lombriz roja vive normalmente en zonas con un clima templado. Su temperatura corporal oscila entre los 19 y los 20°C. Mide de 6 a 8 cm de longitud, su diámetro oscila entre los 3 y los 5mm, es de color rojo oscuro, respira a través de la piel, no tiene dientes, en cada metámero se ubican 5 pares de corazones y un par de riñones.

El clitelium se sitúa en la parte anterior del cuerpo aproximadamente a la altura de su primer tercio, si se considera la longitud total de la lombriz.

El clitelium sólo se puede ver en las lombrices adultas, y da fe de que éstas han llegado a su madurez sexual; es como un anillo de mayor diámetro (espesor) que el resto del cuerpo. Este anillo contiene unas glándulas que segregan un líquido especial cuya finalidad es la de proteger a los huevos.<sup>23</sup>

Las razones que han llevado a elegir en lombricultura a la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) son fundamentalmente las siguientes:

---

<sup>23</sup> FERRUZI, Carlos. Manual de Lombricultura. Versión española. Dr Carlos Buxade. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1987. pp 13,14,110.

- a) Longevidad: en explotaciones controladas pueden vivir 12 y más años. En estado silvestre su longevidad es mucho menor: 3-4 años.
- b) Alta capacidad reproductiva: una lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) puede producir de 1200 a 1500 lombrices anualmente.
- c) Buena adaptación a la vida en cautividad si las condiciones del entorno son las adecuadas.
- d) Reducida movilidad: cuando la temperatura del lecho es la correcta (no muy baja), la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se ubican en profundidades no superiores a los 25-35 cm. También su movilidad horizontal es limitada.
- e) Alta capacidad de humificación: es decir, una elevada capacidad para transformar la materia orgánica en humus (alta eficacia).
- f) Notable consistencia corporal: lo que le otorga resistencia a las acciones de manejo.
- g) Color vivo: que permite distinguirla con facilidad.
- h) Elevada actividad enzimática, que le permite ser más eficiente.
- i) Producción de deyecciones: abono orgánico con una gran riqueza en flora bacteriana (alta eficiencia).<sup>24</sup>

**4.13.1 Condiciones de la explotación.** Los parámetros básicos son los siguientes:

---

<sup>24</sup> BUXADE, Carlos. Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo XII. Producciones Cinegéticas, Apícolas y otras. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1997. pp 362, 366, 367, 372, 373, 375.

**a) Temperatura.** La temperatura ideal ( a nivel de los lechos donde están las lombrices) son los 19-20°C. Temperaturas inferiores a 8-10°C, y superiores a 30-32°C determinan una práctica detención en la actividad reproductiva.

**b) Humedad relativa.** Es uno de los parámetros fundamentales (en la composición corporal de la lombriz, el 80-85 por 100, es agua). Se considera que la humedad relativa, dentro del intervalo termoneutro, debe oscilar alrededor del 70-80 por 100 (esta humedad se consigue con aporte de agua, que siempre debe ser potable).

**c) pH (nivel de acidez o alcalinidad).** El pH idóneo para los anélidos parece estar entre 7.0 y 7.5 (lecho muy ligeramente alcalino). El valor ideal parece ser el de pH = 7.0.

Hay que significar que un pH ácido (pH < 6.5) tiene efectos más negativos que un pH alcalino (pH > 7.5).

Los pH ácidos originan, con rapidez:

- 1) Una reducción de la actividad reproductiva.
- 2) Una disminución de la productividad
- 3) Una menor eficacia en la producción de humus.

**d) Agua utilizada.** Para mantener la humedad de los lechos (hábitat de las lombrices), es preciso regar regularmente los mismos. Esta agua ha de reunir dos condiciones esenciales:

- 1) Siempre ha de ser agua potable
- 2) Su temperatura debe ser la adecuada (cuidado con un agua demasiado fría).

Además, ha de ser suministrada con especial cuidado, para evitar encharcamientos o zonas donde no llegue (zonas secas de baja productividad).<sup>24</sup>

#### 4.13.2 Procedimiento para establecer un lombricultivo

**1. Seleccionar el terreno:** alejado de árboles resinosos (pinos y eucalipto), de plantas aromáticas, de hormigas y animales dañinos.

**2. Materiales:** Requiere los siguientes materiales: compuestos orgánicos biodegradables, tierra, residuos de cosecha, de cocina, estiércoles, lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y materiales para la elaboración de camas (clavos, guaduas o tablas y plásticos).

**3. Preparación del criadero y siembra de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*):** Las camas pueden ser de 1.5 m de largo por 1m de ancho y 0.4 m de alto. Generalmente se hacen sobre el suelo. En el fondo de la cama se coloca una capa de 15 cm de sustrato o comida. Se humedece hasta quedar empapada sin inundar. Se coloca 1 kilo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) por m<sup>2</sup> de alimento.

Se hace una mezcla de 10 partes de desechos orgánicos con una parte de suelo o tierra. El material no debe colocarse fresco pues genera mucho calor.

El pH inicial debe estar entre 5.5 a 7.5.

**4. Control de humedad y sanidad del cultivo:** Periódicamente se controla la humedad, regando permanentemente sin inundar el cultivo. Se debe permitir la aireación y evitar la putrefacción.

**5. Suministro de materia orgánica permanente:** Aproximadamente cada 10 días ó cuando sea necesario, añadir alimento hasta una altura de 5 cm sobre el nivel actual.

**6. Recolección de la lombriz:** Cuando el módulo se encuentra lleno y el proceso de transformación haya terminado, se coloca encima de éste una malla con comida, durante 5 días. Después se retira la malla con las lombrices que han

subido a alimentarse. Esta operación se repite de 3 a 4 veces con el fin de extraer la mayor parte de lombrices.

**7. Evitar plagas y plaguicidas:** Para combatir los enemigos de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), se debe evitar la excesiva humedad de la cama y colocar barreras con aceite quemado alrededor de la cama. Sus enemigos más comunes son hormigas, ratas y ratones, los pájaros ya gallinas. Los plaguicidas atentan contra la vida de la lombriz.<sup>10</sup>

**4.13.3 El humus de la lombriz.** El humus de lombriz, también denominado vermicompost es un producto que se caracteriza, en lo que a su composición inicial se refiere, por tres hechos que se consideran fundamentales:

- 1) Es un producto que se encuentra en una “fase intermedia”, entre la materia orgánica de la que procede y el mineral al que evoluciona.
- 2) Está constituido por complejos orgánicos estables de mineralización lenta.
- 3) Depende de cual haya sido la materia orgánica de partida.

El humus de lombriz es prácticamente inodoro, su color oscila entre el negro y el marrón oscuro, con un tacto suave y sus propiedades son:

- a) Incrementa la capacidad de retención de agua de los suelos donde se aplica.
- b) Actúa de enmienda, cohesionando los suelos arenosos y “soltando” los suelos arcillosos.
- c) Dadas las características de su pH (muy cercano a 7) ejerce como “substancia tampón”.
- d) Facilita la aireación y, además, mejora la permeabilidad de la tierra.

e) Enriquece los suelos (constituye agregados estables; habitualmente, carece de microorganismos patógenos y aporta flora bacteriana).<sup>24</sup>

#### 4.13.3.1 Composición típica del humus de lombriz.

**Tabla 7. Composición porcentual del humus de lombriz.**<sup>10</sup>

Humedad	30 - 60%
Nitrógeno	1 - 26%
Fósforo	2 - 4.5%
Calcio	2 - 5.1%
Potasio	0.3 - 2.5%
Magnesio	1 - 2.5 %
M.O.	20 - 25 %
Hierro	0.01 - 0.02 %
Cobre	0.05 %
Manganeso	0.06 %
Relación C/N	8 – 12

**4.13.4 La carne de lombriz.** La carne de lombriz contiene, de acuerdo con ciertos estudios un alto contenido en proteína bruta (68-82% de proteína). Además de este valor proteico tan elevado, la lombriz está totalmente exenta de enfermedades.

Estos dos factores hacen que su carne sea particularmente indicada para todos los animales carnívoros explotados en cautividad ya sea como alimento base o como integrante de los concentrados tradicionales.

Será por lo tanto muy indicada para las explotaciones de pollos, gallinas y piscifactorías en general como por ejemplo, las explotaciones de truchas.<sup>23</sup>

La harina de lombriz también se puede utilizar en alimentación humana. En el mercado existen libros de recetas de cocina que utilizan la harina de lombriz como componente de algunos platos propuestos. En ciertas regiones de China, Filipinas y del África negroide, desde hace siglos se utiliza a las lombrices como fuente de alimentación alternativa.

Es importante mencionar también la utilización de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) entera como cebo en la pesca. Por su color, la relativa dureza de su carne y su vivacidad, la hacen ser un cebo realmente apreciado por la mayoría de los pescadores.<sup>24</sup>

#### **4.14 CHACHAFRUTO, BALÚ, SACHAPOROTO; ERYTHRINA EDULIS**

El chachafruto o balú es un árbol que pertenece al género de las Erythrinas y comprende alrededor de 115 especies con flores vistosas de color rojo o naranja, distribuidas por todas las regiones del mundo. Es equiparado con el maíz y la papa, tanto por sus aplicaciones culinarias como por sus componentes nutricionales. También se lo ha comparado con el huevo y la carne por la cantidad de aminoácidos esenciales que posee.

*Erythrina edulis* es una especie que se encuentra en forma natural y cultivada en la cordillera de los Andes.

#### 4.14.1 Ubicación taxonómica según Cronquist (1981).

Reino: Vegetal

Subreino: Embriophyta

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Subfamilia: Faboideae (Papilionoideae)

Genero: Erythrina

Especie: Erythrina edulis

**4.14.2 Ecología.** Erythrina edulis es un árbol que crece a libre exposición y acepta sombra en los primeros estadios de su desarrollo. En Colombia se observa con vegetación natural en las estribaciones de la cordillera de los Andes, en la zona cafetera o selva subandina, en un rango altitudinal entre los 1200 y 2600 m, con un rango óptimo entre los 1600 y 2200 m de altura y una temperatura óptima entre 15-20°C.

Crece bien en suelos de textura suelta franco-arenosa y en suelos pesados con drenaje deficiente (Acero, 1989). No crece bien en suelos ácidos, es exigente en agua, sobre todo en el primer año después de su siembra.<sup>11</sup>

**4.14.3 Botánica.** El chachafruto es un árbol frondoso, que puede alcanzar altura de 14 m y diámetro de copa de 7 m, tallo leñoso con espinas puede alcanzar diámetros de 37 cm en árboles de más de 20 años. Hojas, algunas veces espinosas, son alternas, semicoriáceas trifolioladas y de pecíolos largos con glándulas productoras de néctar cerca de la base de sus folíolos.

Las flores son completas, zigomorfas, pistilo único, estambres, corola de color carmín, con un pétalo superior o estambre y dos pétalos laterales que forman la quilla, gamosépala, cáliz color verde rojizo.

Por su floración periódica, copiosa, de gran valor estético, se considera un árbol ornamental. Posee polinización cruzada a la que colaboran chupadores, abejas, avispa y pájaros (Passerine, Acero 1989).

Estudios fonológicos determinan 65 días entre la flor y la legumbre madura, con un porcentaje de fructificación entre 5 y 10%, esto es, entre 9 y 18 legumbres por racimo.

Legumbres cilíndricas, de 3.0 a 3.5 cm de diámetro, las de 55.0 cm de largo promedio, con 9 a 11 semillas; y las de 15 cm de largo promedio con dos o tres semillas.

La semilla: forma arriñonada con dos cotiledones blancoverdosos, de 3.5 a 7 cm de largo por 2.0 a 3.0 cm de diámetro. Testa pardo-rojiza o algunos morfotipos amarillos o negros. (Acero, 1989).<sup>11</sup>

#### 4.14.4 Características nutricionales de la planta.

**Tabla 8. Análisis semilla joven y adulta de la vaina del chachafruto.<sup>11</sup>**

Determinación	Semilla Joven (%)	Semilla Adulta (%)	Vaina (%)
Humedad	4.00	5.00	9.00
Cenizas	5.240	5.00	6.56
Grasas	1.550	1.64	3.105
Fibra Cruda	8.440	8.73	42.295
Proteína	26.16	23.571	20.952
Extracto Libre de Nitrógeno	54.58	56.059	38.458

**Tabla 9. Análisis de la parte comestible del chachafruto.<sup>11</sup>**

Contenido	Base fresca	Base seca
Agua (%)	80.50	8.00
Proteína (%)	4.00	20.50
Grasa (%)	0.10	0.51
Carbohidratos (%)	13.30	68.20
Fibra (%)	1.00	5.13
Cenizas (%)	1.00	5.64
Calcio (mg/100g)	16.00	82.05
Fósforo (mg/100g)	78.00	400.00
Hierro (mg/100g)	1.20	6.15
Vitamina C (mg/100g)	15.00	76.92
Tiamina (mg/100g)	0.09	0.46
Riboflavina (mg/100g)	0.05	0.26
Niacina (mg/100g)	0.90	4.62

#### **4.14.5 Usos del chachafruto.**

**4.14.5.1 Alimento humano.** Las semillas cocidas y luego molidas pueden usarse como el maíz o combinadas con éste u otras harinas para elaborar tortas, pures, coladas y variados platos con sal y dulce.<sup>11</sup>

**4.14.5.2 Alimentación animal.** Tradicionalmente los frutos completos se cocinan para alimentar monogástricos (cerdos, gallinas y pollos). Las semillas calentadas a 60 °C por una hora pueden suplementar el concentrado en pollos hasta un 25% en condiciones de pequeños productores; se presenta así la semilla como un potencial en la industria de los concentrados. Es necesario calentar o cocinar las semillas para el uso del hombre y de los monogástricos para desnaturalizar las lectinas que son glicoproteínas hematoaglutinantes.

Ensayos realizados con vacas en pastoreos, suplementados con 8 Kg diarios de forraje de *E. Edulis* aumentaron la producción de leche en comparación con testigos no suplementados con esta especie.<sup>11</sup>

**4.14.5.3 Agroforestería.** *Erythrina edulis* e *Inga* spp, son los árboles más empleados en Colombia como sombra de los cafetales. *E. Edulis* se utiliza también como cerca viva; existen en Colombia bancos proteicos de esta planta, el monocultivo y asociado con otras especies con muy buenas productividades de follaje.<sup>11</sup>

**4.14.5.4 Medicina.** En Colombia, un jabón hecho de la corteza se utiliza para lavar perros con enfermedades de la piel. Las flores se utilizan para tratar las irritaciones del ojo (Acero, 1989).<sup>25</sup>

**4.14.5.5 Otros Usos.** Recuperación de cuencas hidrográficas. Se está usando para reforestar en cuencas hidrográficas porque además de ser fuente de alimento, su producción es sencilla y su desarrollo rápido, fija nitrógeno y compite fácilmente con malezas y otros árboles.<sup>11</sup>

#### **4.14.6 Ingredientes y proceso para elaborar la harina precocida de chachafruto:**

- Semillas de chachafruto
- Benzoato de sodio

A las semillas frescas del chachafruto se le eliminan la cutícula colorada, luego se trocea y se coloca en cocimiento, se deja hervir por espacio de 30 minutos, luego se escurre y se lleva el troceado a estufa donde se deja secar por espacio de 9 horas, a una temperatura de 100 °C.

El producto ya seco se deja enfriar y luego se lleva al molino de martillo. A la harina de chachafruto resultante se le adiciona benzoato de sodio como preservante en proporción del 1%.

---

<sup>25</sup> ACERO, E. Silvicultura Final y Productividad del Chachafruto. Informe de *Erythrina edulis*. Parte 1. Universidad Distrital – CIID-CONIF. Bogotá. 1989.

El rendimiento de semilla fresca a harina precocida es del 20 por ciento.<sup>26</sup>

**4.14.7 Perspectivas y expectativas para el chachafruto (*Erythrina edulis*).** Los departamentos en donde se cultiva *Erythrina edulis* a mayor escala son: Antioquia, Boyacá, Caldas, Cundinamarca, Cauca, Huila, Nariño, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle.

Se calcula en una cifra cercana a un millón el número de árboles de chachafruto sembrados en los departamentos citados, comprendidos en esta cifra árboles jóvenes y adultos.

La producción esperada para estos árboles en su fase de plena productividad (a partir de su sexto año de edad) es de 170000 toneladas de fruto al año. Esta cifra equivaldría a 27000 toneladas en harina seca de fruto completo (para alimentación animal) o a 15000 toneladas en harina seca de semilla (para alimentación humana o animal).<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> DE SILVESTRI, J.A. Calidad de la proteína del chachafruto. Primer encuentro sobre el conocimiento del chachafruto. Universidad Distrital Bogotá. 1989.

<sup>27</sup> ACERO, E; BARRERA, Nancy. Chachafruto o Balú. Cultivo y Aprovechamiento. Bogotá. 1996. pp 69.

## 4.15 QUINUA

### 4.15.1 *Chenopodium Quinoa Willdenow*

- **Origen.** Planta nativa de las laderas occidentales de los Andes.
- **Distribución.** Las mayores áreas corresponden al Perú y Bolivia, pero también se cultiva en Colombia, Argentina, Chile y Ecuador.
- **Descripción.** Planta herbácea de 80 cm a 3 metros de alto, su inflorescencia forma una panoja de diversos colores: blanco hasta gris y negro, pasando por todas las tonalidades de amarillo, rosado, rojo, púrpura y morado, incluyendo vistosas mezclas de varios colores en una sola panoja.
- **Adaptación.** La quinua es un cultivo que se adapta a condiciones muy variables. Se le puede cultivar hasta los 3900 msnm.
- **Formas de utilización.**

**Consumo humano.** Luego de la eliminación del sabor amargo mediante la frotación, el lavado o por un proceso de escarificación, se puede consumir como grano entero, harina cruda o tostada, hojuelas, sémola y polvo instantáneo y ser preparados en múltiples formas.

**Consumo animal.** Los granos de segunda clase como los subproductos de la cosecha pueden ser empleados en la alimentación de monogástricos, aves, cerdos y rumiantes en condiciones especiales.

**Uso industrial.** La agroindustria transforma este grano preferentemente en hojuelas y harina, debido a que la fécula es un excelente alimento panificable.

**Uso medicinal.** A las hojas, tallos y granos se les atribuyen propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicas contra el dolor de muelas, desinfectantes de las vías urinarias, se utilizan también en caso de fracturas, en hemorragias internas y como repelente de insectos.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> VELA, N.P.; CABRERA, J.A. Utilización de la semilla de quinua en alimentación humana. Tecnología, 25:7-27. 1984.

**4.15.2 Valor nutricional.** Sus proteínas contienen 20 aminoácidos, incluyendo los 10 aminoácidos esenciales: Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptófano, Valina y Arginina. Además proporciona minerales, oligoelementos y vitaminas naturales: C, B1, B2, B3, ácido fólico, niacina, calcio, hierro y fósforo en porcentajes elevados.

En la tabla 10 se muestra la composición proximal del grano de quinua dentro de un amplio rango de variabilidad.

**Tabla 10. Valores mínimos y máximos de la composición del grano de quinua según varios autores (g/100g).<sup>29</sup>**

Proteínas	11.0	21.3
Grasas	5.3	8.4
Carbohidratos	53.5	74.3
Fibra	2.1	4.9
Ceniza	3.0	3.6
Humedad (%)	9.4	13.4

\* Fuente: Junge, 1975. Citado en “Quinua el grano de los Andes”

El rango de contenido proteico va de 11.0 a 21.3%, los carbohidratos varían de 53.5 a 74.3%, la grasa varía del 5.3 a 8.4%. Se encuentran apreciables cantidades de minerales, en especial potasio, fósforo y magnesio (ver tabla 11).

**Tabla 11. Contenido de minerales en quinua.<sup>29</sup>**

Minerales	Mg/100g
Fósforo	387.0
Potasio	697.0
Calcio	127.0
Magnesio	270.0
Sodio	11.5
Hierro	12.0

\* Fuente: LATINRECO, 1990 (Promedio de diferentes autores)

**4.15.3 Factores antinutricionales de la quinua.** La quinua presenta factores antinutricionales que pueden afectar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes esenciales, como proteínas y minerales. Son los siguientes: saponinas, fitatos, taninos e inhibidores de proteasa.

El término “saponina” se considera aplicable a dos grupos de glucósidos vegetales, uno de ellos compuesto por los glucósidos triterpenoides de reacción ligeramente ácida, y el otro por los esteroides derivados del perhidro-1,2-ciclopentanofenantreno. Tienen como propiedad la de formar una abundante espuma en solución acuosa y son también solubles en alcohol absoluto y otros solventes orgánicos.

En la quinua habría tanto saponinas como ácidos neutros. Por la característica espumante, las saponinas se emplean en la fabricación de cerveza, en la preparación de compuestos para extinguidores de incendios y en la industria fotográfica, cosmética (shampoos) y farmacéutica. En esta última tiene utilidad para la elaboración sintética de hormonas. Igualmente es aprovechada por los

campesinos andinos, especialmente las mujeres, quienes enjuagan sus cabellos con el agua que queda del lavado de quinua o la utilizan para lavar tejidos.<sup>29</sup>

**4.15.3.1 Efectos de la saponina.** El principal efecto adverso para el consumidor de quinua de la saponina es producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y la sangre, con lo que puede producirse un detrimento en el crecimiento a través de la acción sobre la absorción de nutrientes.

Aunque se sabe que la saponina es altamente tóxica para el humano cuando se administra por vía endovenosa, queda en duda su efecto por vía oral.

Se afirma que los medicamentos a base de saponina pueden ser administrados en grandes dosis por vía oral, ya que no son absorbidos por las mucosas intestinales y además se desdoblan bajo la acción de los álcalis y fermentos intestinales.

El efecto tóxico de la saponina de quinua sobre el organismo humano puede estar en discusión. Pero, sin duda, el sabor amargo resultante del glucósido es un estorbo para el consumo.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> AGUILAR, R.H; GUEVARA, L; ALVAREZ, J. Un nuevo método para la determinación cuantitativa de saponinas y su aplicación a diversas variedades de quinuas peruanas. Lima (Perú). 1979.

## 5 MATERIALES Y METODOS

El trabajo comprendió ocho etapas que se desarrollaron de la siguiente manera:

### 5.1 PRODUCCION DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) (figura 1)



**Figura 1. Cultivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)**

Se hizo un montaje de un módulo de producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el proceso de abastecimiento de insumos para la elaboración del concentrado.

La localización del área de trabajo fue la finca “Los Colores” ubicada en el barrio Villas del Sur del municipio de Popayán a 1737 m.s.n.m con temperatura promedio anual de 21°C.

El procedimiento realizado fue el siguiente:

- Se elaboraron 8 camas y se instalaron al aire libre, en el piso y en lugar sombreado.
- Las dimensiones de las camas son 1.00 x 1.50 m. Su altura es de aproximadamente 28 cm.
- Se extendió una capa de bovinaza de 10 cm de alto.
- Se depositó la semilla de lombriz roja californiana (LRC): 1Kg/m<sup>2</sup>.
- Se controló diariamente la humedad y la temperatura.
- Cada 8 días se alimentó a la LRC con una capa de 2 cm de bobinaza hasta un periodo de 3 meses. Además también se alimentó con desperdicios domésticos.
- Al cabo de tres meses se procedió a extraer la LRC.

## 5.2 OBTENCION DE HARINA DE LOMBRIZ (figura 2)



**Figura 2. Procedimiento para obtener harina de lombriz**

- Se extraen las lombrices de su medio al cabo de los 3 meses de poner en marcha la actividad; para ello se empleó una malla de alambre tejido para facilitar su extracción.
- Se purgó a las lombrices durante un día con un alimento basado en harina de maíz con una humedad similar a la del alimento con el fin de eliminar bacterias y hongos indeseables.
- Se sacrificaron los animales en una solución salina (dos cucharadas de sal en un litro de agua) y se lavaron posteriormente en agua.
- Finalmente se secaron hasta una humedad apropiada (alrededor de 10-12%) que permitió molerlas.

### **5.3 VALORACION DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DE LAS HARINAS DE LOMBRIZ Y CHACHAFRUTO**

Su calidad se determinó mediante el análisis bromatológico y mineralógico, de acuerdo a la metodología reportada por Bernal (1993), comprendiendo las determinaciones de: humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra, carbohidratos y minerales: Ca, Mg, K, P, Fe.<sup>30</sup>

Este parte del trabajo se realizó en los laboratorios de Química de la Universidad del Cauca y en los laboratorios de la Secretaría de Agricultura.

---

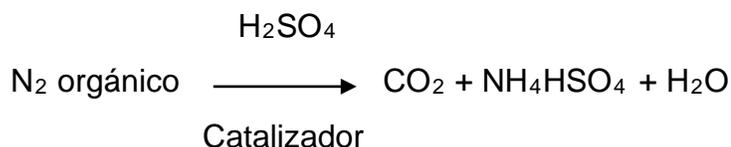
<sup>30</sup> BERNAL, Inés. Análisis de Alimentos. Primera edición. Editora Guadalupe. Bogotá. 1993. pp 2-13.

**5.3.1 Humedad.** La determinación de humedad o volátiles a 100°C se basa en la pérdida de peso que sufre el alimento al calentarse a 100°C. Este valor incluye además del agua propiamente dicha, las sustancias volátiles que acompañen al alimento.

**5.3.2 Proteína.** Para su determinación se utiliza el método de Kjeldhal, el cual consiste en:

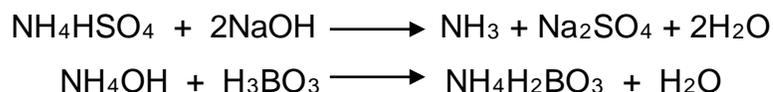
a) Oxidación de la muestra

con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y catalizadores, durante la cual la materia orgánica se destruye y el nitrógeno se convierte en sulfato ácido de amonio según la reacción:



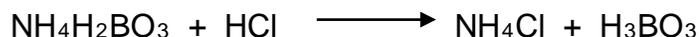
b) Descomposición del sulfato ácido de amonio por medio de un exceso de álcali fuerte para liberar el amoniaco, el cual se recoge por destilación sobre ácido bórico.

Las reacciones que suceden son:



c) Titulación del borato de amonio formado con solución patrón de HCl o de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, usando como indicadores de punto final una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno o una mezcla de rojo de metilo y verde de bromocresol.

La reacción de titulación es:



La cantidad de proteína bruta se obtiene multiplicando el porcentaje de nitrógeno determinado, por el factor 6.25.

Este método se basa en la medición del amoniaco formado por todo el nitrógeno presente en la muestra, sin embargo la fracción de nitrógeno no proteico es despreciable.

La clase de aminoácidos de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y del chachafruto (*Erythrina edulis*), se encuentran reportados en literatura (ver tabla 3) por esta razón no se considera necesario realizar su perfil.

**5.3.3 Fibra.** Se utiliza el método de Weende para la determinación. Consiste en efectuar dos digestiones: la primera con ácido sulfúrico y la segunda con hidróxido de sodio. La finalidad es la de eliminar proteínas, carbohidratos solubles, residuos de grasas, vitaminas y otros compuestos diferentes que interfieren en su determinación. El fundamento del método es asemejar este proceso al que desempeña el organismo en su función digestiva.

**5.3.4 Extracto etéreo o grasa bruta.** Se hace la extracción Soxhlet con éter de petróleo de la muestra previamente secada. En el proceso de digestión estas sustancias son transformadas en sustancias semejantes, pero características del organismo que las ingiere, por eso se consideran precursores dietéticos.

**5.3.5 Cenizas.** El método más usado comprende la incineración de la muestra a 550°C. La determinación debe hacerse aumentando progresivamente la temperatura del horno, hasta alcanzar el rojo oscuro (550°C). No se debe dejar pasar de esta temperatura pues se podrían descomponer los carbonatos presentes y se volatilizarían otras sustancias como los compuestos de fósforo produciendo resultados erróneos.

**5.3.6 Análisis de cenizas.** El análisis de las cenizas debe estar enfocado hacia la determinación de calcio, fósforo, hierro, potasio y magnesio, y demás elementos que tienen significado en la alimentación animal y humana. Se hace la solubilización de la ceniza con ácido clorhídrico para formar los cloruros respectivos, los cuales pueden valorarse finalmente, por métodos volumétricos, colorimétricos y por absorción atómica.

**5.3.6.1 Calcio.** Se determina por Espectrofotometría de Absorción atómica a partir de las cenizas en solución de ácido clorhídrico.

**5.3.6.2 Magnesio.** Se determina por Espectrofotometría de Absorción atómica a partir de las cenizas en solución de ácido clorhídrico.

**5.3.6.3 Potasio.** Se determina por Espectrofotometría de Absorción atómica a partir de las cenizas en solución de ácido clorhídrico.

**5.3.6.4 Fósforo.** Se hace la extracción a partir de la solución de cenizas con ácido clorhídrico 1:1. La determinación se hace por colorimetría en presencia de molibdato de amonio y tartrato de antimonio y potasio. Al final se lee la absorbancia o transmitancia a una longitud de onda de 660nm. Junto con las muestras se corren los patrones de fósforo.

**5.3.6.5 Hierro.** Se determina por Espectrofotometría de Absorción atómica a partir de las cenizas en solución de ácido clorhídrico.

#### **5.4 FORMULACION Y PREPARACION DE LAS DIETAS**

Se plantearon seis dietas utilizando las siguientes materias primas: harina de lombriz roja californiana, harina de chachafruto, harina de pescado, quinua, zanahoria, espinaca, salvado de trigo, salvado de maíz, melaza y aceite de pescado. (figura 3)

La formulación de las dietas o concentrados alimentarios se hizo a través del balanceo (o tanteo) de materias primas, acorde al requerimiento nutricional y al hábito alimenticio de la especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris). La preparación del concentrado incluye el manejo de variables como: cantidad y calidad de la proteína (aminoácidos), calorías y exigencia de energía, grasas, hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales.

En la preparación de las seis dietas se mezclaron y homogenizaron las materias primas, se llevó a la presentación de pellet y a una humedad inferior al 12% con el objetivo de evitar descomposición por humedades altas.



**Figura 3. Formulación de las dietas.**

#### 5.4.1 Obtención del pellet. (figuras 4 y 5)



**Figura 4. Pelletizador**

Para obtener el pellet se hizo pasar la mezcla de las diferentes harinas y componentes por un molino tipo artesanal, 2 ó 3 veces, agregando agua para humedecer la mezcla con el propósito de lograr una buena compactación y textura del concentrado. El paso del alimento por el molino debido a la rotación de los ejes genera un calor que indirectamente permite un precocido de la muestra.

En la última de las pasadas se empleó al final del molino un disco con orificios y una cuchilla cortante que permitió obtener las tiras (el pellet) con el tamaño requerido.

Obtenido el pellet, este se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas. Luego el concentrado en forma de pellet se procedió a empacarlo en bolsas de polipropileno las cuales se almacenaron en un lugar fresco.



**Figura 5. Obtención del pellet.**

## **5.5 ANÁLISIS QUÍMICO DE NUTRIENTES DE LAS FORMULACIONES OBTENIDAS**

Con el objeto de determinar la calidad de las formulaciones obtenidas se realizó un análisis bromatológico y mineralógico de las diferentes dietas mediante la metodología relacionada anteriormente (proteína bruta, grasa, fibra, humedad, cenizas y minerales).

## **5.6 SELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN PARA ENSAYARLA EN CULTIVO DE TRUCHA**

De acuerdo a los resultados de este análisis nutricional y considerando a su vez características de preparación, estabilización y conservación del alimento concentrado, se seleccionó la mejor dieta alimenticia.

A su vez a esta dieta seleccionada se le determinó la cantidad de vitamina A debido a su gran importancia para el óptimo desarrollo de los peces.

La vitamina A absorbe en la región ultravioleta del espectro con un máximo a 325 nm y esta propiedad puede usarse para la cuantificación de esta vitamina.

Se midió la extinción a 325 nm de la muestra del concentrado experimental diluida en isopropanol contra un blanco constituido por solvente; se sacó la cubeta y se la expuso a la luz ultravioleta hasta cuando la extinción permaneció constante y se anotó de nuevo la absorbancia. A partir de las lecturas de absorbancia se calculó la concentración de vitamina A presente en el concentrado experimental

### 5.7 VALORACION DE LA ESTABILIDAD DEL CONCENTRADO. (figura 6)



**Figura 6. Empacamiento del concentrado experimental.**

En la formulación y determinación de la estabilidad se estudió el proceso de flotabilidad mediante un óptimo secado y embebimiento del concentrado en grasa animal que además de mejorar la palatabilidad, aglutine y permita la flotabilidad.

Con el objeto de valorar la estabilidad del concentrado obtenido se almacenó el producto durante un periodo de 3 meses. Para ello se evaluaron primero las características organolépticas: apariencia, textura, color, etc; además se determinó el índice de peróxidos, análisis en el que se trata la grasa en una mezcla de ácido acético y cloroformo con una solución de yoduro potásico. El oxígeno del peróxido libera yodo a partir del yoduro potásico y este yodo se valora con una solución de tiosulfato sódico.

## 5.8 EVALUACION PRELIMINAR DE LA FORMULACIÓN SELECCIONADA EN CULTIVO DE TRUCHA

La formulación seleccionada se preparó en cantidad suficiente para alimentar los peces durante dos meses con el fin de someterla a una prueba de palatabilidad y asimilación en cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) mediante el suministro de raciones en que se sustituyó el concentrado comercial totalmente por el preparado, de acuerdo al tamaño y peso inicial de los dedinos.

**5.8.1 Sitio de trabajo y semilla de peces.** Esta parte del trabajo se desarrolló en la Estación Piscícola Quintero, corregimiento de Pitayó del municipio de Silvia, estación de clima frío apta para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). (figura 7)



**Figura 7. Estación Quintero, Pitayo Silvia (C).**

En la Estación Quintero, ubicada a 2300 msnm y temperatura ambiente promedio de 13°C, se adecuó un estanque en cemento con las dimensiones 9m (largo) por 1m (ancho) por 40cm (profundidad). Con divisiones en bloques de cemento se formaron de manera regular ocho unidades experimentales. (figura 8).



**Figura 8. Distribución de las unidades experimentales.**

Para el desarrollo del proyecto se seleccionaron 664 peces que se repartieron al azar en las ocho jaulas. Estos peces se encuentran en etapas de crecimiento de la especie conocidas como dedinaje. La talla inicial de los peces sembrados está en un rango de 10.2 a 11.6 cm y el peso inicial promedio en el rango entre 13.8 a 17.6 gramos. (figura 9)



**Figura 9. Semilla de peces**

**5.8.2 Tratamientos.** Para evaluar el efecto del concentrado formulado se hizo un diseño experimental así: en la jaula 1 se tomaron 83 peces a los que se les suministró concentrado comercial.

En las jaulas 2 y 3 se tomaron 83 peces respectivamente a los cuales se les suministró el concentrado experimental formulado.

La cantidad de alimento suministrado es igual para estos tres grupos de peces porque presentan uniformidad en peso y talla y las raciones se distribuyen de acuerdo a tablas guías de alimentación (ver tabla 14).

Al grupo de peces de la jaula 1 se le denominó control 1 y a los grupos de dedinos de las jaulas 2 y 3 se les denominó tratamiento 1 y tratamiento 2 respectivamente, aclarando que es el mismo concentrado experimental que se suministra para ambos grupos de peces.

En las jaulas 4,5 y 6 la distribución es la siguiente: en la jaula 4 se tomaron 83 peces alimentados con concentrado comercial y se denominó control 2.

En las jaulas 5 y 6 se tomaron 83 peces para cada una de ellas, alimentados con el concentrado experimental y denominados tratamiento 3 y 4 respectivamente. El control 2 se tomó como referencia de evaluación de los tratamientos 3 y 4.

Nuevamente se hace énfasis en que en los tratamientos 3 y 4 se suministró el mismo concentrado experimental de los tratamientos 1 y 2 aunque en diferente cantidad por ser estos grupos de dedinos de menor peso y talla que los anteriores.

Con el objeto de simular las condiciones de alimentación que se ofrecen en la estación piscícola Quintero, se hizo un tratamiento más, denominado tratamiento 5, donde se aplicó una dosis superior a la estipulada en la tabla guía de alimentación para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) con un control (concentrado comercial) para tenerlo como referencia de comparación.

El objetivo de trabajar con éstos dos últimos grupos de peces de éstas jaulas (7 y 8) es agregar alimento en exceso para determinar si éste es bien aprovechado o si al contrario el exceso no garantiza mejor rendimiento y mayor desarrollo de los ejemplares.

En la tabla 12 se muestra la distribución de tratamientos, el número de peces y el tipo de alimento suministrado.

**Tabla 12. Distribución de tratamientos y clase de alimento suministrado.**

<b>JAULA #</b>	<b>CONTROL Y/O TRATAMIENTO</b>	<b>NÚMERO DE PECES</b>	<b>TIPO DE ALIMENTO SUMINISTRADO</b>
1	Control 1	83	Concentrado comercial "Solla –Truchas 43"
2	Tratamiento 1	83	Concentrado experimental
3	Tratamiento 2	83	Concentrado experimental
4	Control 2	83	Concentrado comercial "Solla –Truchas 43"
5	Tratamiento 3	83	Concentrado experimental
6	Tratamiento 4	83	Concentrado experimental
7	Control 3	83	Concentrado comercial "Solla –Truchas 43"
8	Tratamiento 5	83	Concentrado experimental

**5.8.3 Alimentos y materias suministradas.** El alimento concentrado comercial de base utilizado fue de la marca “Solla –Truchas 43”, sin pigmento y extruído para trucha, para tenerlo como control en comparación con el concentrado experimental obtenido con base en harinas de lombriz roja californiana y de chachafruto, además de harina de pescado, zanahoria, salvado de trigo y aceite de pescado como materias primas complementarias.

**Tabla 13. Distribución porcentual de nutrientes del alimento concentrado comercial utilizado en el ensayo.**

<b>Composición Garantizada</b>	
PROTEINA MINIMO	43.0%
GRASA MINIMO	6.0%
FIBRA MÁXIMO	4.0%
CENIZAS MÁXIMO	12.0%
HUMEDAD MÁXIMO	13.0%

\* Presentación nutricional dada de la ficha técnica del producto “Solla” para trucha, año 2002.

**5.8.4 Suministro de alimentación.** El alimento se repartió a cada jaula por el método de voleo, con una frecuencia de cuatro veces al día durante siete días a la semana; el horario de alimentación fue 8 y 11 de la mañana y 2 y 5 de la tarde. La ración de alimentación en los estanques debe repartirse dependiendo del peso de los animales; para eso se deduce el peso total del cultivo o sea la BIOMASA TOTAL del cultivo con base en el peso promedio de cada pez y se multiplica por el número total de peces sembrados así:

BIOMASA TOTAL = Peso promedio pez x No Peces / Unidad experimental

Conociendo el peso total, se calcula la cantidad de alimento a suministrar por día para una determinada especie. Para ello se utiliza como referencia tablas recomendadas según el peso que van alcanzando los peces.

La tabla 14 es tomada como guía en el suministro de la ración diaria con base a porcentajes de la biomasa del cultivo la cual es ajustada periódicamente.

**Tabla 14. Guía de alimentación para el cultivo de Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).<sup>31</sup>**

TAMAÑO DEL PEZ (gramos)	PORCENTAJE (%) DE ALIMENTACION A SUMINISTRAR SEGÚN PESO VIVO DEL PEZ EN CULTIVO Y TEMPERATURA DEL AGUA			
	8 °C	9 °C	10 °C	11 °C
< 5.0	3.0	3.2	3.8	4.0
5.0	2.8	3.0	3.6	3.8
7.69	2.5	2.8	3.3	3.6
11.0	2.1	2.4	2.7	2.9
25.0	1.8	1.9	2	2.1
33.0	1.7	1.8	1.8	1.9
50.0	1.5	1.6	1.7	1.8
67.0	1.4	1.5	1.6	1.7
100.0	1.3	1.4	1.5	1.6
100-199	1.3	1.4	1.5	1.6

<sup>31</sup> BRAVO, Isabel; GIRALDO, Efrén; ORTIZ, Huberto. Guía práctica para el cultivo de peces con sustitución parcial de concentrado comercial por lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Universidad del Cauca. Pronatta. 2001.

**5.8.5 Seguimiento y evaluación del cultivo.** En el proceso de evaluación del cultivo se realizaron biometrías cada 15 días, durante dos meses que fue el tiempo empleado en la evaluación del producto, teniendo en cuenta parámetros como peso y longitud total del pez, observación de otras variables como cantidad de alimento suministrado o consumido y su ajuste porcentual, conversión alimenticia y tasas de crecimiento en peso (g) y talla (cms), mortalidad y finalmente generalidades respecto al comportamiento del cultivo.

Para valorar el estado nutritivo de los organismos, se acude al cálculo llamado Factor de Condición (K); que se refiere al estado fisiológico del pez el cual está condicionado por la interacción de factores bióticos y abióticos (Gherbí – Barré, 1983). Este factor es útil para comparar y cuantificar la condición o estado en que el pez se encuentra, en una forma numérica, permitiéndose asociar a una valoración de la contextura o estado de delgadez o de obesidad.<sup>3</sup>

Las biometrías quincenales de cada cultivo (unidad experimental) se hacen para un rango oscilable entre el 25-30% del número de animales durante todo el periodo (2 meses). Ver figura 10.



**Figura 10. Biometría de los peces.**

**5.8.6 Análisis estadístico.** Los datos obtenidos en las unidades experimentales de cada proyecto, se someten a un análisis estadístico que comprende análisis de varianza (ANOVA) para un modelo aleatorio, pruebas de Duncan, elaboración de gráficas y otros.

## 6 RESULTADOS Y ANALISIS

### 6.1 OBTENCIÓN DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*)

Al cabo de tres meses de cultivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se procedió a extraerla de las ocho camas obteniéndose en promedio 4 Kg de lombriz por cada lecho, para un total de 32 Kg de lombriz aproximadamente, lo que evidencia una alta tasa reproductiva de ésta. Para la producción del concentrado experimental se utilizaron alrededor de 65 Kg de lombriz (en promedio).

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) duplica su población cada 90 días, esta rápida velocidad de crecimiento permite producir una gran cantidad de carne a un bajo costo como ninguna actividad zootécnica lo logra.

### 6.2 OBTENCIÓN DE HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

Sobre la base del peso húmedo se obtuvo un 12% de harina de lombriz, esta harina es un polvo de color amarillo oscuro que contiene una alta concentración de proteínas. El rendimiento es bajo (12%) debido a que la lombriz roja californiana presenta una humedad alta, superior al 80%.

### 6.3 VALORACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DE HARINAS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA, CHACHAFRUTO Y QUINUA

La harina de lombriz roja californiana, la harina de chachafruto y la de quinua se sometieron a un análisis bromatológico y mineralógico con el fin de determinar su valor nutricional. Los resultados obtenidos se describen en la tabla 15.

**Tabla 15. Contenido en nutrientes y minerales de harina de lombriz roja californiana, harina de chachafruto y harina de quinua (En base seca).**

ELEMENTO	HARINA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	HARINA DE CHACHAFRUTO	HARINA DE QUINUA
Proteína (%)	65.1	18.5	15.1
Humedad (%)	7.8	10.4	11.6
Grasa (%)	6.3	2.0	6.2
Cenizas (%)	13.6	7.1	2.8
Fibra (%)	-	3.7	4.3
Carbohidratos (%)	7.2	58.3	60
Calorías	345.9	325.2	356.2
Ca (mg/100g)	343.6	82.05	30.4
Mg (mg/100g)	722.1		209
P (mg/100g)	90.7	400	517.1
Fe (mg/100g)	4.6	6.15	5.8

Estos resultados muestran que la harina de lombriz roja californiana tiene un elevado contenido proteico (65.1 en peso seco) pero es aún mas importante el contenido de aminoácidos esenciales que posee. La composición de estos aminoácidos es similar a la de harina de pescado con mayor cantidad de arginina y lisina y menor en metionina (ver tabla 3).

Esta similitud en cuanto al porcentaje de proteína y la composición de aminoácidos esenciales entre la harina de lombriz roja californiana y la harina de pescado (tablas 3 y 15) es muy importante cuando se trata de buscar nuevas fuentes de alimentación para peces ya que como se ha mencionado la harina de pescado es el principal componente de alimentación para estos animales, entonces se presenta una nueva perspectiva de alimentación utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como sustituto parcial o total de la harina de pescado.

Cabe destacar que la harina de lombriz roja californiana tiene una alta digestibilidad. Los aminoácidos digeribles son absorbidos totalmente por el metabolismo gracias a que posee enzimas que facilitan la absorción directa a través de las células del intestino delgado y, en consecuencia, proporcionan ganancia de peso a través de musculatura, y no de gordura.

Desde el punto de vista práctico el nivel de proteína es muy importante dadas las modificaciones drásticas y rápidas que ocurren cuando estas faltan.

El porcentaje de humedad en la harina de lombriz roja californiana es baja y apropiada teniendo en cuenta que humedades superiores al 12% traen como consecuencia descomposición del alimento por la proliferación de hongos y bacterias.

El porcentaje de cenizas hallado fue de 13.6%, relativamente alto, pero es más interesante el contenido de minerales que está presente en buena cantidad lo que convierte a la harina de lombriz roja californiana en una materia prima de excelente calidad para la elaboración de concentrados alimenticios.

La cantidad de grasa es baja, así como el aporte de fibra y carbohidratos que posee. De acuerdo a estos resultados es razonable considerar, al menos a nivel de contenido y composición de proteína y aminoácidos, a las harinas de pescado y lombriz como productos alternativos entre sí.

En la harina de chachafruto se encontró un contenido proteico de 18.5%. Este porcentaje a pesar de no ser demasiado alto si lo comparamos por ejemplo con la cantidad de proteína de la harina de lombriz roja californiana si tiene una composición de aminoácidos esenciales muy importante (ver tabla 3).

Es interesante anotar que la harina de chachafruto contiene mayores cantidades de aminoácidos esenciales que otras leguminosas como el frijol, arveja, soya y haba (tabla 16), que son comúnmente utilizados en nuestra alimentación, también es destacable resaltar que la metionina y el triptófano están en cantidades relativamente pequeñas (aunque mayores que en otras leguminosas) siendo estos dos aminoácidos limitantes por lo que se hace necesario mejorar esta harina suplementándola con estos aminoácidos o con vegetales ricos en ellos, o con otra fuente de proteína animal.

**Tabla 16. Aminoácidos esenciales del chachafruto frente a algunas leguminosas.<sup>11</sup>**

Chachafruto	Lis	His	Thr	Val	Met	Trp	Ile	Leu	Tyr	Phe
	6.91	5.84	5.84	5.57	1.31	0.66	5.20	8.24	5.50	4.99
Fríjol	6.24	-	3.87	4.22	1.17	0.56	3.73	6.51	2.70	4.72
Arveja	6.90	-	3.58	4.08	0.88	0.74	3.20	6.37	3.34	4.22

Si evaluamos la calidad de su proteína teniendo en cuenta su digestibilidad y valor proteico, la harina de chachafruto presenta una digestibilidad después de cocinar cercana al 50% y su eficiencia proteica es de 1.21, superior a la de fríjol y la lenteja. Los tratamientos térmicos pueden favorecer esta digestibilidad, además son necesarios para evitar los factores tóxicos termolábiles como son la presencia de lectinas e inhibidores de tripsina.

La humedad que presenta al igual que en la harina de lombriz roja californiana está por debajo del 12% lo que garantiza la no descomposición del alimento, siempre y cuando se mantenga en condiciones adecuadas de almacenamiento, también posee un bajo contenido de grasa, lo cual facilita su conservación.

El porcentaje de fibra es bajo (pero muy útil porque ayuda en el proceso digestivo), como también su porcentaje de cenizas. El chachafruto es rico en minerales como el potasio y en carbohidratos de ahí el interés de utilizarlo en la formulación y preparación del concentrado alimenticio como fuente de carbohidratos y complemento en aminoácidos esenciales; vitaminas y minerales.

El análisis bromatológico de la harina de quinua nos permitió determinar un porcentaje de proteína de 15.1%. Esta proteína es de buena calidad ya que contiene todos los aminoácidos esenciales en cantidades significativas especialmente leucina, lisina, arginina, aunque tiene como aminoácido limitante el triptófano.

La tabla 17 muestra la composición de aminoácidos esenciales de la quinua.<sup>32</sup>

**Tabla 17. Contenido de aminoácidos esenciales en g/100g de proteína de la quinua.**

<b>Aminoácido</b>	Arg	His	Ile	Lys	Phe	Leu	Met	Thr	Trp	Val
<b>Quinua</b>	7.3	3.2	4.9	6.0	4.0	6.6	2.3	3.7	0.9	4.5

Estudios bromatológicos realizados en Colombia (Zubiria, 1986; ICBF, Tabla de composición de alimentos colombianos, 1988; Cristo, 1995), Ecuador (Estrella, 1990) y Perú (Valdivia, 1989), han demostrado que la quinua como alimento proteico es de superior valor a la proteína de la leche, la caseína; contiene mayor cantidad de minerales como el Fe (8.4 – 14.8 mgs), Calcio (55 – 129 mg), proteínas (11.5 – 20.0 g), ácido ascórbico (7 mg) y aminoácidos esenciales en comparación con cereales como el arroz, cebada, centeno y trigo.

---

<sup>32</sup> VELEZ, Ricardo; ROMERO, Socorro. Estudio químico de la Quinua y factibilidades geográficas para su producción en el departamento del Cauca. Popayán (Cauca). 1994. 164p. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

Su digestibilidad es de aproximadamente el 80%. El tratamiento térmico es útil en la quinua porque mejora la calidad de la proteína, obteniéndose una mejor concentración de aminoácidos esenciales, inhibiendo factores antinutritivos como la tripsina.

En el análisis realizado se puede ver que la harina de quinua también presenta una humedad por debajo del 12%, su contenido en grasa es bajo y su aporte de carbohidratos es elevado. Presenta un valor de fibra de 4.3% que a pesar de que no es muy alto es importante por los beneficios que aporta el proceso de digestión, por su capacidad de absorber agua, captar iones, absorber compuestos orgánicos y formar geles.

Su porcentaje de cenizas es bajo pero hay que resaltar que en la quinua se encuentran apreciables cantidades de minerales, en especial fósforo y magnesio. Por todo esto la quinua es un alimento nutricionalmente completo porque presenta un buen contenido de proteínas, carbohidratos y minerales; pero no completamente equilibrado ni suficientemente asimilable.

La harina de pescado empleada también en la formulación y preparación del concentrado se le realizó el análisis bromatológico y los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 18. Análisis bromatológico de harina de pescado.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>HARINA DE PESCADO</b>
Proteína (%)	63
Humedad (%)	7.7
Grasa (%)	8.4
Cenizas (%)	12.5
Fibra (%)	0.5

Los resultados muestran que la harina de pescado presenta un alto porcentaje de proteína muy apropiado para satisfacer las necesidades proteicas de los peces. Cabe destacar que por ser una fuente de proteínas animales tiene un contenido elevado y muy bien equilibrado de los aminoácidos esenciales para la alimentación (ver tabla 3).

En cuanto a su digestibilidad esta es muy variable y depende de su origen y del método utilizado para su elaboración; la harina de pescado tiene una proporción de aminoácidos esenciales en una forma altamente digerible, particularmente metionina, cisteína, lisina, treonina y triptófano.

El porcentaje de grasa obtenido no es muy alto (8.4%) lo que nos permite utilizarla como fuente energética sin tener problemas de conservación. Valores altos de grasa hacen necesario suplementar esta harina con antioxidantes para evitar problemas de rancidez, lo que necesariamente conlleva a alteraciones del valor nutritivo de esta harina así como de su sabor y olor.

Tiene una humedad por debajo del 12% lo que garantiza que al mezclarla con las otras materias primas no las afecte.

El valor de cenizas es alto explicable debido a que en la fabricación de estas harinas se utilizan las cabezas, esqueletos, escamas y aletas.<sup>33</sup>

Se ha comprobado que las harinas de pescado tienen un contenido relativamente alto de minerales como el fósforo, en forma disponible para el animal. También contienen una amplia gama de elementos vestigiales.

Las vitaminas también están presentes en niveles relativamente altos, como el complejo de vitamina B incluyendo la colina, la vitamina B<sub>12</sub> así como A y D.

Es necesario señalar que las harinas de pescado difieren mucho en su contenido proteico y graso, así como en su digestibilidad, dependiendo de su origen y del método utilizado para su elaboración.

---

<sup>33</sup> GOYES, Blanca Ivonne. Nutrición Animal. Ed. Universidad Santo Tomás. Bogotá. 1984. pp 265.

Como materias primas complementarias para la formulación y preparación de las diferentes dietas alimenticias se utilizaron zanahoria, espinaca, salvado de trigo, melaza de caña, salvado de maíz y aceite de pescado, aunque en la preparación de la dieta alimenticia final no se utilizó espinaca, melaza ni salvado de maíz. A estas materias primas no se les hizo análisis bromatológico ni mineralógico; se tomaron datos reportados en la literatura de trabajos realizados con anterioridad.

La zanahoria se utilizó por el hecho de que ella constituye una fuente de vitamina A por su gran aporte de caroteno. Esta vitamina es muy importante en los peces porque actúa en el proceso de la visión (adaptación a la oscuridad), su carencia provoca ceguera nocturna entre otras cosas. También es destacable en la zanahoria su contenido en vitaminas B y C, además es una buena fuente de minerales como Fe, Mg, Ca y K.

A continuación se presenta la composición química de la zanahoria.

**Tabla 19. Composición química de la zanahoria (En 100g de parte comestible).**

Agua (g)	88.9
Proteína (g)	0.7
Grasa (g)	0.1
Carbohidratos (g)	8.4
Fibra (g)	1.1
Cenizas (g)	0.8
Ca (mg)	33.0
P (mg)	28.0
Fe (mg)	0.6
Vitamina A (U.I)	7000

\* Fuente: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Bogotá, 1988.

Se consideró conveniente utilizar salvado de trigo por el aporte que este hace de fibra insoluble, que es un componente crucial para la digestión y la salud de los animales; además aporta un cierto porcentaje de proteína (18.2) y minerales como calcio y fósforo.

El aceite de pescado es útil en la formulación y preparación del concentrado por el aporte que éste hace de los ácidos grasos esenciales. También porque suministra al alimento flotabilidad y cierto grado de palatabilidad.

La melaza aunque no se utilizó en la formulación seleccionada, se consideró inicialmente porque facilita la granulación de los concentrados, tiene efectos saborizantes y reduce la formación de polvo, por lo que mejora la palatabilidad de las raciones. Nutricionalmente la melaza contiene básicamente azúcares; su contenido proteico es bajo (3-10%) y prácticamente carece de grasa y fibra, aunque es muy rica en potasio.<sup>34</sup>

---

**34** AKIYAMA, M.D. Futuras consideraciones para la industria alimentaria acuícola. Memorias del primer simposio internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura. Facultad de Ciencias Biológicas. Nuevo León. México. 1993. pp 25-34.

**Tabla 20. Composición nutricional de otras materias primas (En base seca) utilizadas en preparación de dietas alimenticias.<sup>3</sup>**

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>% PROTEINA</b>	<b>% CARBOHIDRATOS</b>	<b>% GRASAS</b>	<b>% AGUA</b>	<b>CALORIAS</b>
Espinaca	3.5	3.3	0.3	89.7	27
Salvado de Trigo	18.2	62	5	89.0	366
Melaza	3.0	58.0	0.2	25.0	285

#### **6.4 FORMULACIÓN DE DIETAS**

Una vez realizada la valoración nutricional de las diferentes materias primas y basándose en estos resultados se procedió a formular y preparar las dietas alimenticias para trucha arco iris (*Onchorynchus mykiss*). El método utilizado fue el del tanteo (prueba y error).

En estas dietas las materias primas se formulan en diferentes porcentajes o proporciones tendiendo siempre presente que el aporte teórico de nutrientes cubra los requerimientos nutritivos de este salmónido.

El objetivo de probar diferentes porcentajes de materias primas fue el de al final seleccionar la formulación más apropiada para ensayarla en un cultivo de trucha arco iris (*Onchorynchus mykiss*) durante un periodo de 2 meses.

Las formulaciones realizadas son descritas en la tabla 21.

**Tabla 21. Formulación de diferentes dietas para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).**

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5	Dieta 6
<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad</b>					
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
Harina de lombriz roja californiana	25	45	35	55	25	45
Harina de chachafruto	30	32	33	-	-	-
Harina de pescado	35	15	25	5	35	15
Quinoa (grano)	-	-	-	33	30	32
Zanahoria	5	-	-	3	5	-
Salvado de trigo	5	-	-	-	-	-
Salvado de maíz	-	-	4	-	-	4
Espinaca	-	4	-	-	-	-
Melaza	-	4	3	4	5	4

A estas dietas se les realizó un análisis bromatológico y mineralógico con el fin de determinar cual de ellas se ajusta a las necesidades nutricionales de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 22.

**Tabla 22. Análisis Bromatológico y Mineralógico de las diferentes dietas.**

Elemento	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5	Dieta 6
Proteína (%)	49	50	51.3	51.2	47.7	49.0
Humedad (%)	9.8	11.5	10.1	9.9	7.1	7.2
Grasa (%)	7.8	3.6	6.6	4.8	8.2	6.6
Cenizas (%)	12.4	11.6	12.1	12.2	11	10
Fibra (%)	3.8	1.7	0.7	1.0	0.8	1.5
Carbohidratos (%)	17.2	21.6	19.2	20.9	25.2	25.7
Calorías	335	318.8	341.4	331.6	365.4	358.2
Ca (mg/100g)	1490	1019	1158	1200	1394	1250
Mg (mg/100g)	210	203.1	208	204.1	206.3	205
P (mg/100g)	360	307.3	355.2	331	340	351
Fe (mg/100g)	14.02	11.9	12.6	13.8	13.4	11.3

Se puede observar en la tabla 22 que las dietas tienen un alto contenido de proteína, siendo la dieta 3 y la dieta 5 las que presentan el mayor y menor porcentaje respectivamente. Estos valores están dentro del rango requerido por la trucha que oscila entre el 45-50%.

El aporte de proteína en las diferentes dietas lo proporciona la harina de lombriz roja californiana y la harina de pescado principalmente, además la harina de chachafruto y la quinua aunque en menor grado.

Además del aporte de proteína de la harina de lombriz roja californiana y la harina de pescado es importante señalar que por ser proteínas de origen animal tienen una mejor calidad en cuanto a su composición en aminoácidos esenciales muy importantes en el desarrollo de los peces y animales en general, además la

digestibilidad es alta lo que permite el buen aprovechamiento de estos aminoácidos.

Cuando en la alimentación de los peces el nivel de proteína es inferior al requerido disminuye la tasa de crecimiento, la actividad motriz y el grado de apetencia entre otros síntomas.

El porcentaje de grasa hallado en todas las dietas es menor de 9%. La formulación o dieta que presenta la mayor cantidad de grasa es la 5 y la menor la 2. Estos niveles de grasa lo aporta en las dietas sobre todo la harina de pescado dependiendo del porcentaje en que hace parte de ellas.

Los requerimientos de grasa de la trucha dependen de la relación proteína-grasa pero por lo general un concentrado normal contiene de un 5-8% de grasas.

Cuando en la alimentación de la trucha hay un exceso de grasas se producen bajas como consecuencia de una degeneración grasa del hígado y los riñones, pero también un nivel insuficiente de ellas afecta el crecimiento. Naturalmente los concentrados alimenticios donde el nivel de grasa es muy alto pueden sufrir enranciamiento durante su periodo de almacenamiento por lo que se hace necesario añadir antioxidantes.<sup>19</sup>

La cantidad de carbohidratos de las seis dietas es elevada, siendo la dieta seis la que presenta mayor cantidad de estos y la dieta 1 la que tiene el menor porcentaje. Estos valores tan altos los aporta la harina de chachafruto y la quinua que son materias primas ricas en carbohidratos.

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) por ser una especie carnívora no aprovecha eficazmente los carbohidratos, utiliza mas como fuente de energía las grasas. El porcentaje de carbohidratos recomendado en los concentrados comerciales se encuentra alrededor de 8-10%. Trabajos realizados con anterioridad (Edward, D.J; et al, 1979) han manifestado que niveles de carbohidratos digeribles superiores al 14% en la dieta no son bien utilizados por la trucha y deprimen el crecimiento.

En cuanto a la fibra se hallaron porcentajes relativamente bajos, presentándose la mayor cantidad en la dieta 1, explicable por el hecho de que en su formulación y preparación se empleo un 5% de salvado de trigo rico en fibra. Para truchas arco iris se recomienda una proporción de fibra bruta inferior al 10%. Para crías y ceba de truchas un nivel óptimo se situa entre 3.5% y 4.5%.<sup>17</sup>

El exceso de fibra en el concentrado ejerce un efecto perjudicial sobre la digestibilidad de los nutrientes.

La humedad en todas las dietas está por debajo del 12%, esto es importante ya que a humedades superiores los concentrados pueden contaminarse con hongos, capaces de producir sustancias tóxicas para los peces.

Las dietas 5 y 6 presentan el menor porcentaje de humedad (7.1 y 7.2% respectivamente) mientras que la dieta 2 presenta la mayor humedad (11.5%).

La cantidad de cenizas en las dietas es elevada siendo mayor en la dieta 1 y menor en la dieta 6. Estos porcentajes altos indican que hay buena cantidad de minerales. La harina de lombriz roja californiana y la harina de pescado son las dos materias primas que más aportan ceniza a las formulaciones analizadas.

El análisis mineralógico de las dietas muestra que en la dieta 1 se encuentra la mayor cantidad de Ca, Mg, P y Fe, mientras que en la dieta 2 se encuentra la menor cantidad de minerales a excepción del Fe. La presencia de minerales en los concentrados es importante dado que la carencia o deficiencia de estos produce unos efectos que se hacen sentir en las principales actividades metabólicas del pez.

Muchas veces las exigencias de ciertos minerales pueden ser satisfechos total o parcialmente por la absorción de estos directamente del agua como por ejemplo el calcio, mientras que la cantidad existente de otros elementos como el Mg en el agua dulce no basta para cubrir las necesidades de los peces por lo que este se debe agregar en los concentrados alimenticios.

Trabajos realizados por diferentes autores como López (1989); Halver (1988), Chow y Schell (1980) han determinado las cantidades de minerales que requieren los peces y en particular la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Estos requerimientos son los siguientes:

**Tabla 23. Requerimientos de minerales por la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) expresadas en mg/Kg.<sup>35</sup>**

Ca (mg/Kg)	0.02
Mg (mg/Kg)	0.05
P (mg/Kg)	0.7
Fe (mg/Kg)	3
Cu (mg/Kg)	5
Mn (mg/Kg)	13
Zn (mg/Kg)	15-30

Si comparamos estos requerimientos con los obtenidos en las diferentes dietas se puede ver que hay un exceso muy grande en estos minerales; aunque en otras investigaciones se reportan valores mas altos y que se aproximan mejor a los resultados que se obtuvieron en las distintas formulaciones. Es el caso de los trabajos realizados por Rumsey (1977) que estableció que las necesidades de calcio en la dieta para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) ascendían alrededor de unos 2000 mg/kg y también en investigaciones en las que se utilizó harina de pescado como fuente de calcio, con un aporte de 37 g/Kg se alcanzaban aumentos de peso considerable.

---

<sup>35</sup> LOPEZ MACIAS, Jorge. Nutrición Acuícola. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Nariño (Colombia). 1997. pp 81

En la tabla 23 se reporta como requerimiento de fósforo 0.7 mg/Kg y en otros ensayos se ha determinado como necesidad mínima para un normal crecimiento un contenido de 7-8 g/Kg de fósforo (Ogino y Takeda, 1978), Frenzel y Pfeffer (1982) no detectaron diferencias de consideración al variar el contenido de fósforo entre 3.4 y 22.0 g/Kg de concentrado. Con una cifra de 6 g/Kg de concentrado se cubrirían las necesidades, pero era muy baja la conversión alimenticia.<sup>17</sup>

En cuanto al magnesio en la tabla 23 se reporta 0.05 mg/Kg como requerimiento para la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), los valores que se encontraron en las diferentes dietas son más altos, pero si estos valores los comparamos con los resultados obtenidos en las investigaciones de Ogino et al., 1978 que determinaron como necesidades mínimas de magnesio de 600-700 mg/Kg de concentrado en truchas arco iris juvenes (1g de peso inicial) y 1000 mg/kg de concentrado en truchas mayores (Cowey et al. 1977) podemos ver que estas diferencias no son tan sorprendentes.<sup>17</sup>

Lo mismo sucede con hierro; mientras que López (1989), Halver (1988), Chow y Schell (1980) determinaron 3 mg/Kg como requerimiento para la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), Lowell (1979) determinó como necesidades mínimas de hierro 44 mg/Kg de concentrado.<sup>17</sup>

En las necesidades de minerales es muy importante tener en cuenta factores como son la relación que existe entre estos, el aporte que hace el agua, el grado de aprovechamiento por parte de los peces, la presentación química de la fuente alimenticia, la composición de la dieta, y las características del tracto digestivo de la especie.

Por ejemplo, existe una estrecha relación entre el calcio y el fósforo. Si el calcio está presente en exceso en el concentrado se dificulta el aprovechamiento del fósforo por fijación química, por lo que hay menos fósforo disponible que en las dietas carentes o pobres en calcio.

La disponibilidad de fósforo en la harina de pescado varía según la calidad de esta harina y de las especies de la cual se deriva; en el caso de utilizar vegetales en la elaboración de concentrados a pesar de poseer una buena cantidad de minerales, la disponibilidad de estos no es la mejor, ejemplo de ello es el fósforo que se almacena en las plantas en gran proporción en forma de fitatos cuya disponibilidad para los peces es limitada. Por consiguiente, el aprovechamiento del fósforo en la mayoría de los productos vegetales es bajo.<sup>35</sup>

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y todas las consideraciones anteriores se puede concluir que todas las dietas analizadas tienen cantidades suficientes de minerales como para suplir los requerimientos de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y el posible exceso de estos no necesariamente trae consecuencias en la salud de los peces ya que estos aprovechan solo lo necesario y el resto lo pueden eliminar a través de distintos medios o mecanismos como la orina; además esta cantidad de minerales viene de materias primas como la harina de lombriz roja californiana rica en calcio y magnesio, la harina de pescado que tiene buena cantidad de fósforo, así como la quinua aunque el fósforo está menos disponible y la harina de chachafruto que posee buena cantidad de minerales como el potasio y el fósforo.

Finalmente se hizo análisis bromatológico y mineralógico del concentrado comercial “Truchina 43% sin carofil” para compararlo con los valores obtenidos de las diferentes dietas.

En la tabla 24 se presentan los resultados de este análisis.

**Tabla 24. Valoración nutricional del concentrado comercial Truchina 43% sin carofil y comparación con el concentrado experimental (En 100g de materia comestible).**

Elemento	Concentrado comercial (Solla)	Concentrado experimental (dieta 1)
Proteína (%)	45.03	49.00
Humedad (%)	11.10	9.80
Grasa (%)	7.6	7.8
Cenizas (%)	11.95	12.40
Fibra (%)	11.14	3.80
Ca (mg/100g)	1128.2	1490.0
Mg (mg/100g)	137.82	210.0
K (mg/100g)	54.15	-
Fe (mg/100g)	18.18	14.20
P (mg/100g)	1842	360

Se puede observar que el concentrado comercial y las seis dietas (tablas 22 y 24) no presentan diferencias apreciables en cuanto a la cantidad de humedad, proteína, grasa, cenizas y elementos como calcio y hierro, inclusive las seis dietas presentan un porcentaje ligeramente superior de proteína. Hay diferencias

apreciables en cuanto al porcentaje de fibra y en elementos como el fósforo siendo mucho mayor en el concentrado comercial. La cantidad de magnesio es mayor en el concentrado experimental.

Los resultados del análisis bromatológico y mineralógico muestran que estas dietas presentan un valor nutricional que cumple los requisitos para ser utilizadas en la alimentación de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Las diferencias encontradas en los porcentajes de los elementos analizados (proteína, humedad, ceniza, grasa, carbohidratos, fibra y minerales) no son muy marcadas por lo que cualquiera de las dietas es alternativa en la alimentación de esta especie. Se seleccionó la dieta 1 para prepararla en cantidad suficiente para alimentar a la trucha durante dos meses como sustituto al concentrado comercial por las siguientes razones:

1. En la preparación de las diferentes dietas se utilizó harina de chachafruto y de quinua como materias primas alternativas entre sí. Se escogió al chachafruto como aporte principalmente de proteína vegetal y carbohidratos por el hecho de que es un cultivo que ha tenido mucha acogida en nuestro departamento del Cauca por su facilidad de producción, su buen valor nutricional y como sustituto a cultivos ilícitos. Naturalmente la quinua (*Chenopodium quinoa*) tiene también un excelente valor nutricional incluso muy parecido al chachafruto (*Erythrina edulis*) pero de las dos alternativas se seleccionó al chachafruto, por facilidad de consecución. La quinua se puede sugerir como alternativa para cultivarla en clima frío.

2. La dieta 1 presenta un porcentaje de harina de lombriz roja californiana del 25% (tabla 21). Este es un porcentaje apropiado ya que en trabajos realizados anteriormente (Edwards y Densen, 1980; Tacon et al, 1983; Stafford y Tacon,

1984) se ha encontrado que sustituciones muy altas de harina de pescado por harina de lombriz no son muy bien aceptadas por los peces posiblemente por la presencia de sustancias repelentes en la lombriz, y además si a esto le sumamos el hecho de que la humedad en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es muy alta (80 - 90%) se necesitaría gran cantidad de lombriz para obtener harina y producir concentrados que reemplacen a los concentrados comerciales de uso común.

3. Como se dijo anteriormente, a pesar de que no se encontraron diferencias significativas en cuanto a los resultados del análisis bromatológico y mineralógico de las seis dietas, podemos señalar que la dieta 1 presenta algunas ventajas respecto a las otras por los siguientes hechos:

- Su porcentaje de carbohidratos es el más bajo (17.2%). Esto es importante porque niveles muy altos de estos en los concentrados no son recomendados en la alimentación de la trucha porque afectan la conversión alimenticia y por tanto el crecimiento y buen desarrollo de la especie.

En las dietas comerciales para peces se recomienda utilizar materias primas que suministren carbohidratos solubles, en niveles no mayores al 20% (Chuw y Helver, 1980).

- Presenta el mayor porcentaje de fibra (3.8%) y aunque este no es un requerimiento nutricional de los peces, sí es una necesidad fisiológica debido a que regula la tasa de pasaje intestinal útil en el aprovechamiento de los otros nutrientes como las proteínas.

- La cantidad de minerales en la dieta 1 es mayor comparada con las otras dietas a excepción del hierro; es muy importante la presencia en cantidad suficiente de minerales en la alimentación para peces ya que su carencia puede afectar muy claramente el desarrollo de estos animales. Algunos de los síntomas o signos de deficiencia observados en los peces cuando hay deficiencia de minerales esenciales como fósforo, calcio, potasio, magnesio y microelementos como hierro, zinc, cobre, etc son: crecimiento reducido, escasa eficiencia del concentrado, desmineralización de los huesos, anorexia, cataratas, aumento de la mortalidad y muchos otros más.<sup>35</sup>

Una vez seleccionada la dieta 1 se preparó en cantidad suficiente para alimentar a un cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante un periodo de dos meses (aproximadamente 30 kilos) basándose en tablas de alimentación para suministrar el alimento o ración diaria.

Al concentrado preparado se le agregó una pequeña cantidad de aceite de pescado (2.5%) con el objetivo de incrementar un poco el porcentaje de grasa de este concentrado ya que según datos de literatura se requiere un 12% de grasa como requisito para estos peces en etapa de levante; además el aceite de pescado suministra ácidos grasos esenciales y mejora la palatabilidad y flotabilidad del alimento. Al agregar 2.5% de aceite de pescado se disminuyó un 2.5% del salvado de trigo, por lo tanto, disminuyó el porcentaje de fibra de esta dieta. Se realizó nuevamente un análisis bromatológico y los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 25. Análisis bromatológico de la dieta 1 (ajustando el % de grasa).**

Proteína (%)	48.7
Humedad (%)	9.7
Grasa (%)	11.8
Cenizas (%)	12.3
Carbohidratos (%)	14.9
Fibra (%)	2.6
Vitamina A (U.I)	1821
Índice de Peróxidos (meq/Kg)	2.02

Este análisis mostró que los valores de porcentaje de proteína, humedad y cenizas no variaron mientras que el porcentaje de grasa, fibra y carbohidratos si presentaron ciertos cambios como es obvio porque se adicionó un 2.5% de aceite de pescado y se disminuyó un 2.5% de salvado de trigo.

A la dieta 1 también se le determinó la cantidad de vitamina A presente, así como el índice de peróxidos, éste último como medio para evaluar la estabilidad del concentrado.

A través de la técnica de espectrofotometría se encontró en la formulación seleccionada una cantidad de 1821 U.I de vitamina A. Los requerimientos de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) para un óptimo desarrollo se sitúan alrededor de 2000-2500 U.I (ver tabla 5), por tanto hay una ligera deficiencia en cuanto a la cantidad de esta.

Las vitaminas son muy importantes dentro de los factores de crecimiento ya que catalizan todos los procesos metabólicos; la vitamina A es necesaria para combatir

los procesos de estructuración defectuosa del organismo y la ceguera nocturna. Cuando la cantidad de vitamina A en el organismo del pez es insuficiente, una de las consecuencias es que se pierde agudeza visual. Esto se debe a que se produce un desfase en la formación de rodopsina o púrpura visual, sustancia que da sensibilidad a las células de la retina encargadas de la visión en semioscuridad, por lo que puede sobrevenir la ceguera nocturna.

Materias primas como la zanahoria, el aceite de pescado y la harina de pescado son las que aportan principalmente vitamina A. Los carotenos o provitaminas A son abundantes en la zanahoria.

➤ **Índice de peróxidos:** el concentrado experimental se almacenó durante tres meses, para luego valorar su estabilidad según lo descrito en la metodología. Por tener en su composición harina de pescado y aceite de pescado en distintas proporciones se pueden presentar alteraciones en este, causadas por factores como influencia del aire y luz simultáneamente y especialmente en presencia de humedad, por lo que puede ocurrir un proceso de alteración conocido como “enranciamiento” causado por la oxidación de los ácidos grasos insaturados iniciada por los radicales libres, y a la posterior formación de compuestos dotados de un sabor y olor desagradables, además presentan generalmente una coloración más pálida que la normal.

Analizando el concentrado al cabo de éstos tres meses no se presentaron cambios en cuanto a olor y textura, el color varió cambiando a una tonalidad un poco mas oscura.

Químicamente a través del índice de peróxidos no se encontró “enranciamiento oxidativo” ya que el valor obtenido de 2.02 meq/Kg se sitúa dentro del valor permitido para este tipo de alimento cuyo máximo aceptado es 3 meq/Kg.

La conservación del alimento durante este periodo de tiempo es muy positivo porque se está contrarrestando uno de los principales inconvenientes en la producción de alimentos concentrados que es su descomposición.

Es importante tener mucho cuidado con las condiciones de almacenamiento del alimento.

## **6.5 EVALUACIÓN DEL CONCENTRADO EN TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)**

Al inicio del ensayo se encontraron diferencias en los pesos de los diferentes grupos de dedinos.

En el anexo No 1, tabla No 2 se presentan los promedios de los pesos para cada tratamiento y su respectiva desviación estándar. En todos los tratamientos esta desviación es menor al 7%, lo que significa que el ensayo se realizó en condiciones adecuadas.

En el anexo No 2, tabla No 1 se presenta un análisis de varianza para la variable peso al inicio del ensayo y para los tres periodos de la evaluación; se observa una alta significancia ( $F= 4378.525$ ,  $P= 0.000$ ) lo que muestra que en todos los tratamientos en las diferentes medidas hay diferencias significativas.

En el anexo No 2, tabla No 2 se presenta un análisis de varianza entre los tratamientos. Los resultados muestran que la diferencia es altamente significativa ( $F= 190.672$ ,  $P= 0.000$ ).

Como hay diferencias significativas entre los tratamientos se realizan pruebas de Duncan. Los resultados fueron los siguientes: respecto a la variable peso se puede ver al iniciar el ensayo la presencia de tres grupos de medidas que no presentan diferencia significativa entre si (ver anexo 3, tabla No 1). Por esto inicialmente se tomaron tres grupos de dedinos con pesos iguales que se distribuyeron en las ocho jaulas que corresponden: el primer grupo al control 1, tratamiento 1 y tratamiento 2 con mayor peso; el segundo grupo al control 2, tratamiento 3 y tratamiento 4 con peso intermedio y el tercer grupo al control 3 y tratamiento 5 con el menor peso. Esto explica la necesidad de tener tres controles.

Un comportamiento estadístico parecido presenta el análisis de la talla. En el anexo No 6, tabla No 1 se presenta la relación entre los tratamientos y el número de datos en forma idéntica al análisis realizado para la variable peso.

En el anexo No 6, tabla No 2 se relacionan todas las medidas en los diferentes periodos con su respectiva desviación estándar; esta es inferior al 7%.

El análisis de varianza Anova (anexo No 7, tabla No 1) indica que entre los tratamientos las medidas de talla en los diferentes periodos presentan diferencias significativas ( $F= 1768.679$ ,  $P= 0.000$ ).

En el anexo No 7, tabla No 2 se hace un análisis entre los tratamientos, y se observa que hay diferencia significativa entre éstos ( $F= 59.933$ ,  $P= 0.000$ ). Por lo tanto se realiza una prueba de Duncan (anexo No 8, tabla No 1), los resultados son los siguientes: al iniciar el ensayo estadísticamente se encuentran dos grupos. En el primero se encuentra el control 1 y los tratamientos 1 y 2 donde no hay diferencia estadísticamente significativa entre ellos y en el otro grupo se encuentran los controles 2 ,3 y los tratamientos 3, 4 y 5 donde tampoco hay diferencia significativa entre ellos.

#### **6.5.1 Evaluación del Primer periodo.**

El cálculo de las variables morfométricas y de crecimiento se especifica a continuación:

- Peso (P) : Peso total del pez, en gramos (g)
- Longitud Total (LT): Medida tomada desde la parte antero terminal de la boca del pez hasta el extremo superior de la aleta caudal, en centímetros (cms).

- Conversión Alimenticia (C.A) = 
$$\frac{\text{alimento suministrado (g)}}{\text{Peso final pez} - \text{Peso inicial pez}}$$
- Tasa de Crecimiento (T.C) = 
$$\frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Periodo de tiempo (días)}}$$
- Factor de Condición (K) = 
$$\frac{P(g) \times 100}{(LT)^3}$$

El primer periodo abarca las medidas realizadas un mes después de iniciar el ensayo.

En la tabla 26 se muestran los resultados de la biometría (peso, talla y conversión alimenticia) para cada uno de los tratamientos.

En todos los tratamientos experimentales del primer periodo incluidos los controles, los pesos varían en un rango entre 22.8 y 33.4 gramos con conversiones alimenticias promedio entre 1.6 y 3.3.

**Tabla 26. Biometrías: peso y crecimiento para trucha arco iris. Primer periodo.**

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso (g)	Talla inicial (cms)	Talla (cms)	Conv. Alimenticia C.A	Tasa de crecimiento	
						Peso (g)/día	Long (cm)/día
Control 1	17.62	33.38	11.60	15.43	1.6	0.492	0.120
Tratamiento 1	17.62	29.95	11.60	14.80	1.8	0.385	0.100
Tratamiento 2	17.62	30.72	11.60	14.94	1.8	0.409	0.104
Control 2	14.94	27.19	10.39	14.26	1.7	0.383	0.121
Tratamiento 3	14.94	26.22	10.39	12.94	1.8	0.352	0.080
Tratamiento 4	14.94	25.87	10.39	14.06	1.8	0.342	0.114
Control 3	13.80	24.88	10.22	14.32	2.8	0.346	0.128
Tratamiento 5	13.80	22.80	10.22	12.01	3.3	0.281	0.056

Los peces alimentados con el concentrado comercial en el control 1 presentan un valor promedio de peso más alto comparado con los tratamientos 1 y 2 y esa diferencia es estadísticamente significativa lo que evidencia un mejor aprovechamiento del alimento comercial suministrado.

Entre los tratamientos 1 y 2 no hay diferencia significativa (ver anexo No 3, tabla No 2) indicando que el concentrado experimental fue igualmente asimilado en estos dos grupos de peces.

El control 2 y los tratamientos 3 y 4 no presentan diferencias estadísticamente significativas en peso, lo que indica que el concentrado experimental tiene el mismo grado de asimilación que el comercial para esa dosis.

El control 3 y el tratamiento 5 (ver anexo No 3, Tabla No 2) presentan diferencia estadísticamente significativa, siendo mayor el incremento en peso en el grupo de dedinos del control 3.

Es importante resaltar el hecho de que los tratamientos 3 y 4 no presentan diferencia estadísticamente significativa con el control 3, en el que se suministró alimento en exceso, lo que permite afirmar que dosis altas de concentrado no necesariamente garantizan un mayor aprovechamiento de la proteína por parte del pez y por el contrario sugiere pérdida económica.

En cuanto a la talla para este primer periodo se observa que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 1 y 2 y su respectivo control lo que implica que la variable talla (cms) para periodos de crecimiento cortos (30 días) no aplican necesariamente para este tipo de análisis

Entre el control 3 y el tratamiento 5 se observan diferencias significativas en talla lo que ratifica el hecho de que el exceso de concentrado experimental en esta jaula no es aprovechado, indicando pérdida de concentrado y la posible contaminación del agua.

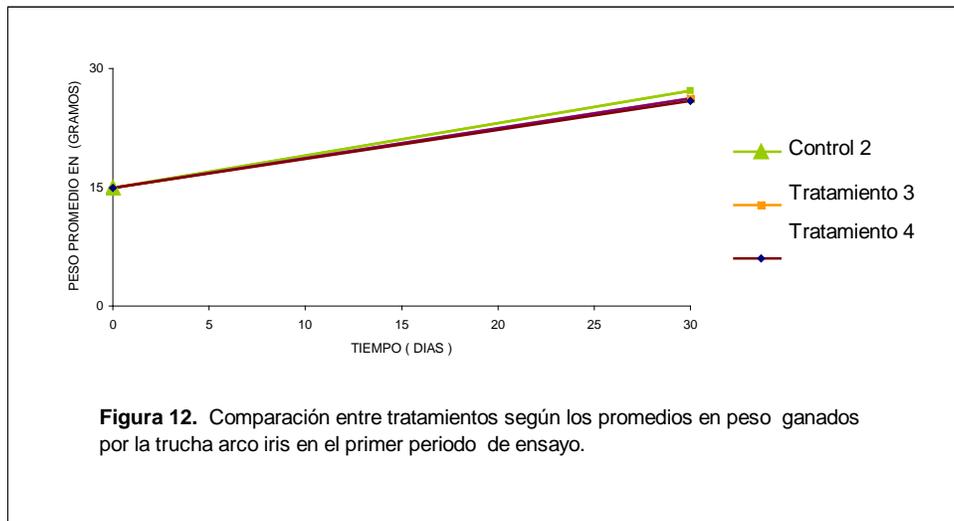
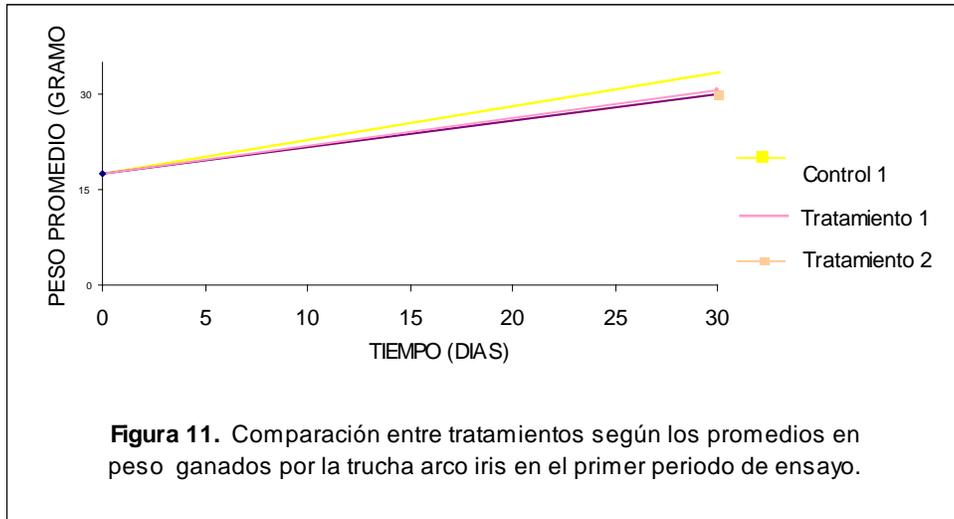
Entre los tratamientos 1 y 2 y los controles 2 y 3 no se observaron diferencias significativas, indicando que en cuanto a la variable talla existe una mayor

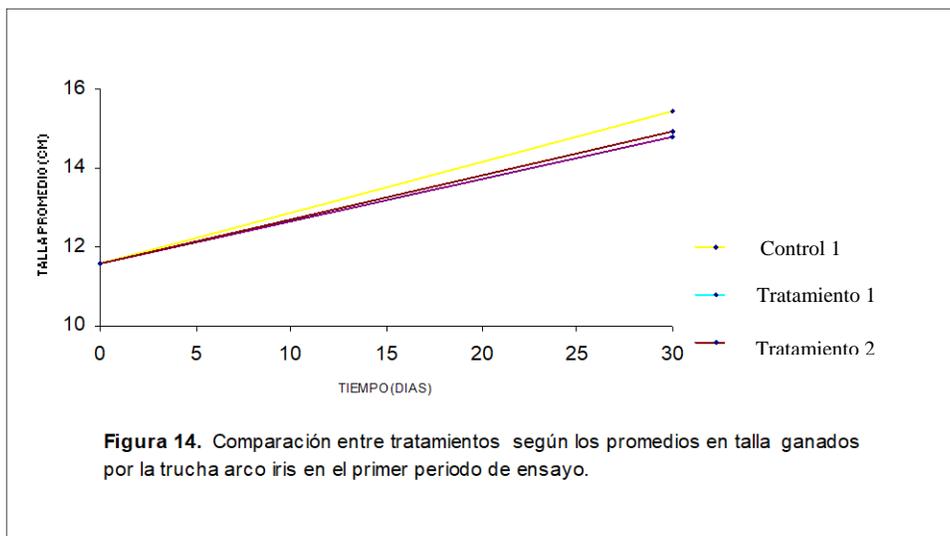
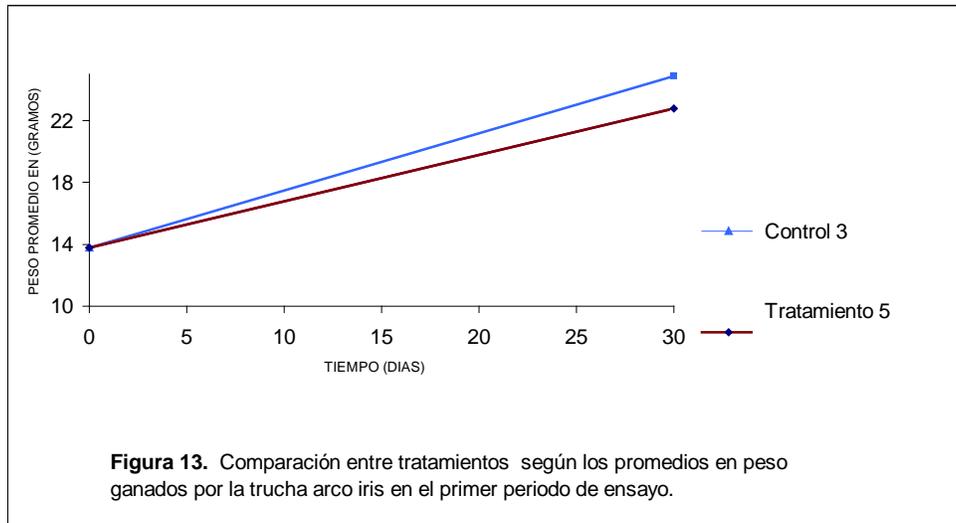
uniformidad comparada con el peso, igual sucede con los controles 2,3 y el tratamiento 4 (ver anexo No 8, tabla No 2).

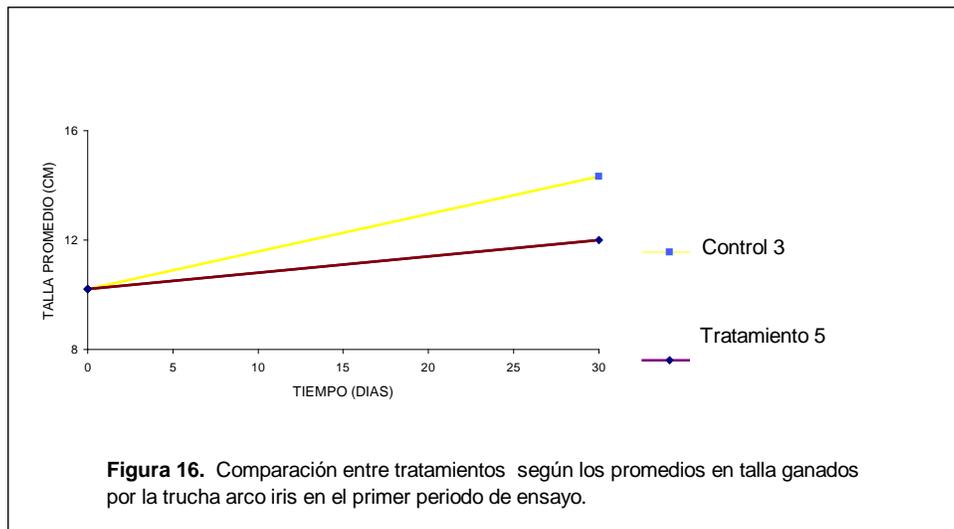
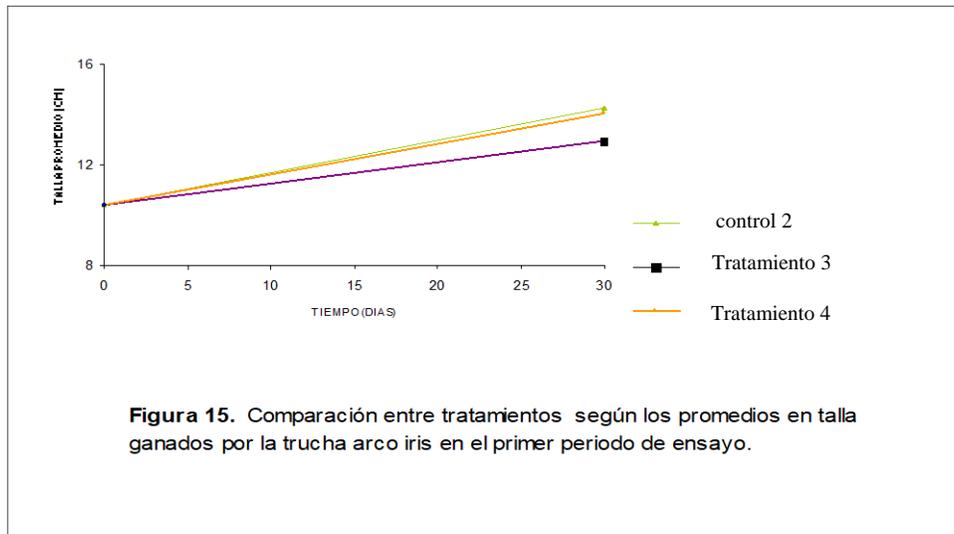
Las tasas de crecimiento (tabla 26) en los controles son mayores comparadas con sus respectivos tratamientos, pero estas diferencias no son significativas, lo que sucede igualmente con las conversiones alimenticias que son mejores en los controles ya que se acercan a uno (1), aunque como es la constante durante este primer periodo las diferencias no son significativas.

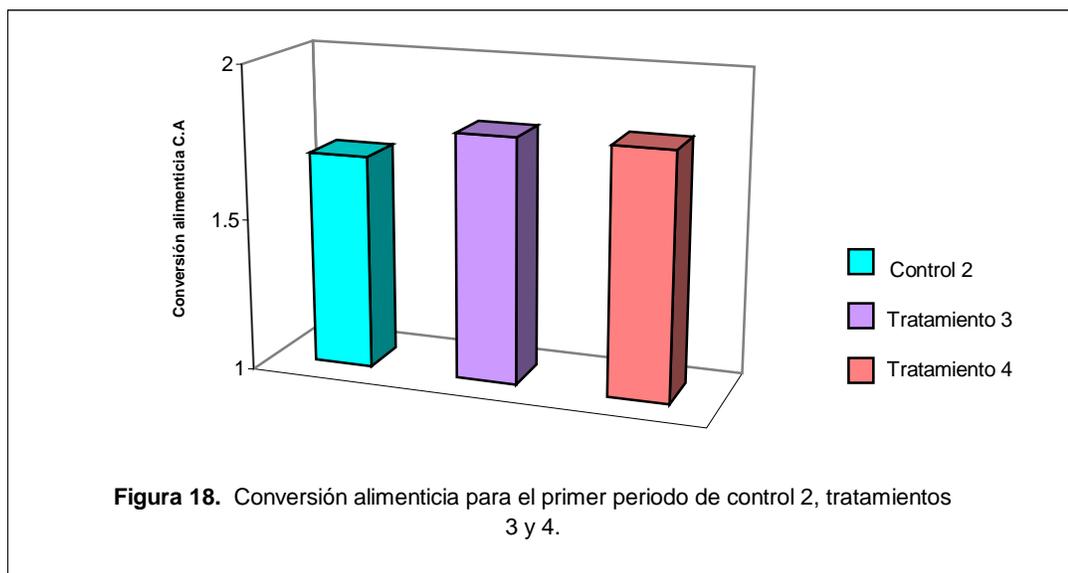
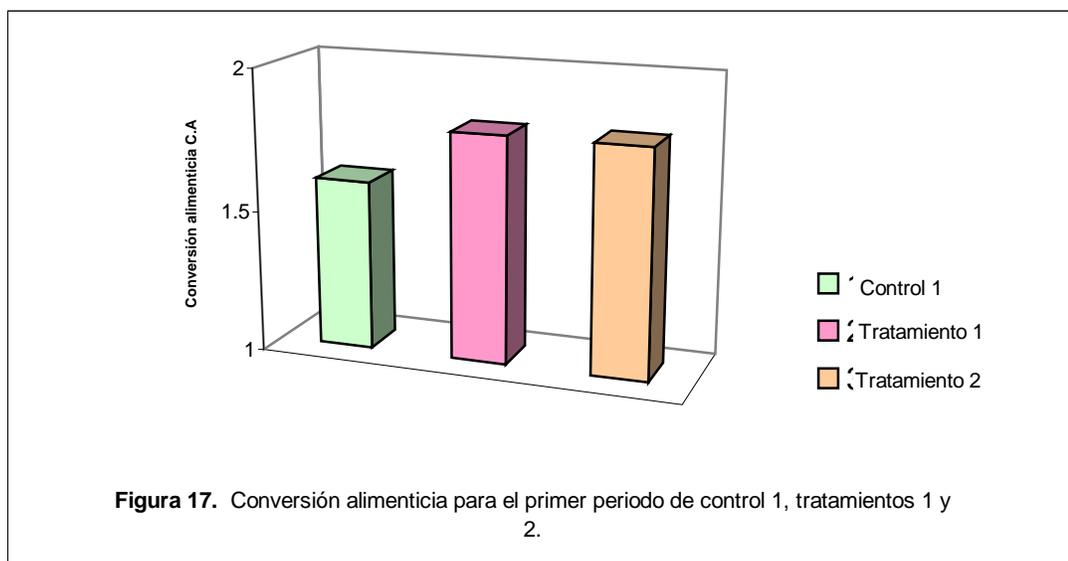
En el grupo de peces del control 3 y tratamiento 5, donde se suministró alimento en exceso, las conversiones alimenticias son muy deficientes ya que se alejan demasiado del valor óptimo que es uno (1) (ver figura 19).

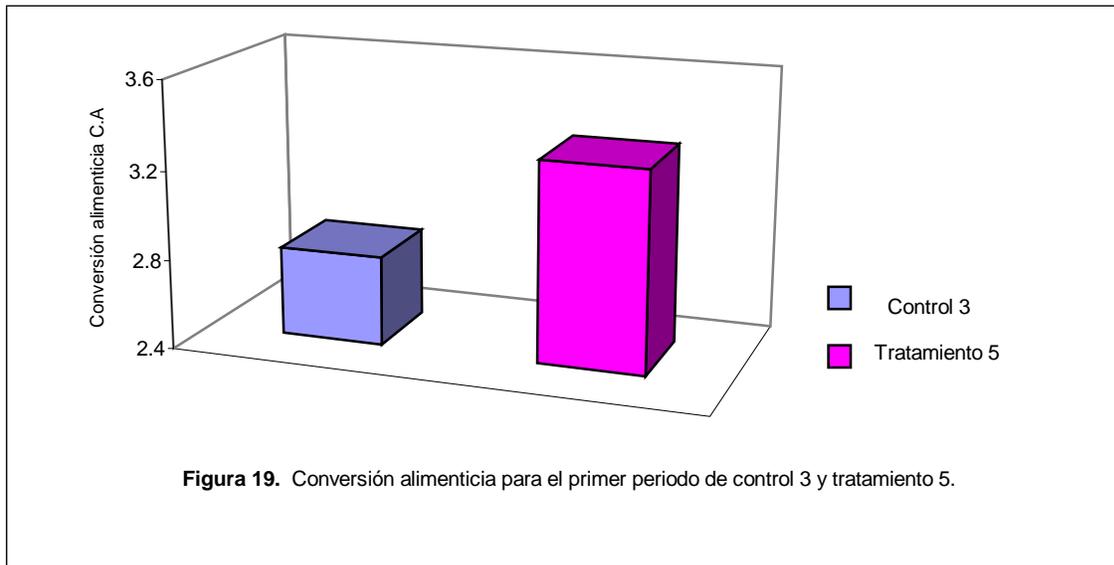
Estos resultados obtenidos se pueden corroborar gráficamente al observar que los controles y tratamientos no se diferencian significativamente en cuanto al incremento en peso y talla, así como en la conversión alimenticia (ver figuras 11-19).











La variable productividad de los cultivos es evaluada desde el punto de vista de los porcentajes de distribución de cabezas, cuerpos y colas según su peso. Esta distribución se hace con base en el peso promedio del control, más o menos su desviación estándar la cual define los límites superior e inferior para cabezas o colas respectivamente.

La tabla 27, indica la tendencia constante y central de encontrarse una mayor frecuencia de pesos con porcentajes entre 66.7 y 85.7% para los cultivos tratamiento 1 y 2, correspondientes a peces entre 27.9 y 38.8 gramos denominados <<cuerpo>> del cultivo y distribución porcentual restante para el grupo de las <<colas>> o de menor peso que 27.9 gramos, lo que significa que el concentrado experimental suministrado no fue aprovechado por los peces de manera homogénea al presentarse la totalidad del porcentaje de éstos en los rangos del “cuerpo” y “cola” del cultivo. Un cultivo de crecimiento normal arroja un porcentaje apreciable de “cabezas” tal como lo registran los controles.

Para los cultivos tratamiento 3 y 4 sucede lo mismo, la mayoría de peces se clasifican como <<cuerpo>> del cultivo ya que la frecuencia de pesos presenta porcentajes entre 90 y 95%, correspondiente a peces entre 24 y 30.4 gramos, lo que indica cierta homogeneidad en cuanto al peso de éstos, no obstante no se da registro porcentaje de cabezas.

Para el tratamiento 5 la frecuencia de pesos correspondiente al <<cuerpo>> del cultivo representa el 55%, o sea peces entre 21.8 y 26.2 gramos; pero se registra una tendencia negativa de presentarse un alto porcentaje de <<colas>> del cultivo con un valor de 40% a peces con pesos menores a 21.8 gramos, mientras que el 5% corresponde a la <<cabeza>> del cultivo, que indica diferencias representativas en el crecimiento de los peces en cultivo que implica paralelamente competencia desigual por el alimento, el cual estaría siendo aprovechado solo por cierto número de peces, aquellos que se desarrollan más que otros.

**Tabla 27. Distribución porcentual de los pesos según categorías de crecimiento para el primer periodo de cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).**

Cultivos de tratamiento	Productividad del cultivo		
	Cabezas %	Cuerpos %	Colas %
Control 1	19.05	61.9	19.05
Tratamiento 1	0.0	66.7	33.3
Tratamiento 2	0.0	85.7	14.3
Control 2	5.0	90.0	5.0
Tratamiento 3	0.0	90.0	10.0
Tratamiento 4	0.0	95.0	5.0
Control 3	10.0	75.0	15.0
Tratamiento 5	5.0	55.0	40.0

Se registra para el caso en particular una marcada irregularidad en la distribución de pesos para el tratamiento 5 en donde pese a encontrarse un promedio de muestreo similar para todos los tratamientos y controles, se observa alta heterogeneidad en la distribución de pesos, o sea varios grupos de peces con diferencias notables de crecimiento entre ellos. Esto evidencia la necesidad periódica de hacer selección y separación por tallas en el tiempo medio de los cultivos lo cual permite garantizar una competencia más homogénea por el alimento y el espacio. Es importante resaltar que la productividad se puede haber visto afectada por ciertos inconvenientes que se presentaron durante este primer mes de ensayo como fue el hecho de la pérdida de animales por factores climáticos y su reemplazo por otros peces sin tiempo de readaptación a las unidades experimentales de ensayo lo que posiblemente repercutió en las medidas tomadas al final de este primer periodo.

### **6.5.2 Evaluación del segundo periodo.**

Para el segundo periodo se observa una tendencia muy parecida al primero; los tratamientos siempre presentan un menor incremento en peso comparados con sus respectivos controles, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas, a excepción del control 1 que presenta diferencia significativa con respecto a los tratamientos 1 y 2.

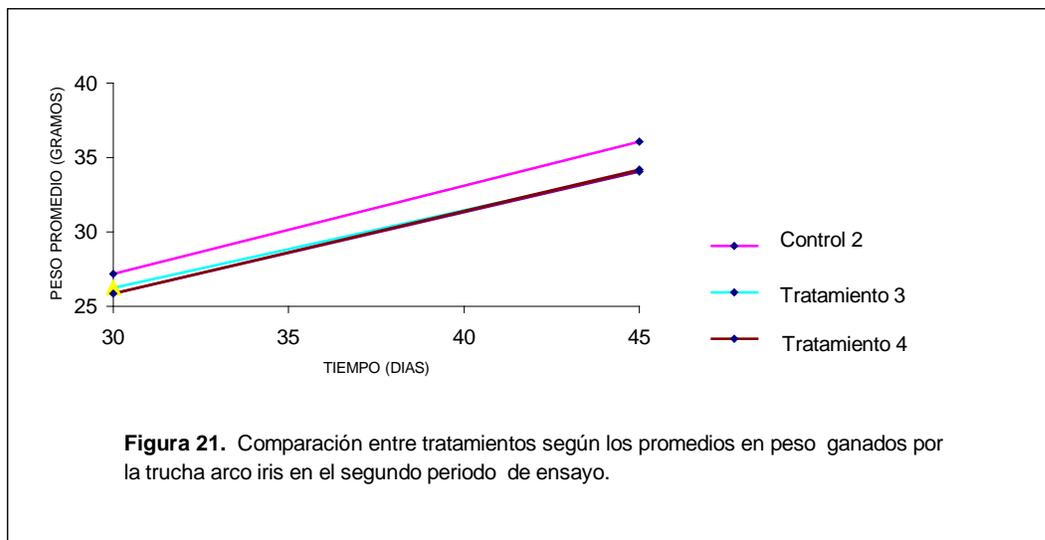
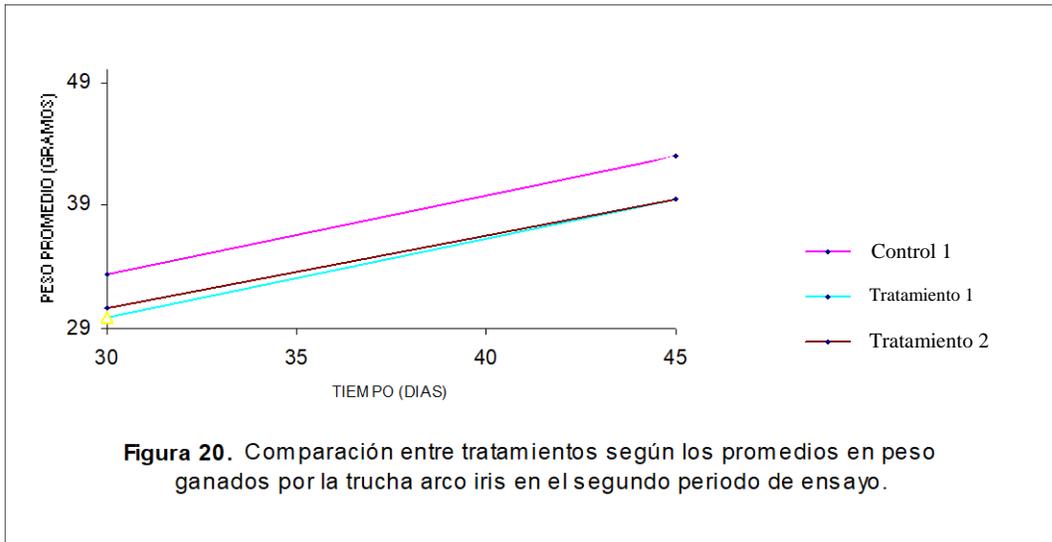
Entre los tratamientos 1 y 2 no hay diferencia significativa como tampoco entre los tratamientos 3 y 4 (ver anexo No 4, tabla No 1).

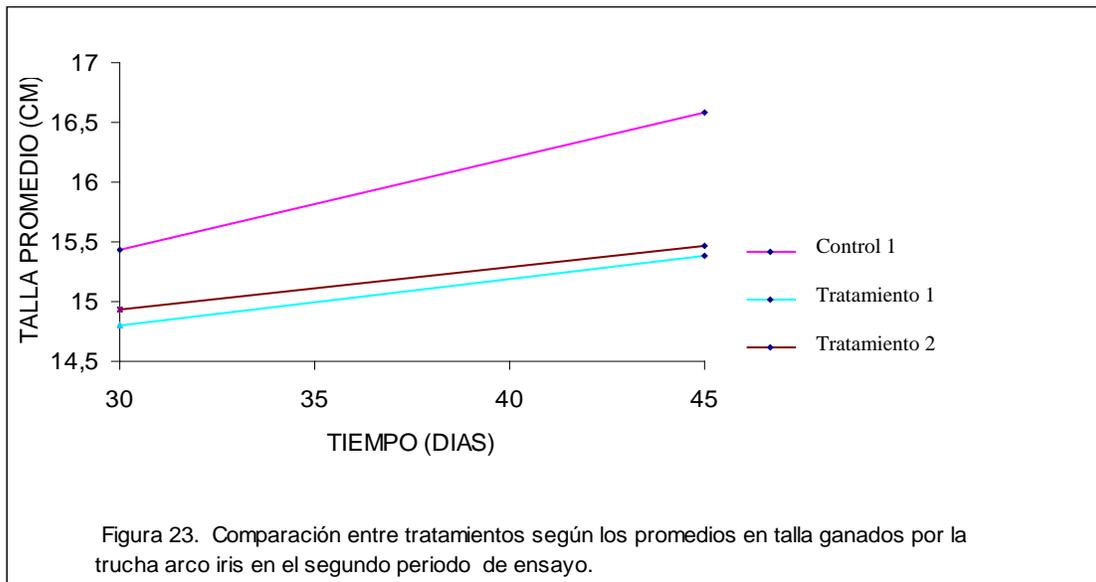
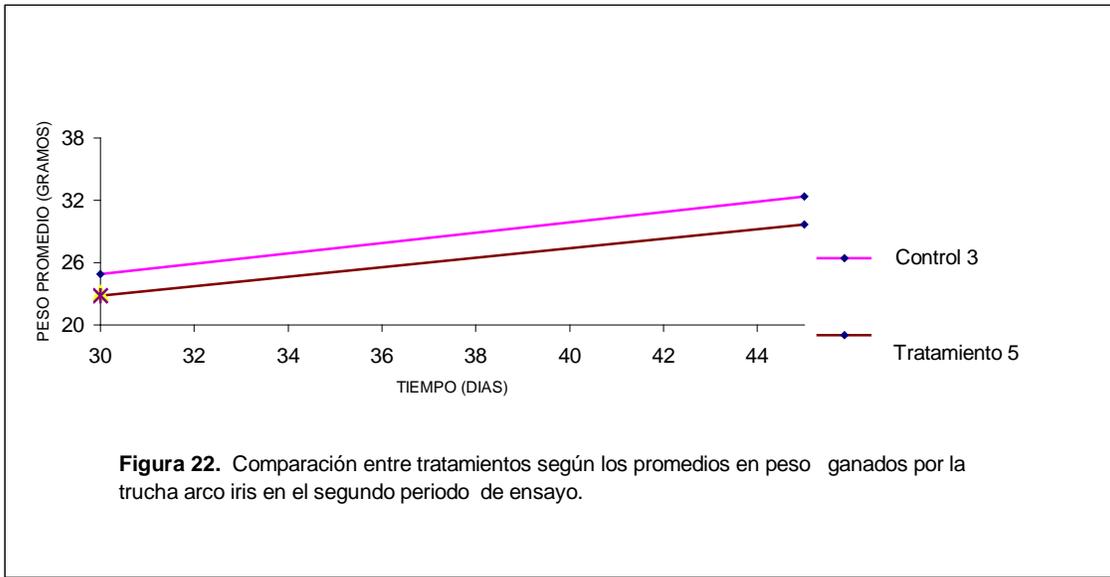
Se recuerda que en el control 3 y el tratamiento 5 se siguió agregando alimento en cantidades mayores a las recomendadas por guías y tablas de alimentación para comprobar si este exceso es bien aprovechado o si al contrario es perjudicial y antieconómico.

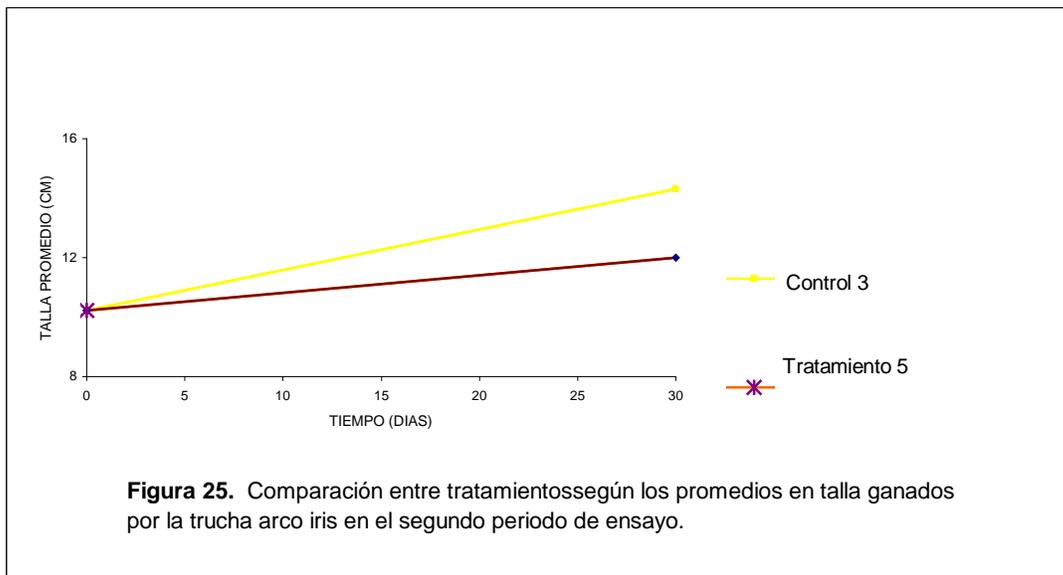
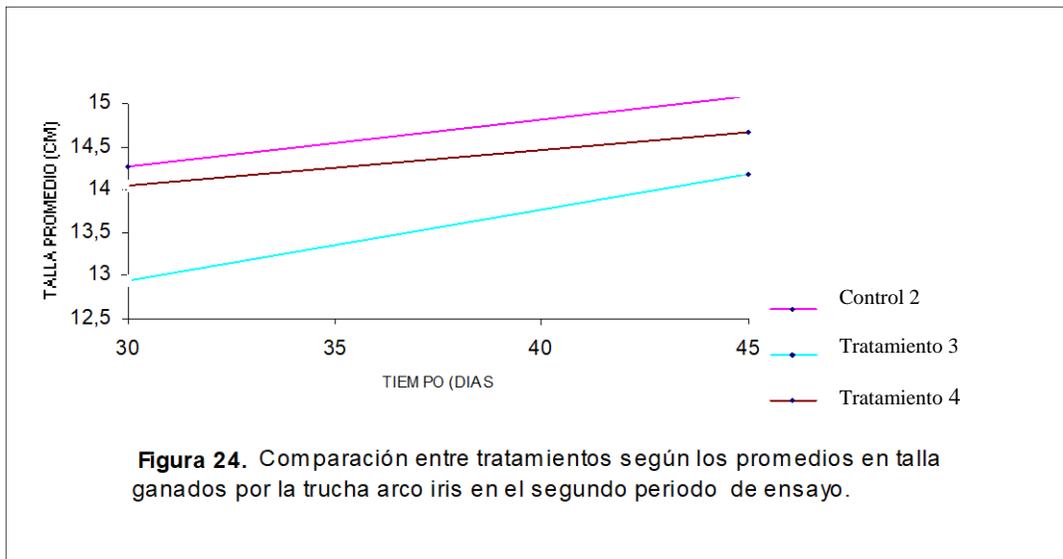
En la variable talla el comportamiento estadístico es muy parecido; la prueba Duncan (ver anexo No 9, tabla No 1) muestra que el control 1 sigue presentando el mayor valor promedio de talla y la menor talla se observa en el tratamiento 3. Entre los tratamientos 1 y 2 no hay diferencia significativa, pero si entre éstos tratamientos y el control 1. Entre el control 2 y el tratamiento 4 no hay diferencia significativa.

Entre el control 2 y los tratamientos 4 y 5 no hay diferencia significativa, lo que permite concluir que se mantiene una mayor uniformidad en cuanto a la talla de los peces en las ocho jaulas.

Las diferencias se pueden observar en las figuras 20 a la 25.





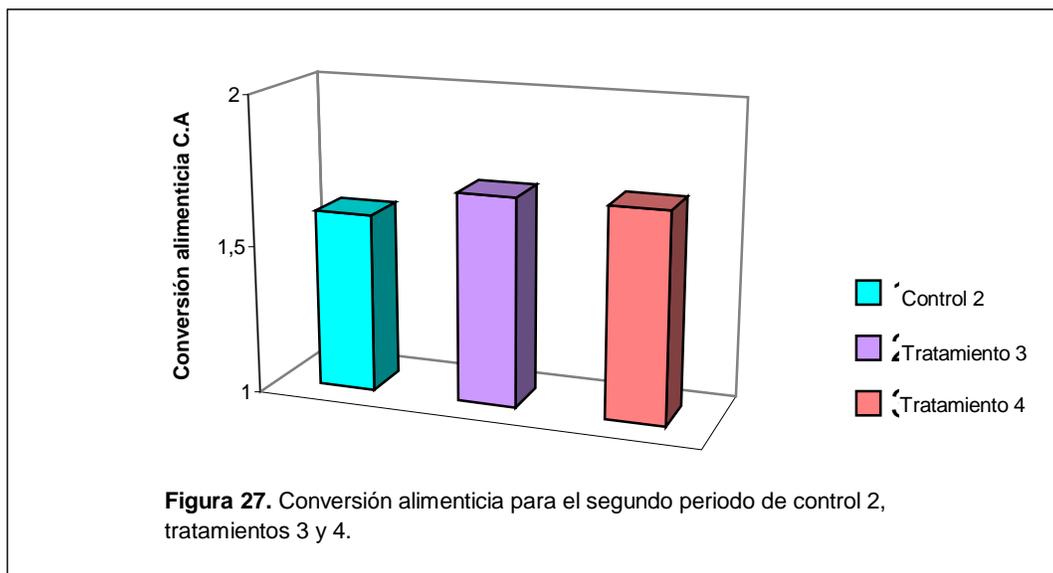
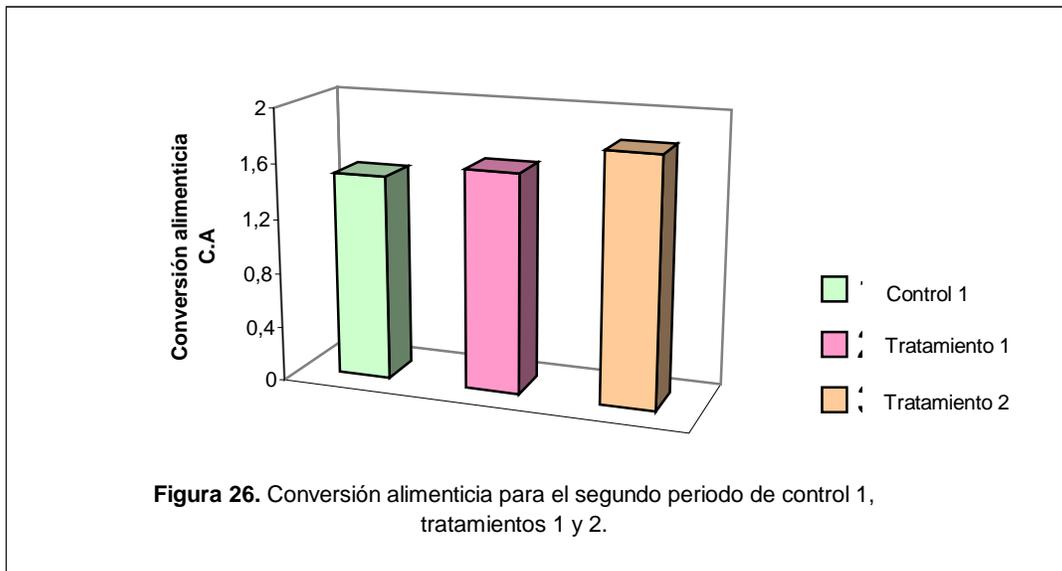


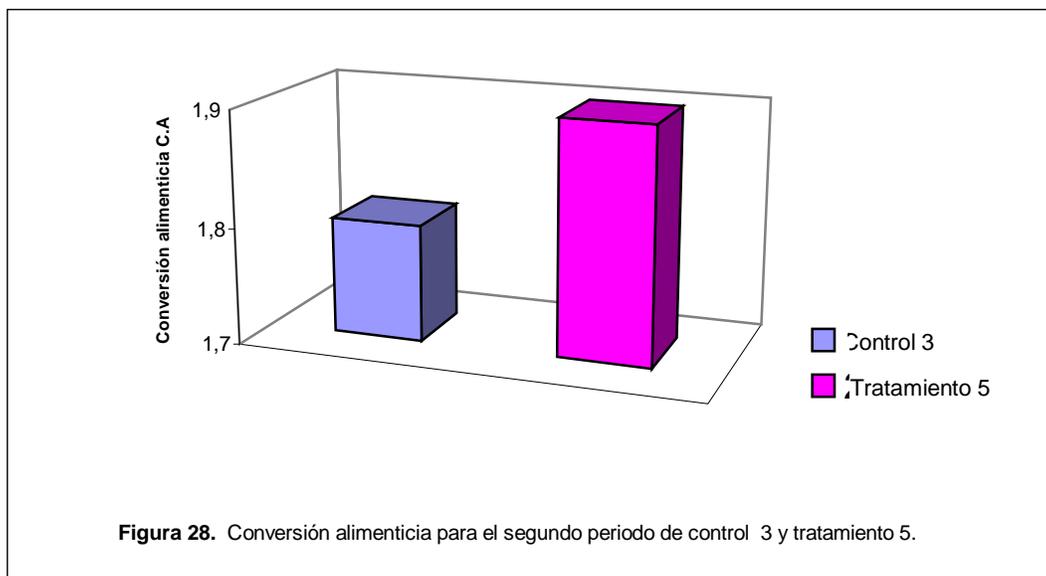
Igual comportamiento presenta el parámetro conversión alimenticia (C.A) y la tasa de crecimiento (T.C) (ver tabla 28), donde los controles siempre presentan una mejor conversión alimenticia y una mayor tasa de crecimiento en peso y longitud comparados con sus respectivos tratamientos a excepción del tratamiento 3 que presenta una tasa de crecimiento mayor en cuanto a la longitud comparada con su respectivo control 2, aunque como se ha visto esas diferencias no son significativas.

**Tabla 28. Biometrías: peso y crecimiento para trucha Arco Iris. (*Oncorhynchus mykiss*). Segundo periodo.**

Tratamiento	Peso (g)	Talla (cms)	Conv. Alimenticia C.A	Tasa de crecimiento	
				Peso (g)/día	Long (cm)/día
Control 1	43.00	16.59	1.5	0.535	0.064
Tratamiento 1	39.48	15.38	1.6	0.529	0.032
Tratamiento 2	39.54	15.48	1.8	0.490	0.030
Control 2	36.05	15.08	1.6	0.492	0.046
Tratamiento 3	34.08	14.18	1.7	0.437	0.069
Tratamiento 4	34.18	14.66	1.7	0.462	0.034
Control 3	32.37	15.55	1.8	0.416	0.068
Tratamiento 5	29.67	14.82	1.9	0.382	-

Si comparamos las conversiones alimenticias de este segundo periodo con las del periodo anterior se puede notar la mejoría de éstas, sobre todo en el control 3 y en el tratamiento 5 ya que disminuyen notablemente (ver figuras 26,27 y 28).





La productividad de los cultivos para el segundo periodo registrada a través de la tabla 29, demuestra notables diferencias en los tratamientos y sus respectivos controles, manifestada en la distribución heterogénea de la frecuencia de pesos, encontrándose porcentajes altos en colas y muy bajo porcentaje en cabezas.

**Tabla 29. Distribución porcentual de los pesos según categorías de crecimiento para el segundo periodo de cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).**

Cultivos de tratamiento	Productividad del cultivo		
	Cabezas %	Cuerpos %	Colas %
Control 1	4.8	61.9	33.3
Tratamiento 1	0.0	19.1	80.9
Tratamiento 2	0.0	19.1	80.9
Control 2	20.0	75.0	5.0
Tratamiento 3	5.0	65.0	30.0
Tratamiento 4	10.0	60.0	30.0
Control 3	15.0	65.0	20.0
Tratamiento 5	0.0	85.0	15.0

La tabla 29, registra en porcentaje la tendencia negativa de los tratamientos 1 y 2 a producir un gran número de peces en el grupo de las <<colas>> o de menor peso que 40.4 gramos, teniendo como referencia valores del 33.3% de esa categoría en el cultivo control 1.

Se registra también la tendencia de ambos tratamientos de producir un pequeño número de peces con pesos dentro del rango adecuado donde prácticamente el 19.1% de los cultivos se clasifica como <<cuerpo>> del cultivo teniendo como referencia valores del 62% de esa categoría en el cultivo control 1.

Igualmente se registra la tendencia de los cultivos tratamientos mencionados de no producir peces con pesos altos o sea el 0% del cultivo se clasifica como

<<cabeza>> teniendo como referencia valores del 4.8% de esa categoría en el cultivo control 1.

En los tratamientos 3 y 4 hay una tendencia positiva de producir una mayor frecuencia de pesos con porcentajes entre 60% y 65% correspondiente a peces entre 33.5 y 38.6 gramos denominados <<cuerpo>> del cultivo, teniendo como referencia valores del 75% de esa categoría en el cultivo control 2. Así mismo la distribución porcentual restante para el grupo de peces <<colas>> o de menor peso que 33.5 gramos y del grupo de peces <<cabeza>> con pesos mayores a 38.6 gramos.

Finalmente la tabla 29 registra en porcentajes la tendencia positiva del cultivo tratamiento 5 a producir un gran número de peces clasificados como <<cuerpo>> del cultivo, siendo del 85%, teniendo como referencia en promedio valores del 65% de esa categoría en el cultivo control 3.

Se concluye hasta aquí que hay un positivo comportamiento de los peces para consumir el concentrado de prueba en forma de <<pellet>>, los resultados de conversión alimenticia y demás parámetros verifican claramente que este tipo de alimento es aceptablemente asimilado, necesitando así por ejemplo un promedio de 1.6 a 1.9 gramos de alimento para convertirlo en 1 gramo de carne, pero en cuanto a la productividad del cultivo esta disminuyó notoriamente si la comparamos con la del primer periodo, explicable por el efecto que tuvo la pérdida de peces durante este y que todavía sigue repercutiendo en los resultados de este segundo periodo.

### **6.5.3 Evaluación del tercer periodo.**

Para el tercer periodo con respecto a la variable peso se encontró a través de la prueba Duncan (ver anexo No 5, tabla No 1) que el control 1 presenta diferencias significativas comparado con los demás tratamientos y controles, siendo su promedio de peso superior.

Entre los tratamientos 1 y 2 no hay diferencias estadísticamente significativas.

Entre los tratamientos 3 y 4, no se presentan diferencias significativas, aunque si entre estos tratamientos y su respectivo control 2, además al final del tiempo de ensayo el tratamiento 4 no presenta diferencias con el control 3.

El tratamiento 5 presenta diferencias estadísticamente significativas con su respectivo control 3, además continúa siendo el que presenta el promedio más bajo de peso (ver anexo No 5, tabla No 1).

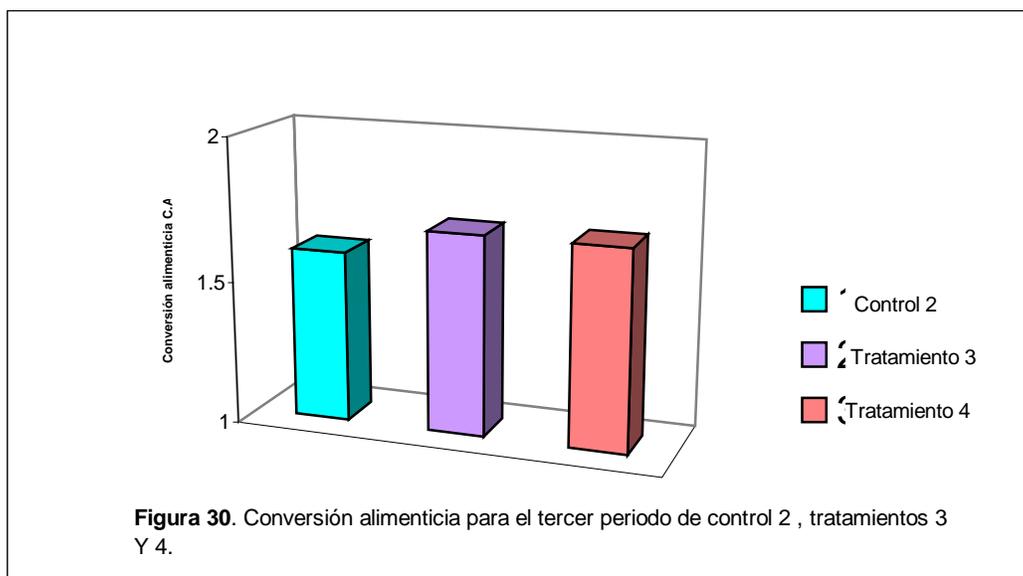
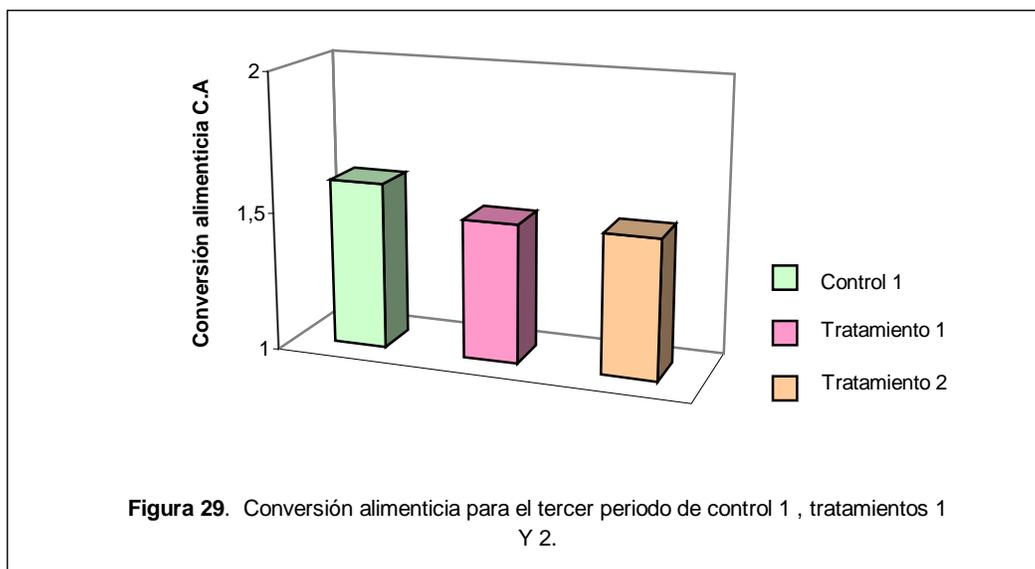
Con respecto a la talla (ver anexo No 10, tabla No 1) se encontró que hay mayor uniformidad de ésta en los peces, ya que se tiene que los controles 2 y 3 y los tratamientos 1,2 y 4 no presentan diferencias estadísticamente significativas.

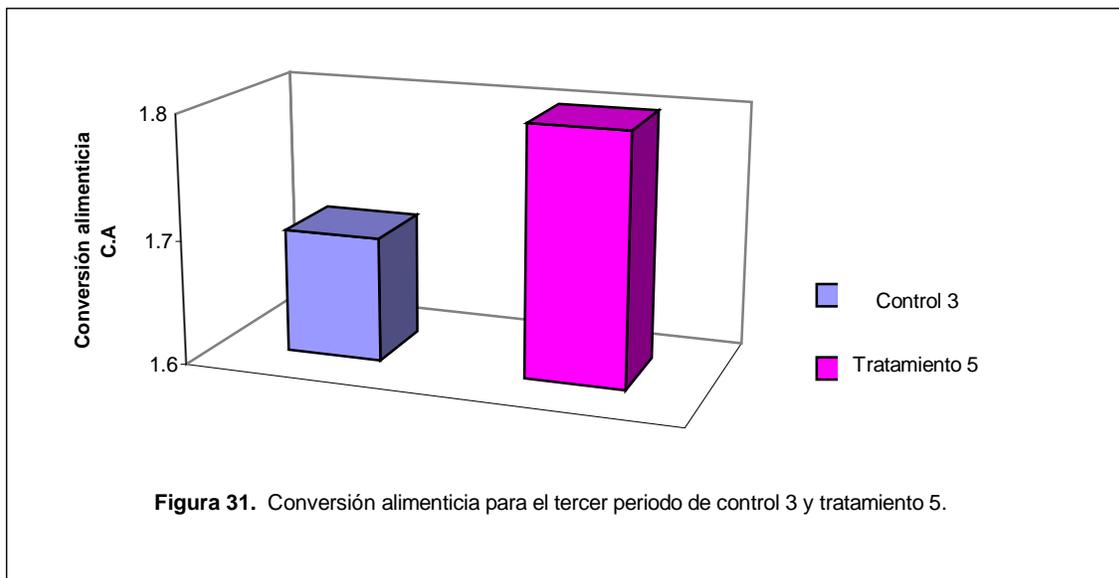
Los tratamientos 3 y 5 tampoco presentan diferencias significativas entre sí.  
El control 1 sigue presentando el mayor valor promedio de talla comparado con los demás controles y tratamientos.

**Tabla 30. Biometrías: peso y crecimiento para truchas arco iris. Tercer periodo.**

Tratamiento	Peso (g)	Talla (cms)	Conv. Alimenticia C.A	Tasa de crecimiento	
				Peso (g)/día	Long (cm)/día
Control 1	56.79	17.20	1.6	0.811	0.036
Tratamiento 1	52.73	15.84	1.5	0.780	0.027
Tratamiento 2	51.90	16.00	1.5	0.727	0.031
Control 2	46.90	15.86	1.6	0.638	0.046
Tratamiento 3	44.55	15.18	1.7	0.616	0.058
Tratamiento 4	43.63	15.89	1.7	0.557	0.072
Control 3	42.20	16.08	1.7	0.578	0.031
Tratamiento 5	37.75	15.36	1.8	0.475	0.032

En el parámetro conversión alimenticia las diferencias entre los controles y tratamientos no son significativas, lo que evidencia un buen aprovechamiento del alimento comercial y experimental durante este periodo; incluso el tratamiento 1 y tratamiento 2 presentan una mejor C.A. con respecto al control 1 (ver figuras 29,30 y 31).

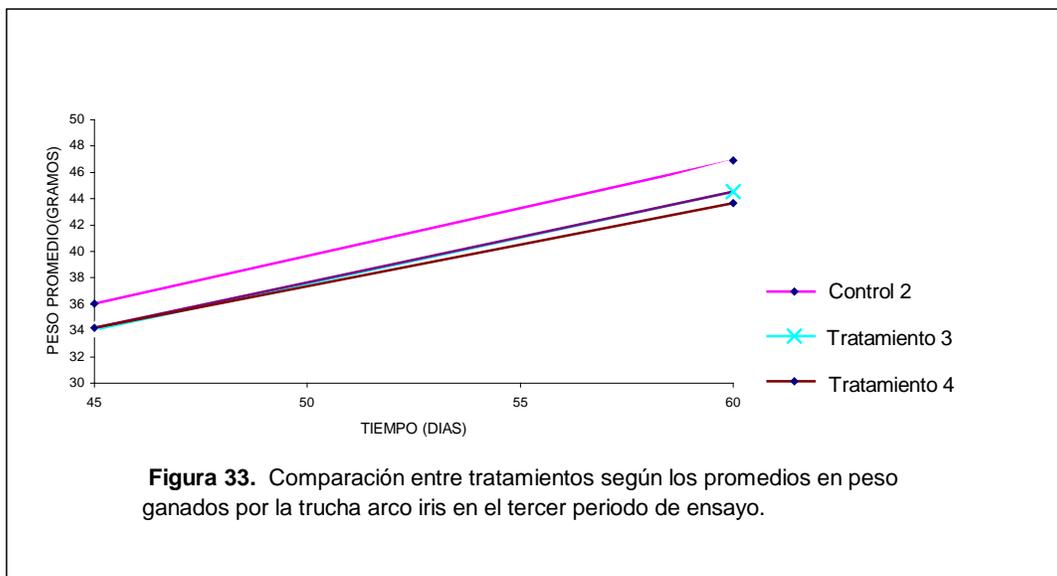
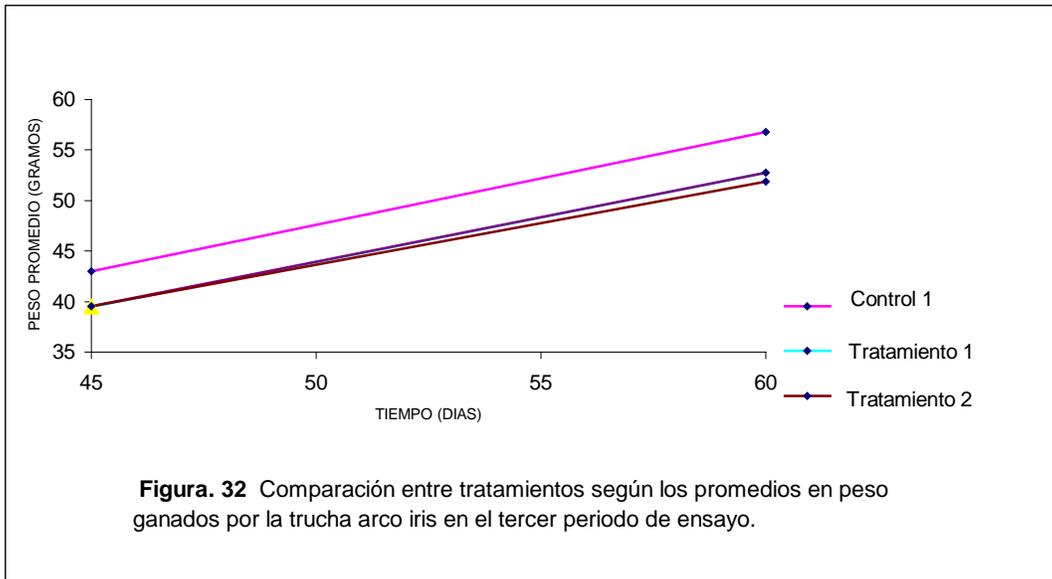


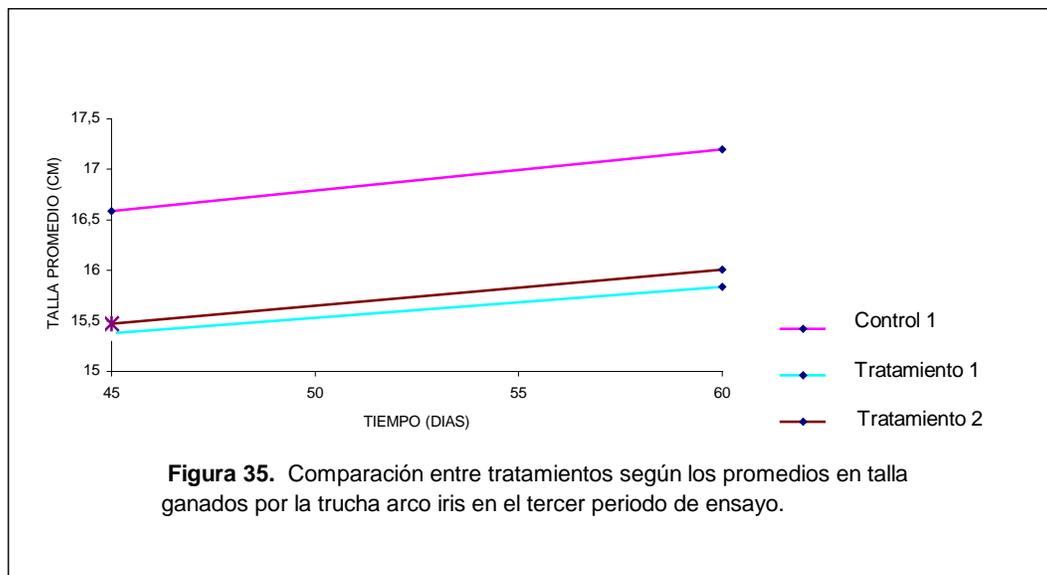
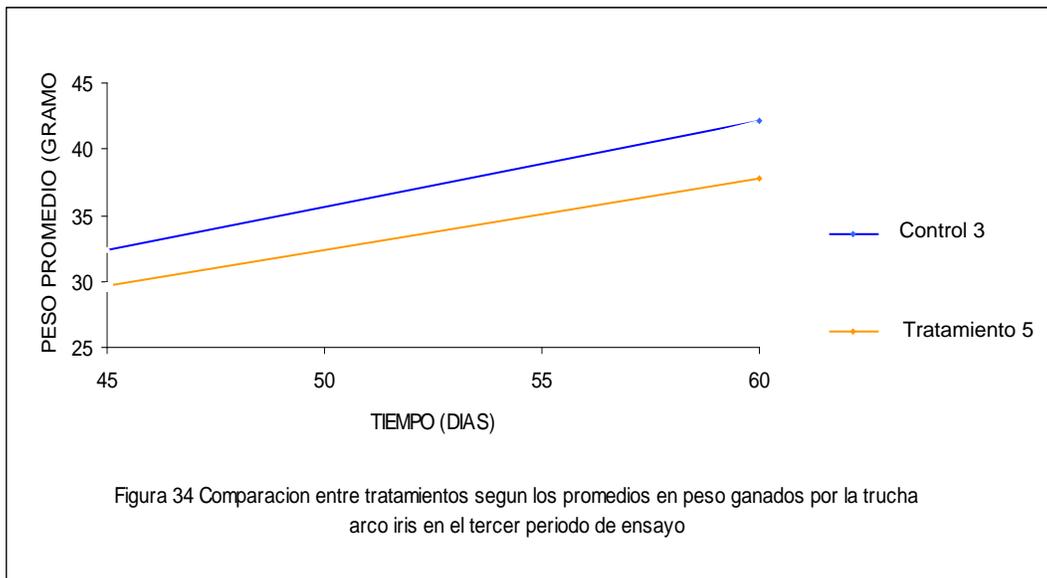


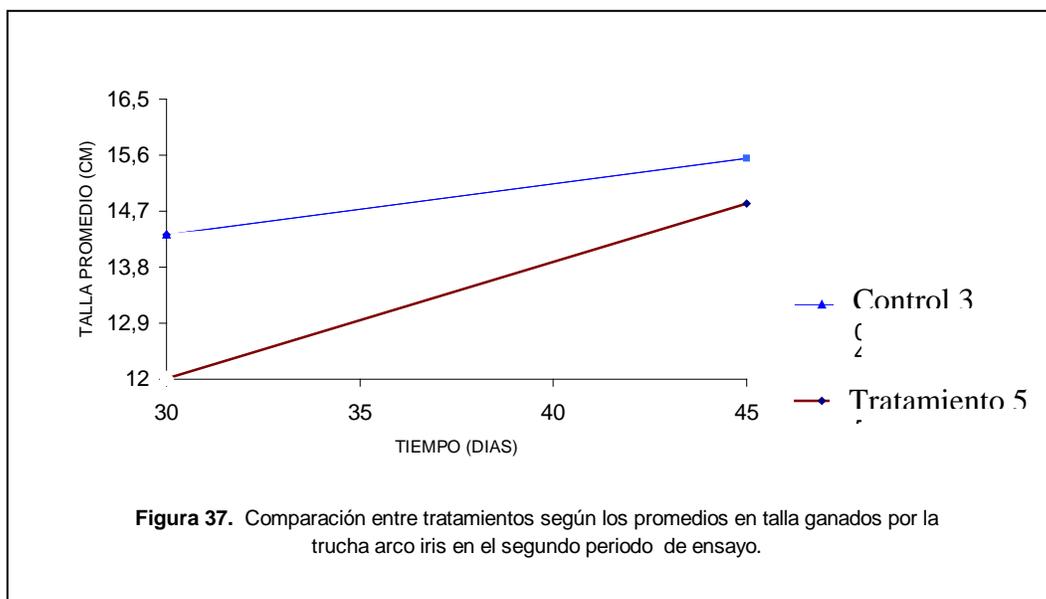
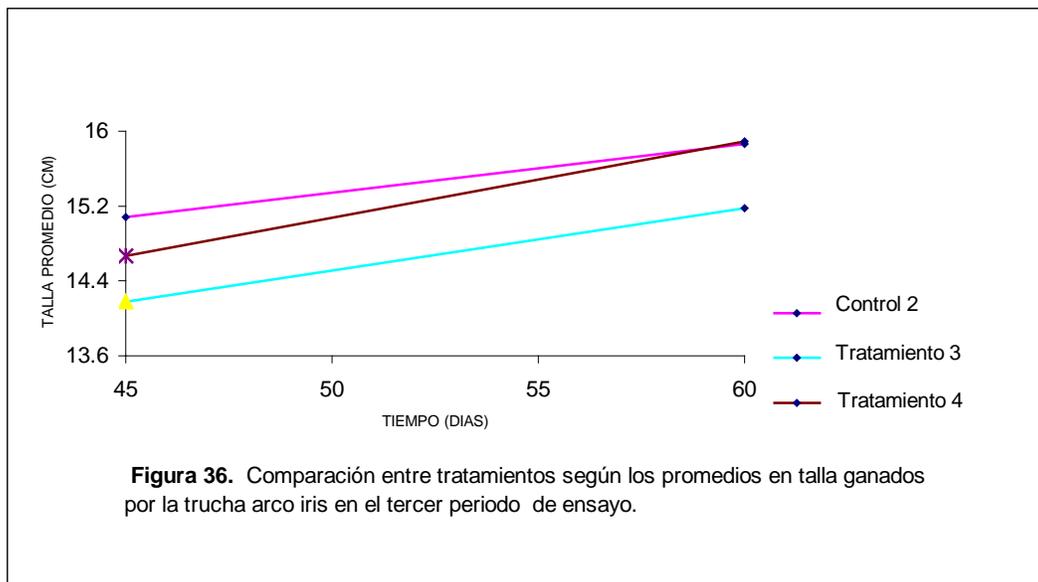
Los resultados obtenidos durante este periodo muestran la tendencia a incrementar los valores de la tasa de crecimiento en peso con el tiempo incluyendo controles y tratamientos y en cierta forma estabilizándose el crecimiento pero manteniéndose las diferencias de peso y talla registradas en el primer periodo de cultivo.

En este periodo la tasa de crecimiento no registra diferencias significativas entre controles y tratamientos (ver tabla 30).

Las figuras (32-37) muestran las diferencias entre tratamientos y controles durante este tercer periodo.







El análisis de la variable productividad mediante frecuencia de pesos que se muestra en la tabla 31 permite ver que se obtienen cultivos con diferente distribución de sus pesos incluyéndose controles y tratamientos.

**Tabla 31. Distribución porcentual de los pesos según categorías de crecimiento para el tercer periodo de cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).**

Cultivos de tratamiento	Productividad del cultivo		
	Cabezas %	Cuerpos %	Colas %
Control 1	33.3	57.1	9.6
Tratamiento 1	4.8	23.8	71.4
Tratamiento 2	0.0	28.6	71.4
Control 2	25.0	70.0	5.0
Tratamiento 3	0.0	65.0	35.0
Tratamiento 4	0.0	55.0	45.0
Control 3	35.0	65.0	0.0
Tratamiento 5	10.0	25.0	65.0

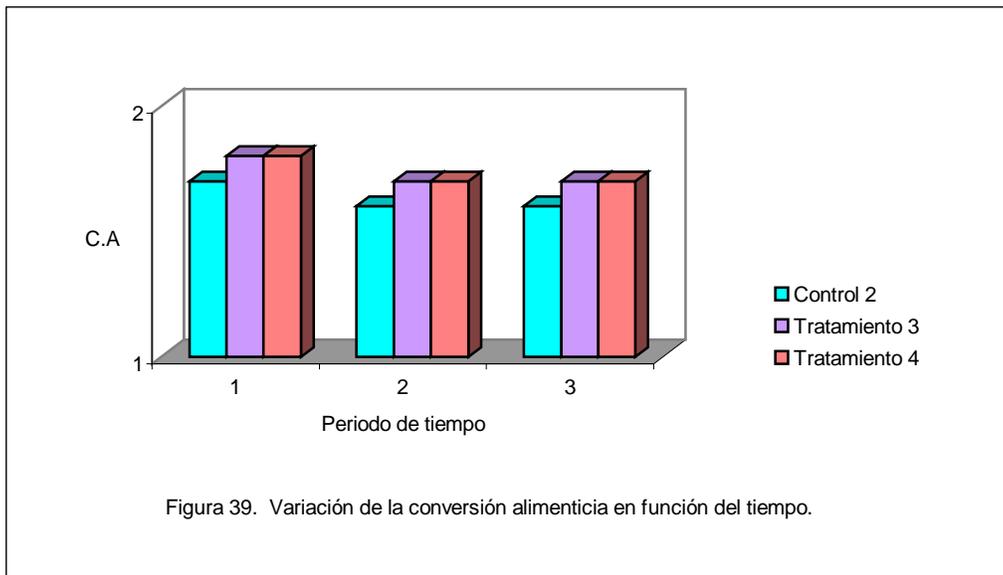
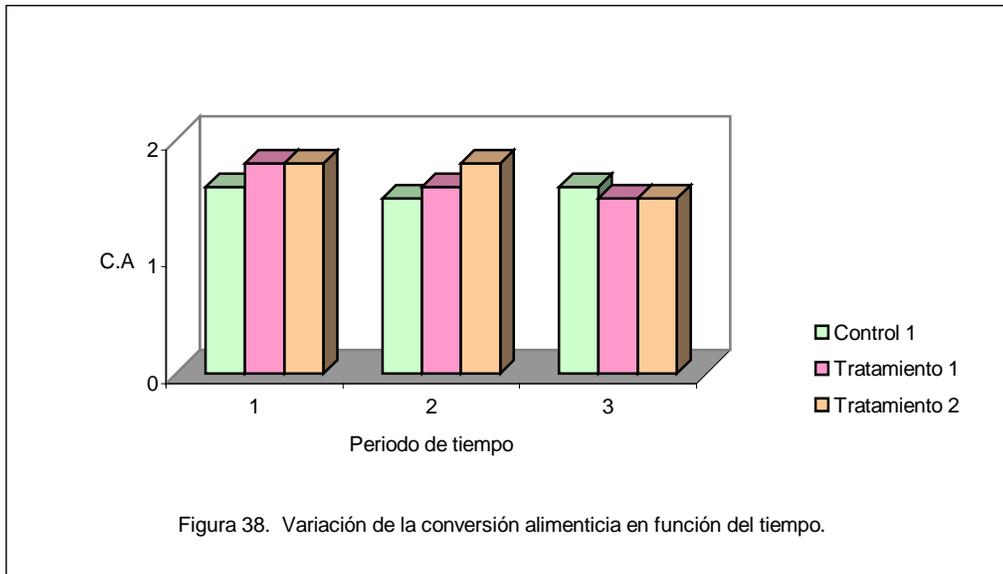
Para los cultivos tratamiento 1 y 2 se obtuvo el mayor porcentaje de agrupación de animales en la zona denominada <<colas>> del cultivo con un porcentaje de 71.4%, siendo una tendencia negativa, comparada con un porcentaje de 9.6% registrado por el cultivo control 1. Esta baja productividad también se observa para los tratamientos 3, 4 y 5 distribuyéndose la población del cultivo en gran porcentaje sobre colas y cuerpos de las unidades experimentales.

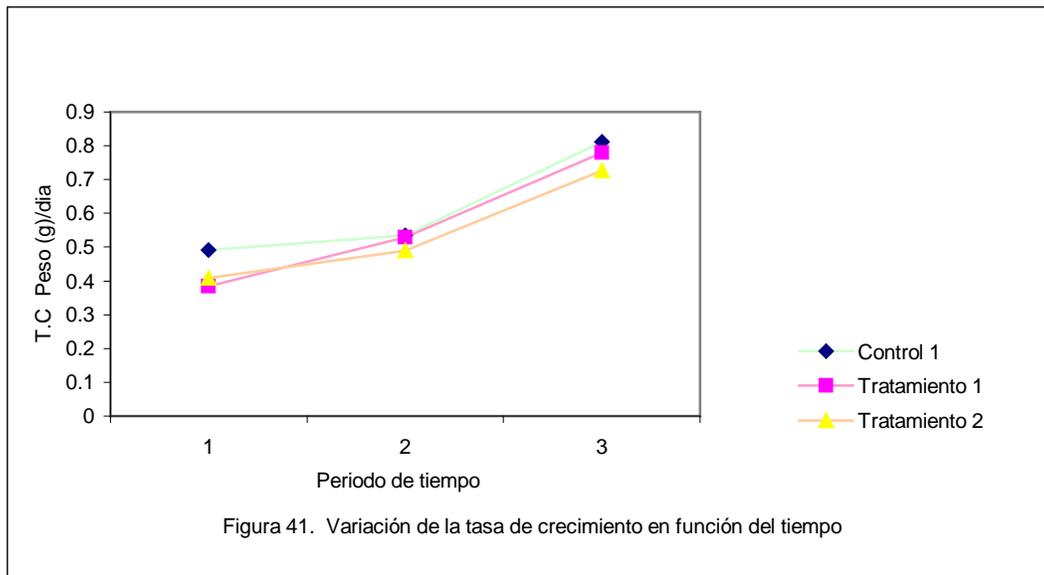
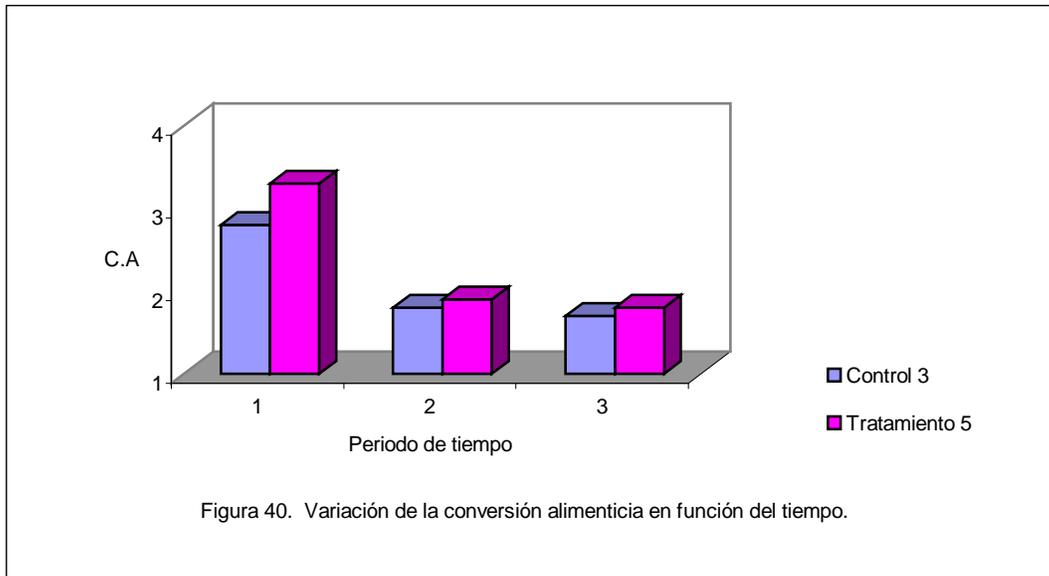
Si se compara el tratamiento 3 y 4 con el control 2 claramente se ve una tendencia negativa de estos dos tratamientos ya que presentan un alto porcentaje de colas.

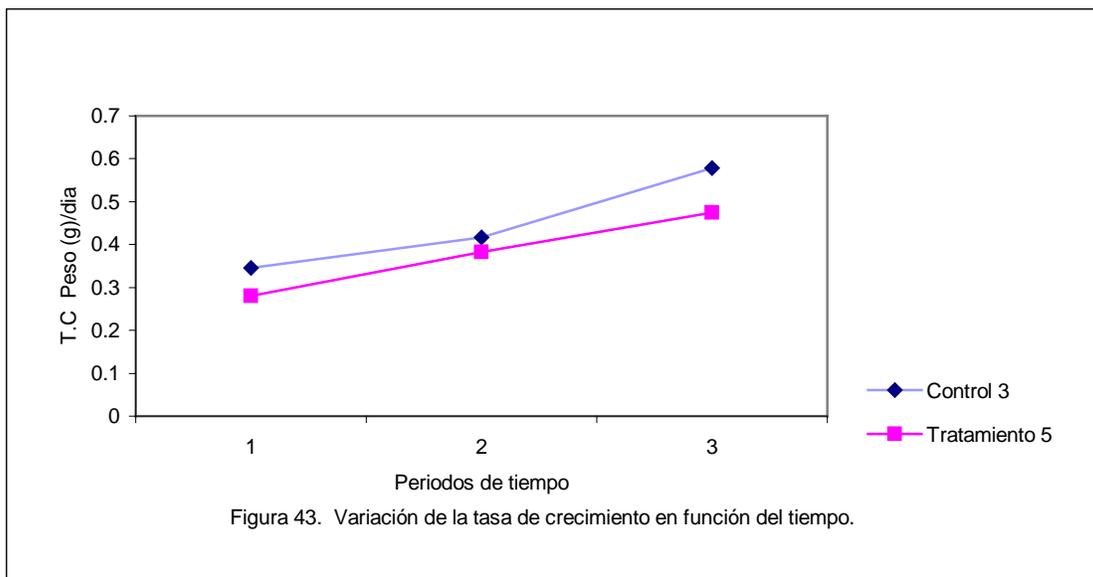
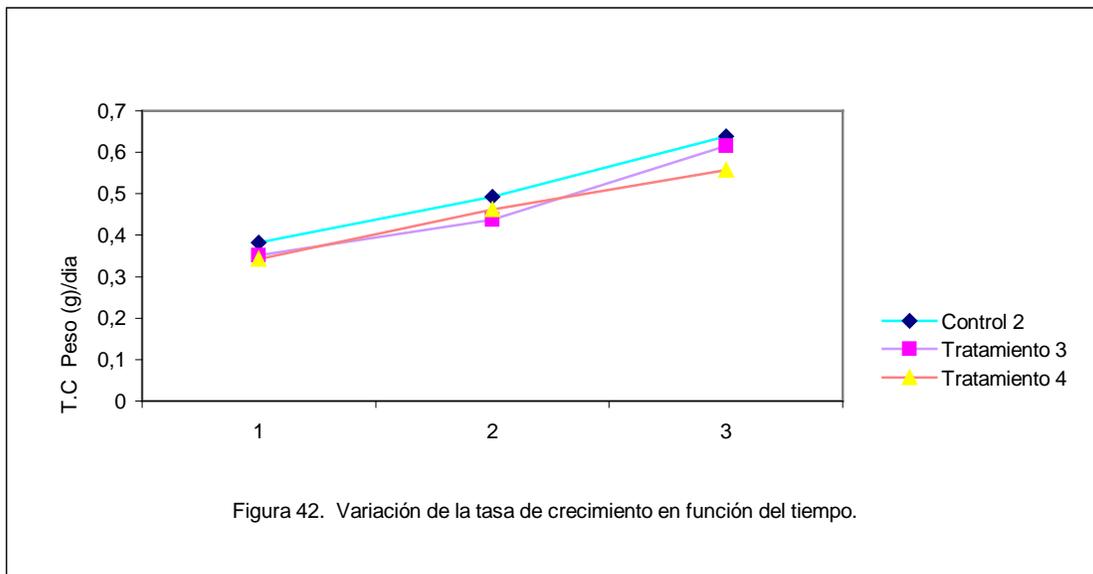
Finalmente para el cultivo tratamiento 5 se registra un porcentaje de <<colas>> alto y muy poco productivo, diferenciándose significativamente de lo registrado en el control 3, que presenta una distribución óptima de <<cabeza>> y <<cuerpo>> del cultivo, sin presentar porcentaje de <<colas>>.

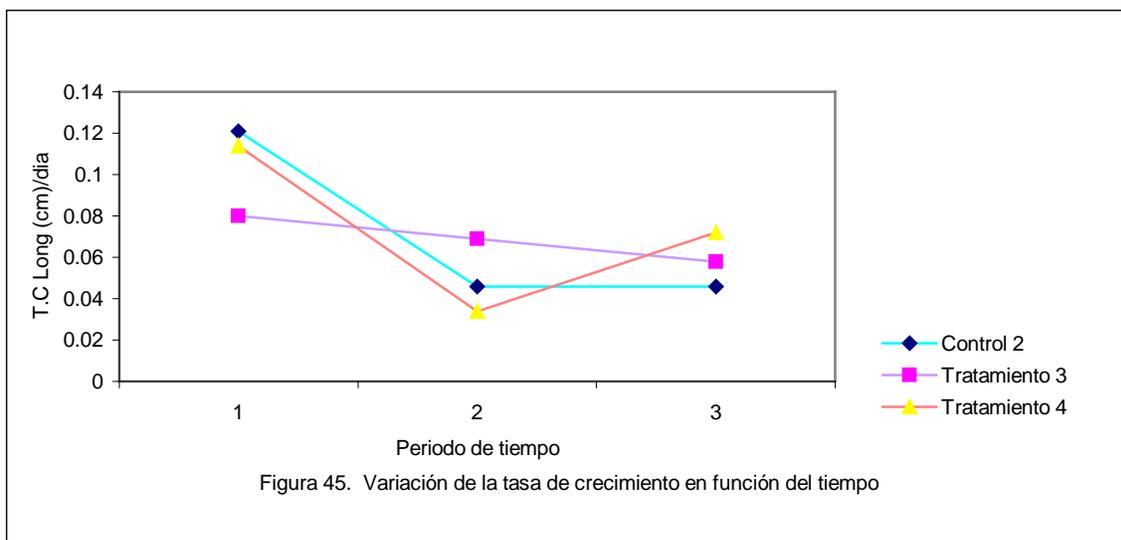
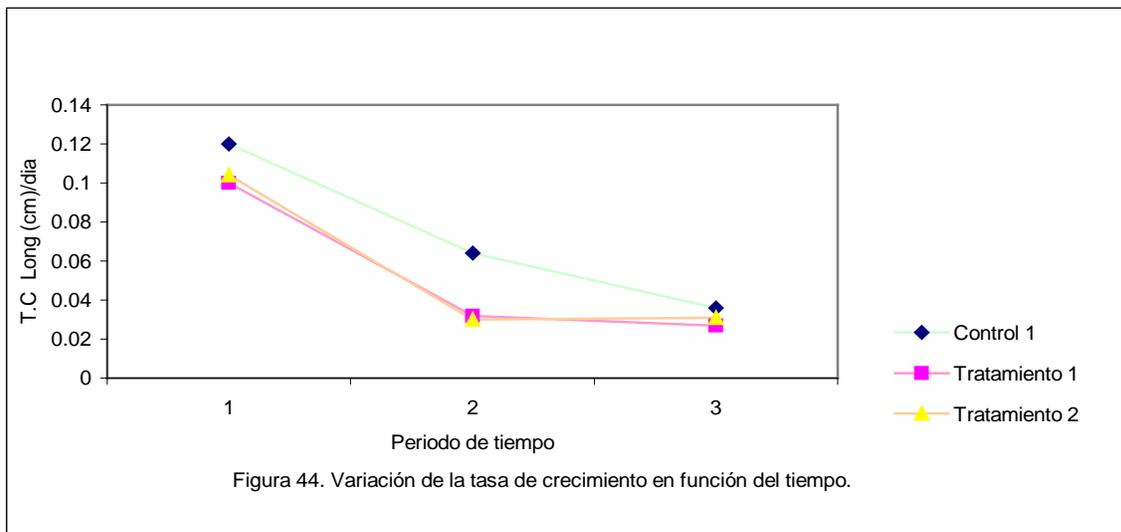
En cuanto a la variable de análisis productividad los resultados no son los mejores, ya que lo ideal sería tener la mayor cantidad o porcentaje en la zona de <<cabezas>> y <<cuerpos>> del cultivo; esta es una constante que no se ha visto en los cultivos tratamiento para los tres periodos, pero si tomamos como parámetro para evaluar la calidad del concentrado las variables biométricas de crecimiento, se puede llegar a concluir que el alimento ha sido asimilado, no obstante se recomienda hacer selección periódica de peces para evitar heterogeneidad de tallas y por lo tanto competencia desigual por el alimento repercutiendo necesariamente en la productividad del cultivo.

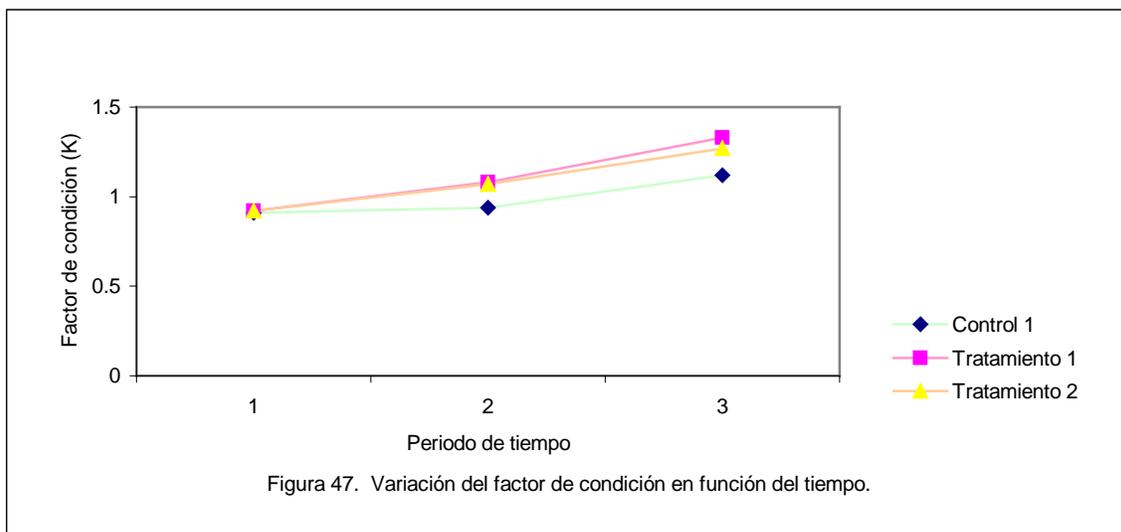
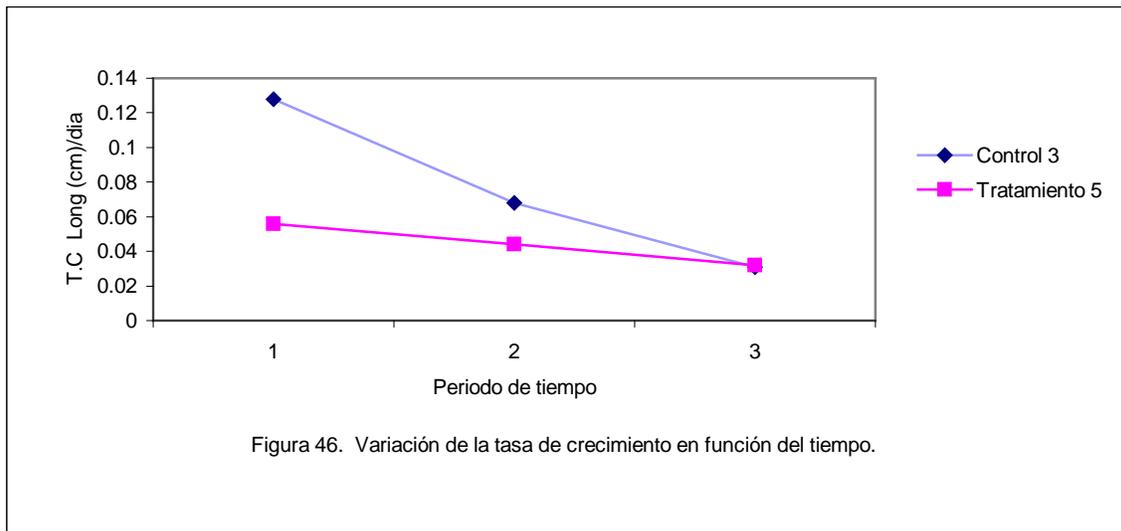
Para resumir el análisis anterior, se evalúa la variación de los parámetros conversión alimenticia (C.A), tasa de crecimiento (T.C) y factor de condición (K) en función del tiempo, lo cual se puede apreciar en las figuras 38 a 49.

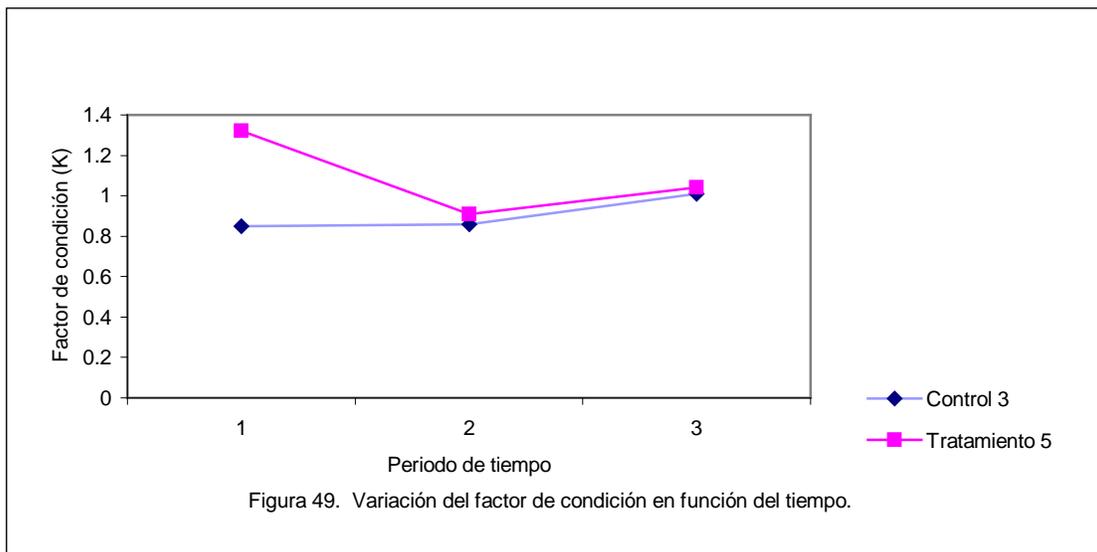
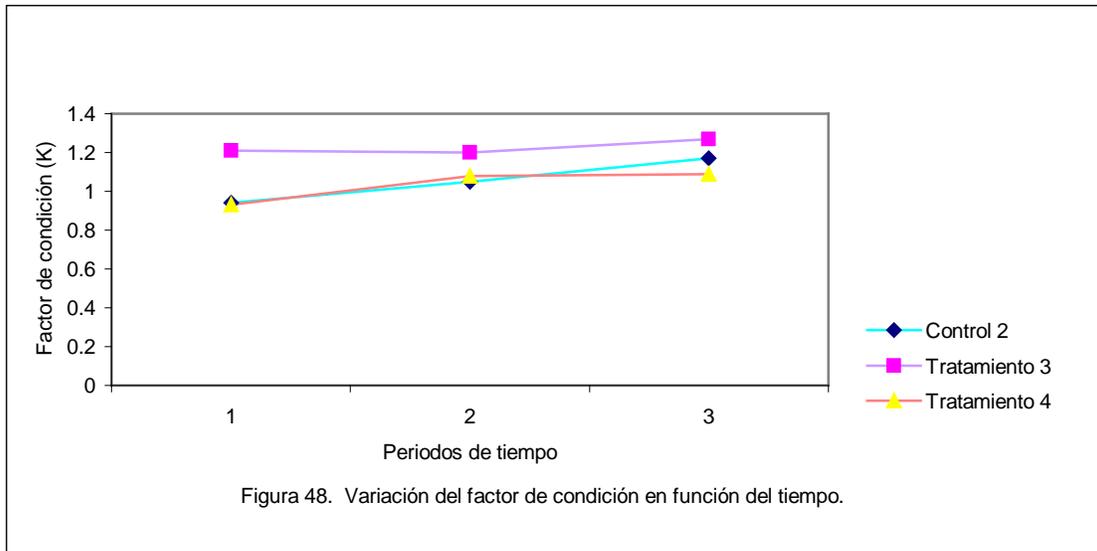












De las gráficas anteriores se deduce que los valores de conversión alimenticia disminuyen en todos los tratamientos a medida que transcurre el ensayo, es así como en el tercer periodo los tratamientos igualan e incluso mejoran las conversiones alimenticias de sus respectivos controles, esto indica la buena aceptación y aprovechamiento del concentrado experimental. (figuras 38-40)

La tasa de crecimiento con respecto al peso (g/día) se incrementa en todos los tratamientos a medida que transcurre el ensayo, sin presentar diferencias significativas con sus respectivos controles. (figuras 41-43)

La tasa de crecimiento con respecto a la longitud (cm/día) para todos los tratamientos, en el primer periodo presenta un mayor incremento con respecto a los dos periodos siguientes en los cuales esta disminuye apreciablemente. Lo anterior no significa que los peces hayan dejado de crecer simplemente lo hicieron en menor grado que al inicio del ensayo. (figuras 44-46)

El factor de condición durante todo el periodo de ensayo para todos los tratamientos (figuras 47-49) no presenta diferencias significativas entre controles y tratamientos lo que evidencia un aceptable desarrollo somático de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) o al menos describir niveles de crecimiento sin permitirse estados de desnutrición durante el ensayo de la dieta alimenticia de prueba con sustitución del 100% del alimento concentrado comercial (ver tabla 32).

**Tabla 32. Factor de condición (K) promedio de controles y tratamientos para los tres periodos de ensayo.**

Control y/o Tratamiento	Factor de condición (K)
Controles (1,2 y 3)	1.10
Tratamientos 1 y 2	1.30
Tratamientos 3 y 4	1.18
Tratamiento 5	1.04

## 7 CONCLUSIONES

- Debido al alto requerimiento proteico de la trucha se deduce que la harina de lombriz roja californiana es una alternativa apropiada para sustituir la harina de pescado en los concentrados para peces.
- El cultivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es importante porque además de servir como alimento para peces, se obtienen como beneficios complementarios el tratamiento de residuos agroindustriales y la obtención de abonos útiles en la recuperación de suelos así como el mantenimiento de cultivos.
- Se encuentra que especies vegetales promisorias como el chachafruto (*Erythrina edulis*) y la quinua (*Chenopodium Quinoa Willdenow*) presentan un alto contenido nutricional lo que las hace muy apropiadas como aporte de proteína vegetal, carbohidratos y minerales entre otros en la elaboración de alimentos concentrados para peces.

- Materias primas como la zanahoria, el salvado de trigo y el aceite de pescado aportan vitaminas, fibra y ácidos grasos esenciales respectivamente lo que permite obtener alimentos nutricionalmente más completos y equilibrados, además de asegurar la digestibilidad y palatabilidad de los mismos.
  
- Se logró preparar un pellet con base en harina de lombriz roja californiana, harina de chachafruto, harina de pescado, zanahoria, salvado de trigo y aceite de pescado. Este concentrado preparado presenta un adecuado contenido de proteínas, vitaminas, minerales y calorías suficiente para cubrir las necesidades de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en cada periodo de crecimiento.
  
- Se comprobó que al agregar concentrado en exceso, no se aprovecha más por los peces, por lo que lo más recomendable es suministrar el alimento en raciones adecuadas y ajustadas progresivamente según resultados de prueba con base en tablas guías de alimentación y condiciones ambientales de cultivo.
  
- El concentrado preparado se mantuvo estable en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y organolépticas, al menos durante un periodo de tres meses, esto es importante porque actualmente es uno de los principales inconvenientes en el comercio de este concentrado.

- La piscicultura es una actividad que ha tenido mucha acogida en el departamento del Cauca en los últimos años como sustento para muchas familias campesinas pero ha presentado como inconvenientes la falta de información y tecnificación además de los altos costos de los alimentos concentrados por lo que se hace necesario buscar fuentes alternativas de alimentación como la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) y el chachafruto (*Erythrina edulis*).

## 8 RECOMENDACIONES

- Continuar con los ensayos de cultivos de peces alimentados con los concentrados de prueba durante periodos completos de ceba con el fin de ajustar y verificar la dosificación y efectividad nutricional del producto.
- Evaluar sustituciones parciales del alimento concentrado comercial con el concentrado de prueba, con sus respectivos balances económicos que viabilicen los cultivos desde un punto de vista rentable.
- Proyectar comercialmente costos de producción de la harina de lombriz y los concentrados elaborados con base en las materias primas evaluadas en el estudio.

## BIBLIOGRAFIA

1. ACERO, E. Silvicultura Final y Productividad del Chachafruto. Informe de *Erythrina edulis*. Parte 1. Universidad Distrital – CIID-CONIF. Bogotá. 1989.
2. ACERO, E; BARRERA, Nancy. Chachafruto o Balú. Cultivo y Aprovechamiento. Bogotá. 1996. pp 69.
3. AGUILAR, R.H; GUEVARA, L; ALVAREZ, J. Un nuevo método para la determinación cuantitativa de saponinas y su aplicación a diversas variedades de quinuas peruanas. Lima (Perú). 1979.
4. AKIYAMA, M.D. Futuras consideraciones para la industria alimentaria acuícola. Memorias del primer simposio internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura. Facultad de Ciencias Biológicas. Nuevo León. México. 1993. pp 25-34.

5. ALEXIS, M.N., PAPAPARAKEVA – PAPOUTSUGLOV, E and TEOCHARI, V., Formulation of practical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitution of fish meal by poultry by – products and certain plant by – products. *Aquaculture*, 1985. 50: 61-73.
  
6. ALVARADO, Herminia. Sustitución de la harina de pescado por harina de carne y hueso en alimentos para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).Táchira (Venezuela). 1995. *Zootecnia tropical*. Vol 13(2). Pp 233-243.
  
7. APPLER, H.N and JAUNCEY, K., The utilization of a filamentous green alga (*Cladophora glomerata* (L) kutzin )as a protein source in pelleted feeds for *Sarotherodon* (*Tilapia*) niloticus fingerlings. *Aquaculture*, 1983. 30: 21-30.
  
8. Avances técnicos Cenicafé No 225. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
  
9. BARLOW, S.M; PIKE, I.H. Fish meal and oil production and Markets Future Developments. Seminario Internacional sobre Calidad de Harinas de Pescado en Nutrición Animal Acuícola y Pecuaria. 1990.

10. BARRERA, Nancy; MEJIA, Mercedes. Chachafruto, balú, sachaporoto; *Erythrina edulis*, Triana. Pasado, Presente y Futuro. 3<sup>era</sup> ed. Proyecto bota caucana. GTZ-RED. Popayán. Colombia, pp.6-8,10,11.

11. BARRERA, Nancy. Las plantas y el hombre. cuaderno de educación ambiental N.3. 1999. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. pp 8,9.

12. BERNAL, Inés. Análisis de Alimentos. Primera edición. Editora Guadalupe. Bogotá. 1993. pp 2-13.

13. BRAVO, Isabel; GIRALDO, Efrén; ORTIZ, Huberto. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de bioabonos y especies menores (peces). Popayán (Cauca). 2001. 170p. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Química.

14. \_\_\_\_\_. Guía práctica para el cultivo de peces con substitución parcial de concentrado comercial por lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Universidad del Cauca. Pronatta. 2001.

15. \_\_\_\_\_. Guía práctica para la elaboración de abonos a partir de desechos agropecuarios. Universidad del Cauca. Departamento de Química. Pronatta. Popayán (Cauca). 2001. p.16-19,21.

16. BUXADE, Carlos. Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo XII. Producciones Cinegéticas, Apícolas y otras. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1997. pp 362, 366, 367, 372, 373, 375.

17. CARDONA LOPEZ, Manuel Guillermo. Manual de Alimentación Animal. Universidad de Antioquia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Comité de Publicaciones, 1985. pp. 62,66,67,80,94,95.

18. CIFUENTES, William. Piscicultura, Alternativa a la crisis social y económica de los productores de café en las zonas marginales del municipio de Piendamó, Departamento del Cauca, Colombia. 2002.

19. COWEY, C.B; DE LA HIGUERA, M., ADRÓN, J. W. The effect of dietary composition and of insulin on gluconeogenesis in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Br. J. Nutr., 1977<sup>a</sup>. 38: 385-395.

20. COWEY, C.B.; LUQUET, P. Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical analysis of allowances. En: "IV Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition" Colloques INRA, N.16, vol.1, Ed. INRA, parís, 1983. pp. 365-384.

21. DABROWSKI, K., HASSARD, S., QUINN, J., PITCHER, T.J. and FLINN, A. M., Effect of geotrichum candidum protein substitution in pelleted fish feed on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich) and on utilization of the diet. *Aquaculture*, 1980. 21: 213-232.

22. DE SILVESTRI, J.A. Calidad de la proteína del chachafruto. Primer encuentro sobre el conocimiento del chachafruto. Universidad Distrital Bogotá. 1989.

23. DRUMMOND; SEDGWICK, Stephen. Cría de la trucha. Zaragoza (España): Acribia, 1988. pp. 68,69,72,73.

24. FERRUZI, Carlos. Manual de Lombricultura. Versión española. Dr Carlos Buxade. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1987. pp 13,14,110.

25. GARCIA; GALLEGRO, M. Departamento de Biología Animal, Ecología y Genética. Universidad de Granada. pp. 23-26, 61-70, 91,92.

26. GHERB – BARRE. Citado por Millan, M. M. En documento; Métodos evaluación práctica. Universidad de Granada. 1987. pp 295 – 324.

27. GÖHL, B. Tropical feeds. FAO/Oxford Computer Journals LTD, ver 1.7.  
GUERRERO, R.D. III, 1980. Studies on the feeding of *Tilapia nilotica* in floating cages. *Aquaculture*, 1991, 20: 169-175.

28. GOMEZ, León; VILLAMIL, Diez. *Revista IIM Mar y Pesca*. España. 2000. pp.3.

29. GOYES, Blanca Ivonne. *Nutrición Animal*. Ed. Universidad Santo Tomás. Bogotá. 1984. pp 265.

30. KAUSHIK, S. J and LUQUET, P. Influence on bacterial protein incorporation and of sulphur aminoacid supplementation to such diets on growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture*, 1980. 19: 163-174.

31. KOOPS, H., K. TIEWS, K., GROPP, J. and SCHWALB-BÜHLING. Further results on the replacement of fish meal by other protein feed – Stuffs in pellet feeds for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Arch. Fissch Wiss*, 1982. 32: 59-75.

32. LOPEZ MACIAS, Jorge. Nutrición Acuícola. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Nariño (Colombia). 1997. pp 81.

33. Manual técnico. Manejo de la trucha en el macizo colombiano. Proyecto Bota Caucana RSS/GTZ. Popayán, Cauca, Colombia. S.A. 2001. pp 1,18,19-2

34. MARTINEZ PALACIOS, Carlos Antonio; CHAVEZ SÁNCHEZ, María Cristina; OLVERA NOVOA, Miguel Angel; ABDO DE LA PARRA, María Isabel. Artículo Fuentes Alternativas de Proteínas Vegetales como Substitutos de la Harina de Pescado para la Alimentación en Acuicultura. México. pp. 281, 286-294.

35. MOYANO F.J., CARDENE G. AND M DE LA HIGUERA. Nutritive value of diets containing a high percentage of vegetable proteins for trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquat. Living Resour.* 1992. 5: 23-29.

36. OGINO, C., COWEY, C.B. and CHIOV, J-Y. Leaf protein concentrate as a protein source in diets for carp and rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries*, 1978, 44 (1): 49-52.

37. Peces de Aguas Frías. Solla. Grafiformas LTDA. Pp 8-9.

38. PFEFFER, E. Utilization of dietary protein by salmonid fish. *Comp Biochem. Physiol.*, 1982, 73: 51-57.

39. POLO, Gustavo; RODRIGUEZ, Horacio; SALAZAR, Gustavo. *Fundamentos de acuicultura continental*. INPA. Santa fe de Bogotá. 1993. pp 3,9,121,223.

40. REVELO, R. Balanceo de una dieta que reúna los requerimientos nutricionales exigidos por la trucha arco iris. Fase de alevino o dedino, para sustituir el concentrado común. Valle del Sibundoy, Putumayo. 1993.

41. ROMAN-VALENCIA, César; SAGA, Atsushi. *Piscicultura. Sus Bases, Métodos y Aplicaciones*. Armenia (Colombia): AEBUQ, 1995. pp. 51-55.

42. RUMSEY, G.L. The protein situation in fish feeds and feeding, *Am. Fishes U.S. Trout News*, 1973, 18(7): 6-11.

43. SAITA, B.P. Quantitative protein requirements of rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.*, 1974, 36: 80-85.

44. STAFFORD E. A. TACON A. G. S. The nutritional evaluation of dried earthworm meal (*Eisenia foetida savigny*) included at low levels in production diets for rainbow trout, *Salmo gairdneri richardson*. *Aquaculture and fisheries management* 1: 1985. pp. 213-222.

45. STEFFENS, W. Geflügelabfallmehl als Eiweißquelle im Futter für Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri*). *Arch. Tierernähr.*, 1985. 35: 361-368.

46. \_\_\_\_\_. *Principios Fundamentales de la Alimentación de los Peces*. Zaragoza (España): Acribia, 1987. pp. 49, 63, 65, 70, 71, 97, 126, 127, 133, 136, 201, 225.

47. TACON, A.G.J.; JACKSON, A.J. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish feeds. En: "nutrition and feeding in fish". 1985.

48. TACON, A.G.J. Feeding tomorrow is fish. *World Aquaculture*: 1996, vol 37(3), pp. 20-32.

49. TAYLOR, T.G. and BERK, Z. Nutritional sources of protein in animal and human nutrition. *Nutrition in health and disease and International development : Symposium from the XII International Congress of Nutrition*, New York, 1981. pp. 619-629.

50. TIEWS, K., J. GROPP Y H. KOOPS on the development of optimal rainbow trout pellet feeds. Arch. Fischereiwiss, 1976, 27: 1-29.

51. VELA, N.P; CABRERA, J.A. Utilización de la semilla de quinua en alimentación humana. Tecnología, 1984, 25:7-27.

52. VELEZ, Ricardo; ROMERO, Socorro. Estudio químico de la Quinua y factibilidades geográficas para su producción en el departamento del Cauca. Popayán (Cauca). 1994. 164p. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

## ESTADÍSTICA TRUCHA ARCO IRIS

### Anexo No 1. Tabla No 1.

#### General Linear Model

#### Within- Subjects Factors

Measure: Measure\_1

Factor 1	Dependent Variable
1	PESO 1
2	PESO 2
3	PESO 3
4	PESO 4

#### Between- Subjects Factors

Tratamientos	Value Label	N
Control 1		21
Tratamiento 1		21
Tratamiento 2		21
Control 2		20
Tratamiento 3		20
Tratamiento 4		20
Control 3		20
Tratamiento 5		20

## Anexo No 1. Tabla No 2.

## Descriptive Statistics

Tratamientos		Mean	Std. Deviation	N
PESO Inicial	Control 1	17,6286	1,5729	21
	Tratamiento 1	17,6286	1,5729	21
	Tratamiento 2	17,6286	1,5729	21
	Control 2	14,9400	,1465	20
	Tratamiento 3	14,9400	,1465	20
	Tratamiento 4	14,9400	,1465	20
	Control 3	13,8000	,3277	20
	Tratamiento 5	13,8000	,3277	20
	Total	15,4918	1,8656	163
PESO 1er. Periodo	Control 1	33,3762	5,4612	21
	Tratamiento 1	29,9476	3,7163	21
	Tratamiento 2	30,7238	3,2053	21
	Control 2	27,1900	3,2016	20
	Tratamiento 3	26,2200	2,6469	20
	Tratamiento 4	25,8700	1,7439	20
	Control 3	24,8800	1,9967	20
	Tratamiento 5	22,8000	2,5670	20
	Total	27,1913	4,6181	163
PESO 2do. Periodo	Control 1	43,0000	2,6458	21
	Tratamiento 1	39,4762	2,2499	21
	Tratamiento 2	39,5429	2,8005	21
	Control 2	36,0500	2,5438	20
	Tratamiento 3	34,0800	2,8750	20
	Tratamiento 4	34,1850	2,9855	20
	Control 3	32,3700	5,8144	20
	Tratamiento 5	29,6700	2,5491	20
	Total	35,5765	5,2717	163
PESO 3er. Periodo	Control 1	56,7905	2,3979	21
	Tratamiento 1	52,7333	2,7852	21
	Tratamiento 2	51,8952	2,2999	21
	Control 2	46,9000	2,8079	20
	Tratamiento 3	44,5500	2,2355	20
	Tratamiento 4	43,6500	2,2542	20
	Control 3	42,2000	2,3753	20
	Tratamiento 5	37,7500	3,3853	20
	Total	46,5454	6,3999	163

### Anexo No 2. Tabla No 1.

#### Tests of Within- Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Sphericity Assumed

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
FACTOR 1	94,135269	3	31378,423	4378,525	,000	13135,574	1,000
FACTOR 1'							
TTOS	1866,620	24	77,776	10,853	,000	240,467	1,000
Error (FACTOR 1)	3740,880	522	7,166				

a. Computed using alpha = ,05

#### Tests of Within- Subjects Contrasts

Measure: MEASURE\_1

Source	Transformed Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
FACTOR 1	FACTOR 1_1	93796,731	1	93796,731	244,66942	,000	244,66942	1,000
	FACTOR 1_2	24,567	1	24,567	3,370	,068	3,370	,447
	FACTOR 1_3	313,970	1	313,970	30,259	,000	30,259	1,000
FACTOR 1''	FACTOR 1_1	1781,612	7	222,702	58,092	,000	464,735	1,000
	FACTOR 1_2	44,163	7	5,520	,757	,641	6,058	,345
	FACTOR 1_3	40,844	7	5,105	,492	,861	3,936	,224
Error (FACTOR 1)	FACTOR 1_1	667,048	174	3,834				
	FACTOR 1_2	1268,404	174	7,290				
	FACTOR 1_3	1805,428	174	10,376				

a. Computed using alpha = ,05

### Anexo No 2. Tabla No 2.

#### Tests of Between- Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	708693,7	1	708693,7	105459,6	,000	105459,63	1,000
TTOS	10250,618	7	1281,327	190,672	,000	1525,379	1,000
Error	1169,288	171	6,720				

a. Computed using alpha = ,05

## Estimated Marginal Means

### 1. TRATAMIENTOS

Measure: MEASURE\_1

TRATAMIENTOS	Mean	Std. Error
Control 1	37,6988	,283
Tratamiento 1	34,9464	,283
Tratamiento 2	34,9476	,283
Control 2	31,2700	,290
Tratamiento 3	29,9475	,290
Tratamiento 4	29,6612	,290
Control 3	28,3125	,290
Tratamiento 5	26,0050	,290

### 2. FACTOR1

Measure: MEASURE\_1

FACTOR1	Mean	Std. Error
1	15,4562	,070
2	27,1220	,236
3	35,4916	,241
4	46,4243	,188

## Anexo No 3. Tabla No 1.

### Post Hoc Tests

#### TRATAMIENTOS

#### Homogeneous Subsets

#### PESO INICIAL

Duncan<sup>a,b,c</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset		
		1	2	3
Control 1	21			17,6286
Tratamiento 1	21			17,6286
Tratamiento 2	21			17,6286
Control 2	20		14,9400	
Tratamiento 3	20		14,9400	
Tratamiento 4	20		14,9400	
Control 3	20	13,8000		
Tratamiento 5	20	13,8000		
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = ,895

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,323
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

### Anexo No 3. Tabla No 2.

#### PESO PRIMER PERIODO

Duncan<sup>a,b,c</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
Control 1	21						33,3762
Tratamiento 1	21					29,9476	
Tratamiento 2	21					30,7238	
Control 2	20				27,1900		
Tratamiento 3	20			26,2200	26,2200		
Tratamiento 4	20			25,8700	25,8700		
Control 3	20		24,8800	24,8800			
Tratamiento 5	20	22,8000					
Sig.		,772	,074	,209	,216	,438	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = 10,195

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,323.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

### Anexo No 4. Tabla No 1.

#### PESO SEGUNDO PERIODO

Duncan<sup>a,b,c</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
Control 1	21						43,0000
Tratamiento 1	21					39,4762	
Tratamiento 2	21					39,5429	
Control 2	20				36,0500		
Tratamiento 3	20			34,0800	34,0800		
Tratamiento 4	20			34,1850	34,1850		
Control 3	20		32,3700	32,3700			
Tratamiento 5	20	29,6700					
Sig.		,177	,197	,093	,068	,948	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = 10,630

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,323.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

**Anexo No 5. Tabla No 1.**

**PESO TERCER PERIODO**

Duncan<sup>a,b,c</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
Control 1	21							56,7905
Tratamiento 1	21						52,7333	
Tratamiento 2	21						51,8952	
Control 2	20					46,9000		
Tratamiento 3	20				44,5500			
Tratamiento 4	20			43,6500	43,6500			
Control 3	20		42,2000	42,2000				
Tratamiento 5	20	37,7500						
Sig.		1,000	,288	,070	,260	1,000	,295	1,000

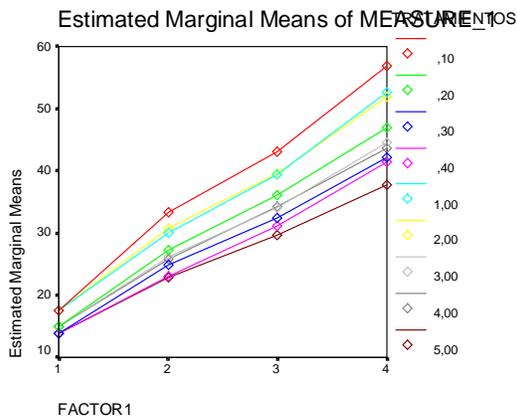
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = 6,498

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,323.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = ,05.

**PROFILE PLOTS**



**Anexo No 5. Tabla No 2.**

**ONEWAY**

**ANOVA**

		Sum of squares	Df	Mean Square	F	Sig.
PES 4	Between Groups	7548,930	7	943,616	138,273	,000
	Within Groups	1474,052	216	6,824		
	Total	9022,982	224			

**POST HOC TESTS**

**HOMOGENEOUS SUBSETS**

### PESO TERCER PERIODO

Duncan<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
Control 1	25						56,1840
Tratamiento 1	25					52,6000	
Tratamiento 2	25					51,9080	
Control 2	25				46,7200		
Tratamiento 3	25			44,4800			
Tratamiento 4	25			43,8000			
Control 3	25		41,6000				
Tratamiento 5	25	37,9200					
Sig.		1,000	,234	,357	1,000	,349	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25,000

**Anexo No 6. Tabla No 1.**

**General Linear Model**

**Within- Subjects Factors**

Measure: Measure\_1

Factor 1	Dependent Variable
1	TALL 1
2	TALL 2
3	TALL 3
4	TALL 4

**Between- Subjects Factors**

Tratamientos	Value Label	N
Control 1		20
Tratamiento 1		20
Tratamiento 2		20
Control 2		20
Tratamiento 3		20
Tratamiento 4		20
Control 3		20
Tratamiento 5		20

## Anexo No 6. Tabla No 2.

## Descriptive Statistics

Tratamientos		Mean	Std. Deviation	N
TALLA Inicial	Control 1	11,6000	,4218	20
	Tratamiento 1	11,6000	,4218	20
	Tratamiento 2	11,6000	,4218	20
	Control 2	10,3900	,8938	20
	Tratamiento 3	10,3900	,8938	20
	Tratamiento 4	10,3900	,8938	20
	Control 3	10,2200	,4819	20
	Tratamiento 5	10,2200	,4819	20
	Total	10,7367	,8744	160
TALLA 1er. Periodo	Control 1	15,4300	,9750	20
	Tratamiento 1	14,8050	,5176	20
	Tratamiento 2	14,9350	,5815	20
	Control 2	14,2600	,8107	20
	Tratamiento 3	12,9400	2,2593	20
	Tratamiento 4	14,0550	,6395	20
	Control 3	14,3200	,7090	20
	Tratamiento 5	12,0100	,5999	20
	Total	14,0772	1,3918	160
TALLA 2do. Periodo	Control 1	16,5900	1,0508	20
	Tratamiento 1	15,3800	,3915	20
	Tratamiento 2	15,4750	,4011	20
	Control 2	15,0800	,5890	20
	Tratamiento 3	14,1800	,4873	20
	Tratamiento 4	14,6650	,4499	20
	Control 3	15,5500	,8835	20
	Tratamiento 5	14,8200	,4764	20
	Total	15,2006	,9011	160
TALLA 3er. Periodo	Control 1	17,1950	1,0679	20
	Tratamiento 1	15,8400	,4465	20
	Tratamiento 2	16,0050	,4359	20
	Control 2	15,8650	,4209	20
	Tratamiento 3	15,1750	,6129	20
	Tratamiento 4	15,8900	,4471	20
	Control 3	16,0750	,4940	20
	Tratamiento 5	15,3600	,5968	20
	Total	15,8667	,8042	160

**Anexo No 7. Tabla No 1.  
Tests of Within- Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Sphericity Assumed

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
FACTOR 1	2803,959	3	934,653	1768,679	,000	5306,038	1,000
FACTOR 1 <sup>*</sup>							
TTOS	88,812	24	3,701	7,003	,000	168,063	1,000
Error (FACTOR 1)	271,093	513	,528				

a. Computed using alpha = ,05

**Tests of Within- Subjects Contrasts**

Measure: MEASURE\_1

Source	Transformed Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
FACTOR 1	FACTOR 1_1	2454,212	1	2454,212	5794,521	,000	5794,521	1,000
	FACTOR 1_2	312,869	1	321,869	588,998	,000	588,998	1,000
	FACTOR 1_3	27,878	1	27,878	45,306	,000	45,306	1,000
FACTOR 1 <sup>*</sup>	FACTOR 1_1	29,922	7	3,740	8,831	,000	70,648	1,000
	FACTOR 1_2	25,769	7	3,221	5,895	,000	47,156	1,000
	FACTOR 1_3	33,121	7	4,140	6,728	,000	53,826	1,000
Error (FACTOR 1)	FACTOR 1_1	72,425	171	,424				
	FACTOR 1_2	93,446	171	,546				
	FACTOR 1_3	105,222	171	,615				

a. Computed using alpha = ,05

**Anexo No 7. Tabla No 2.**

**Tests of Between- Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	140521,4	1	140521,4	237525,1	,000	237525,08	1,000
TTOS	283,654	7	35,457	59,933	,000	479,464	1,000
Error	101,165	171	,592		,000		1,000

a. Computed using alpha = ,05

### Anexo No 7. Tabla No 3.

#### Estimated Marginal Means

##### 1. TRATAMIENTOS

Measure: MEASURE\_1

TRATAMIENTOS	Mean	Std. Error
Control 1	15,2038	,086
Tratamiento 1	14,4063	,086
Tratamiento 2	14,5037	,086
Control 2	13,8988	,086
Tratamiento 3	13,1713	,086
Tratamiento 4	13,7500	,086
Control 3	14,0413	,086
Tratamiento 5	13,1025	,086

##### 2. FACTOR1

Measure: MEASURE\_1

FACTOR1	Mean	Std. Error
1	10,7367	,047
2	14,0772	,075
3	15,2006	,048
4	15,8667	,044

### Anexo No 8. Tabla No 1.

#### Post Hoc Tests

#### TRATAMIENTOS

#### Homogeneous Subsets

##### TALLA INICIAL

Duncan<sup>a,b</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset	
		1	2
Control 1	20		11,6000
Tratamiento 1	20		11,6000
Tratamiento 2	20		11,6000
Control 2	20	10,3900	
Tratamiento 3	20	10,3900	
Tratamiento 4	20	10,3900	
Control 3	20	10,2200	
Tratamiento 5	20	10,2200	
Sig.		,471	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = ,403.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

b. Alpha = ,05.

## Anexo No 8. Tabla No 2.

## TALLA PRIMER PERIODO

Duncan<sup>a,b</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset				
		1	2	3	4	5
Control 1	20					15,4300
Tratamiento 1	20				14,8050	14,8050
Tratamiento 2	20				14,9350	14,9350
Control 2	20			14,2600	14,2600	
Tratamiento 3	20		12,9400			
Tratamiento 4	20			14,0550		
Control 3	20			14,3200	14,3200	
Tratamiento 5	20	12,0100				
Sig.		1,000	1,000	,280	,050	,061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = 1,002

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

b. Alpha = ,05.

## Anexo No 9. Tabla No 1.

## TALLA SEGUNDO PERIODO

Duncan<sup>a,b</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset				
		1	2	3	4	5
Control 1	20					16,5900
Tratamiento 1	20			15,3800	15,3800	
Tratamiento 2	20			15,4750	15,4750	
Control 2	20		15,0800	15,0800		
Tratamiento 3	20	14,1800				
Tratamiento 4	20		14,6650			
Control 3	20				15,5500	
Tratamiento 5	20		14,8200			
Sig.		1,000	,064	,067	,439	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = ,421

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

b. Alpha = ,05.

**Anexo No 10. Tabla No 1.**

**TALLA TERCER PERIODO**

Duncan<sup>a,b</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset		
		1	2	3
Control 1	20			17,1950
Tratamiento 1	20		15,8400	
Tratamiento 2	20		16,0050	
Control 2	20		15,8650	
Tratamiento 3	20	15,1750		
Tratamiento 4	20		15,8900	
Control 3	20		16,0750	
Tratamiento 5	20	15,3600		
Sig.		,271	,272	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

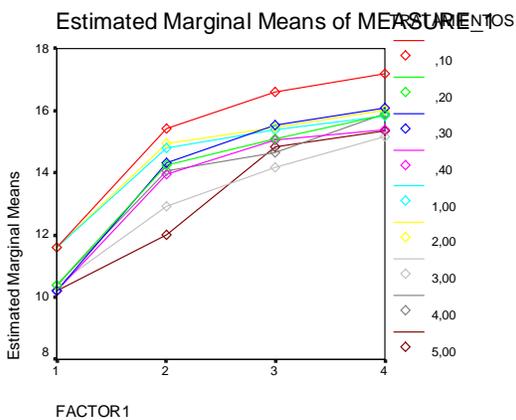
Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = ,351

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

b. Alpha = ,05.

**PROFILE PLOTS**



**ONEWAY**

**ANOVA**

		Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
TALL 4	Between Groups	83,119	7	10,390	30,928	,000
	Within Groups	72,562	216	,336		
	Total	155,682	224			

**POST HOC TESTS  
HOMOGENEOUS SUBSETS**

### TALLA TERCER PERIODO

Duncan<sup>a</sup>

TRATAMIENTOS	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
Control 1	25				17,3120
Tratamiento 1	25			15,8760	
Tratamiento 2	25			15,9800	
Control 2	25			15,8320	
Tratamiento 3	25	15,0400		15,9120	
Tratamiento 4	25				
Control 3	25			16,0000	
Tratamiento 5	25	15,3200	15,3200		
Sig.		,088	,643	,372	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25,000.

## ANEXO No 12

**Tabla No 1 TRUCHA ARCO IRIS**

CALCULOS BIOMÉTRICOS Y ALIMENTICIOS PARA EL PRIMER PERIODO DE CULTIVO CON LA ESPECIE TRUCHA ARCO IRIS,  
JUNIO 20/02 A JULIO 22/02

TRATA MIENTO	N/ Jaula	Días/ cultivo	Po	Pf	BT. inicial	BT. Final	Alimento Per.(g)	Conv. Alimen	T.C/g /dia	L.Ti. (cms)	L.Tf. (cms)	T.C /cms/dia	% Alim/ periodo	Mortalid.	% de Mort.
Ctrol 1	83	32	17.6	32.3	1460.8	2680.9	1920	1.6	0.492	11.6	13.4	0.120	3.0	0	0
Tto 1	83	32	17.6	30.3	1460.8	2514.9	1920	1.8	0.385	11.6	12.7	0.100	3.0	0	0
Tto 2	83	32	17.6	30.4	1460.8	2523.2	1920	1.8	0.409	11.6	12.8	0.104	3.0	0	0
Ctrol 2	83	32	14.9	26.6	1236.7	2207.8	1664	1.7	0.383	10.4	12.2	0.121	3.0	0	0
Tto 3	83	32	14.9	26.2	1236.7	2174.6	1664	1.8	0.352	10.4	11.4	0.080	3.0	0	0
Tto 4	83	32	14.9	25.8	1236.7	2141.4	1664	1.8	0.342	10.4	12.0	0.114	3.0	0	0
Ctrol 3	83	32	13.8	24.9	1145.4	2066.7	2560	2.8	0.346	10.2	12.3	0.128	3.0	0	0
Tto 5	83	32	13.8	23.0	1145.4	1909.0	2560	3.3	0.281	10.2	12.0	0.056	3.0	0	0

**Tabla No 2 TRUCHA ARCO IRIS**

CALCULOS BIOMÉTRICOS Y ALIMENTICIOS PARA EL SEGUNDO PERIODO DE CULTIVO CON LA ESPECIE TRUCHA ARCO IRIS,  
JULIO 22/02 A AGOSTO 9/02

TRATA MIENTO	N/ Jaula	Días/ cultivo	Po	Pf	BT. inicial	BT. Final	Alimento Per.(g)	Conv. Alimen	T.C/g /dia	L.Ti. (cms)	L.Tf. (cms)	T.C /cms/dia	% Alim/ periodo	Mortalid.	% de Mort.
Ctrol 1	83	18	32.3	43.0	2680.9	3569	1350	1.5	0.535	13.4	14.6	0.064	1.8	0	0
Tto 1	83	18	30.3	39.5	2514.9	3278.5	1260	1.6	0.529	12.7	13.4	0.032	1.8	0	0
Tto 2	83	18	30.4	39.1	2523.2	3245.3	1278	1.8	0.490	12.8	13.5	0.030	1.8	0	0
Ctrol 2	83	18	26.6	35.8	2207.8	2971.4	1188	1.6	0.492	12.2	13.0	0.046	2.0	0	0
Tto 3	83	18	26.2	34.3	2174.6	2846.9	1170	1.7	0.437	11.4	12.3	0.069	2.0	0	0
Tto 4	83	18	25.8	33.9	2141.4	2813.7	1152	1.7	0.462	12.0	12.7	0.034	2.0	0	0
Ctrol 3	83	18	24.9	32.2	2066.7	2672.6	1116	1.8	0.416	12.3	13.5	0.068	2.0	0	0
Tto 5	83	18	23.0	29.6	1909.0	2456.8	1026	1.9	0.382	12.0	12.8	0.156	2.0	0	0

**Tabla No 3 TRUCHA ARCO IRIS**

CALCULOS BIOMÉTRICOS Y ALIMENTICIOS PARA EL TERCER PERIODO DE CULTIVO CON LA ESPECIE TRUCHA ARCO IRIS,

AGOSTO 9/02 A AGOSTO 26/02

TRATA MIENTO	N/ Jaula	Días/ cultivo	Po	Pf	BT. inicial	BT. Final	Alimento Per.(g)	Conv. Alimen	T.C/g /dia	L.Ti. (cms)	L.Tf. (cms)	T.C /cms/dia	% Alim/ periodo	Mortalid.	% de Mort.
Ctrol 1	83	18	43.0	56.2	3569	4664.6	1764	1.6	0.811	14.6	15.3	0.036	1.75	0	0
Tto 1	83	18	39.5	52.6	3278.5	4365.8	1620	1.5	0.780	13.4	13.9	0.027	1.75	0	0
Tto 2	83	18	39.1	51.9	3245.3	4307.7	1602	1.5	0.727	13.5	14.0	0.031	1.75	0	0
Ctrol 2	83	18	35.8	46.7	2971.4	3876.1	1494	1.6	0.638	13.0	13.8	0.046	1.8	0	0
Tto 3	83	18	34.3	44.5	2846.9	3693.5	1440	1.7	0.616	12.3	13.0	0.058	1.8	0	0
Tto 4	83	18	33.9	43.8	2813.7	3635.4	1422	1.7	0.557	12.7	13.9	0.072	1.8	0	0
Ctrol 3	83	18	32.2	41.6	2672.6	3452.8	1350	1.7	0.578	13.5	14.0	0.031	1.8	0	0
Tto 5	83	18	29.6	37.9	2456.8	3145.7	1242	1.8	0.475	12.8	13.3	0.032	1.8	0	0