UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

Tesis previa a la obtención del título de INGENIEROS EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

TEMA:

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE ALEVINES DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*) CON DIETAS ENRIQUECIDAS CON TRES ACEITES ESENCIALES; JENGIBRE (*Zingiber officinale*), CÚRCUMA (*Curcuma longa)* Y HIERBA LUISA *(Cymbopogon citratus)*.

AUTORES:

JONATHAN GONZALO RIOS ERAZO

WALTER PATRICIO UBIDIA LUGO

DIRECTOR:

CHRISTIAN FABRICIO LARENAS URIA

Quito, septiembre del 2014

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, septiembre del 2014

Jonathan Gonzalo Rios Erazo

1722271747

Walter Patricio Ubidia Lugo

1722255369

DEDICATORIA

A nuestros padres, amigos y personas que han colaborados de una u otra manera en la finalización de este trabajo de grado.

AGRADECIMIENTO

A nuestro director, Quim. Christina F Larenas Uria por todo su conocimiento, colaboración, y tiempo que dedicó a la culminación de este trabajo de tesis.

A nuestros queridos padres, Walter Ubidia, Estrellita Lugo, Gonzalo Rios, Gloria Erazo, quienes con su cariño, paciencia y un buen ejemplo nos motivaron a conseguir esta meta.

A la Universidad Politécnica Salesiana, que nos formó en nuestra vida académica con valores y ética.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1 3

1.1. Justificación 3

1.2. Objetivos 4

1.2.1. General 4

1.2.2. Específicos 5

1.3. Hipótesis 5

1.3.1. Alternativa 5

1.3.2. Nula 5

1.4. Variables e indicadores 6

CAPÍTULO 2 7

MARCO TEÓRICO 7

2.1. La trucha arco íris 7

2.1.1. Trucha arco iris en el Ecuador 8

2.1.2. Descripción 8

2.1.3. Ciclo de vida 9

2.1.4. Etapa de alevín de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) 9

2.1.5. Sistemas de cultivo 10

2.1.6. Alimentación 11

2.1.7. Control de la calidad del agua 13

2.1.8. Temperatura 14

2.1.9. Oxígeno 14

2.1.10. pH 15

2.1.11. Amonio 15

2.1.12. Calidad microbiológica del agua 16
2.1.13. Aerobios totales 16
2.1.14. Coliformes 17
2.2. Aceite de pescado 18
2.2.1. Obtención del aceite de pescado 19
2.2.2. Usos del aceite de pescado 19
2.2.3. Aceite de pescado en alimentos balanceados 20
2.2.4. Relación longitud-peso en las poblaciones de peces 21
2.3. Aceites esenciales 22
2.3.1. Generalidades 22
2.3.2. Clasificación 22
2.3.3. Procesos industriales aplicados a los aceites esenciales 23
2.3.3.1. Métodos de obtención 23
2.3.4. Uso de los aceites esenciales 24
2.3.5. Producción de aceites esenciales en el Ecuador 25
2.4. Jengibre (*Zingiber officinale R.*) 26
2.4.1. Generalidades 26
2.4.2. Taxonomía del jengibre (*Zingiber officinale R.*) 26
2.4.3. Descripción botánica 26
2.4.4. Usos 27
2.4.5. Composición química de la planta 27
2.4.6. Otras investigaciones: 28
2.4.7. Aceite esencial de jengibre 28
2.4.8. Principales componentes del aceite esencial de jengibre 28
1.4.9. Propiedades físicas y biológicas 29

2.5. Hierba luisa (*Cymbopogon citratus* (D.C) Staff) 29
2.5.1. Generalidades 29
2.5.2. Taxonomía de la hierba luisa (*Cymbopogon citratus (D.C) Staff*) 30
2.5.3. Descripción botánica 30
2.5.4. Usos 31
2.5.5. Composición química de la planta 31
2.5.6. Otras investigaciones: 31
2.5.7. Aceite esencial de hierba luisa 32
2.5.8. Principales componentes del aceite esencial de hierba luisa 32
2.5.9. Propiedades físicas y biológicas 32
2.6. Cúrcuma (*Curcuma longa*) 33
2.6.1. Generalidades 33
2.6.2. Descripción botánica 33
2.6.3. Clasificación taxonómica 34
2.6.4. Usos 35
2.6.5. Composición química de la planta 35
2.6.6. Otras investigaciones 36
2.6.7. Aceite esencial de cúrcuma (*Curcuma longa*) 37
2.6.8. Principales compuestos del aceite esencial de Cúrcuma 37
2.6.9. Propiedades físicas y biológicas 38
CAPÍTULO 3 39
3. Materiales y métodos 39
3.1. Ubicación geográfica 39
3.2. Establecimiento de dietas enriquecidas 40
3.2.1.1. Elección de aceites esenciales 40

3.2.2. Elección del alimento balanceado 40
3.2.3. Elección del vehículo para el aceite esencial 41
3.3. Formulación de las dietas enriquecidas con aceites esenciales 41
3.3.1. Materiales 41
3.3.2. Equipos 41
3.3.3. Procedimiento 41
3.4. Aplicación de la mezcla vehículo/aceite esencial en alimento balanceado. .. 42
3.5. Tratamientos 43
3.6. Diseño experimental 45
3.6.1. Características de la unidad experimental 45
3.6.1.1. Cálculo del tamaño de muestra 46
3.7. Parámetros de evaluación abióticos 47
3.7.1. Materiales 47
3.7.2. Procedimiento 47
3.7.2.1. Temperatura 47
3.7.2.2. pH 47
3.7.2.3. Nitritos 47
3.7.2.4. Nitratos 47
3.7.2.5. Dureza 48
3.8. Parámetros de evaluación microbiológicos 48
3.8.1. Materiales 48
3.8.2. Equipos 48
3.8.3. Procedimiento 48
3.9. Descripción de los parámetros de crecimiento 49
3.9.1. Materiales 49

3.9.2. Procedimiento 49
3.9.3. Peso 49
3.9.4. Longitud 49
3.9.5. Mortalidad 50
3.9.6. Relación longitud-peso.....50
3.10. Análisis estadístico.....50
3.10.3. Prueba de correlación de Pearson. 51
CAPÍTULO 4 52
4. Resultados y Discusión 52
4.1. Parámetros abióticos 52
4.1.1. Temperatura 52
4.1.2. pH.....52
4.1.3. Concentración de Nitritos 53
4.1.4. Concentración de Nitratos.....53
4.1.5. Dureza del agua.....53
4.2. Parámetros de evaluación microbiológica 54
4.3. Parámetros de crecimiento.....54
4.3.1. Longitud 54
4.3.3. Peso. 58
4.3.4. Mortalidad 59
4.3.5. Relación Longitud-Peso 60
CONCLUSIONES.....64
RECOMENDACIONES 66
LISTA DE REFERENCIAS 67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la trucha arco iris 7
Tabla 2. Sistemas de cultivo de la trucha arco iris 11
Tabla 3. Nutrición de la trucha en sus diferentes etapas 12
Tabla 4. Alimentación de la trucha en función de raciones diarias 12
Tabla 5. Parámetros de calidad de agua en la crianza de truchas 13
Tabla 6. Concentración de oxígeno en función de las necesidades de la trucha 14
Tabla 7. Relaciones microbianas con el oxigeno 17
Tabla 8. Productores nacionales de aceites esenciales 26
Tabla 9. Principales componentes del aceite esencial de jengibre 29
Tabla 10. Principales componentes del aceite esencial de hierba luisa 32
Tabla 11. Principales compuestos de la Cúrcuma 36
Tabla 12.Principales compuestos del aceite esencial de Cúrcuma 37
Tabla 13. Composición de los tratamientos utilizados 43
Tabla 14. Información nutricional del balanceado 43
Tabla 15. Fórmula cuantitativa del balanceado 44
Tabla 16. Modelo del diseño experimental 45
Tabla 17. Medición pH de agua en las 8 semanas 53
Tabla 18. Evaluación microbiológica del agua 54
Tabla 19. Resultados de las longitudes en cada tratamiento 54
Tabla 20. Resultados de los tratamientos en cada semana en longitud 55
Tabla 21. Resultados Anova Longitud 55
Tabla 22. Prueba de contraste de la mínima diferencia significativa LSD 56
Tabla 23. Ganancia de peso de los tratamientos con aceites esenciales a la semana 8 57
Tabla 24. Resultados de peso promedio en los diferentes tratamientos 58
Tabla 25. Resultados del ANOVA a las ocho semanas de investigación 59
Tabla 26. Resultado de mortalidad en cada tratamiento 59
Tabla 27. Prueba de Kruskal-Wallis para mortalidad en los tratamientos 60
Tabla 28. Evaluación longitud-peso en 8 semanas entre tratamientos 61
Tabla 29. Valores de b y R^2 en relación longitud-peso 62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Oncorhynchus mykiss* 7
Figura 2. *Zingiber officinale* 27
Figura 3. Cymbopogon citratus 30
Figura 4. Curcuma longa.....34
Figura 5. Localización de la piscícola.....39
Figura 6.Longitud promedio de tratamientos a la semana 8 57
Figura 7. Peso promedio de tratamientos a la semana ocho 58
Figura 8 . Comparación de mortalidades a las 8 semanas en los tratamientos 60
Figura 9. Correlación de Pearson entre longitud-peso en los tratamientos.....61
Figura 10. Coordinadas principales 63
Figura 11. Balanceado de alevines.....72
Figura 12. Preparación balanceado 72
Figura 13.Aceite de pescado 73
Figura 14 Adición de aceite esencial 73
Figura 15. Envasado del balanceado final.....73
Figura 16. Proceso de pesaje y longitud 74
Figura 17. Medición de la longitud.....74
Figura 18. Medición del peso.....74
Figura 19. Temperatura vs tiempo 75
Figura 20. Medición de pH del agua.....75
Figura 21. Medición de dureza.....76
Figura 22. Medición de nitratos 76
Figura 23. Medición nitritos del agua 76
Figura 24.Recolección de muestras para análisis microbiológico 77
Figura 25. Placa de aerobios totales 1.....77
Figura 26. Aerobios totales análisis 2 77
Figura 27. Placa de coliformes totales 1 78
Figura 28. Placa de coliformes totales 2 78
Figura 29. Recuento de placas 78

Figura 30. PCA longitud/peso 88
Figura 31. PCA longitud/peso/mortalidad 88

RESUMEN

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), es una pez de agua dulce de la familia de los Salmónidos; su cultivo en sistemas intensivos de cría tiene importantes problemas en cuanto al crecimiento y mortalidad, al ser un pez sensible a los cambios bruscos de temperatura, nivel de oxigenación y dietas basadas principalmente en proteína de origen animal. Los esfuerzos por mejorar la producción se destinan principalmente a cambiar la fuente de proteína e incorporar suplementos alimenticios.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de tres aceites esenciales incorporados en la dieta normal de alevines de trucha sobre sus parámetros de crecimiento y supervivencia. Se establecieron tres tratamientos con tres aceites esenciales diferentes, Cúrcuma, Hierba luisa, Jengibre con una inclusión de 0,2% p/p, y se compararon con un testigo. Mediante la prueba estadística ANOVA de un factor con una significancia $p < 0,05$, se llegó a determinar que la inclusión al 0,2% p/p de aceites esenciales de Cúrcuma, Jengibre y Hierba luisa mejoran el parámetro de crecimiento en longitud, comparado con el testigo; en el parámetro peso no existieron diferencias significativas entre los tratamientos y los índices de mortalidad más bajos se obtuvieron con los aceites de hierba luisa y cúrcuma.

Palabras clave: trucha, alevines, aceite esencial, dieta, crecimiento

ABSTRACT

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is a freshwater fish of the Salmonidae family. The intensive breeding culture has significant problems in terms of growth and mortality; fish are sensitive to sudden changes in temperature, oxygen level and diets based mainly on animal protein. Efforts to improve production is mainly to change source and add protein supplements. The main objective of this research was to evaluate the effect of three essential oils incorporated in the normal diet of trout fingerlings on their growth parameters and survival. Three treatments with three different essential oils, turmeric, lemongrass, ginger settled with inclusion of 0.2 % w / w, and compared to a control. By statistical way ANOVA test with a significance $p < 0.05$, it was determined that the inclusion of 0.2% w / w of essential oils of turmeric, ginger and lemon grass improve the parameter length growth, compared with the control; in weight parameter there were no significant differences between treatments and lower mortality rates were obtained with oils of lemongrass and turmeric.

Key words: trout, trout fry, essential oil, diet, growth

INTRODUCCIÓN

La actividad acuícola de la trucha (O*ncorhynchus mykiss)* en el Ecuador se viene desarrollando desde principios del siglo XIX con la introducción de la especie en la sierra y zonas templadas del oriente ecuatoriano; desde entonces la actividad ha tenido un enorme crecimiento y para el año 2009 el cultivo de truchas en el país creció un 30 % (Jiménez, De Barnol, & Marlene, 2010). Este gran crecimiento del sector ha generado la necesidad de buscar alternativas para mejorar la producción, enfocándose principalmente en la sustitución de fuentes de proteína, la introducción de nuevos pigmentos y el desarrollo de productos para el tratamiento de enfermedades que causan pérdidas en la producción piscícola.

Una alternativa interesante para la mejora de la producción es la utilización de productos de origen natural incorporados a la dieta de los animales; se han obtenido importantes resultados especialmente en el sector avícola, sin embargo no existen mayores estudios que involucren el uso de componentes naturales, como los aceites esenciales, incluidos en las dietas para el sector acuícola.

Con el objeto de mejorar los índices de la producción de trucha sin afectar su desarrollo, acelerar su crecimiento y disminuir su mortalidad se ha considerado el uso de tres aceites esenciales incorporados al alimento balanceado comúnmente usado en la producción.

Los aceites esenciales investigados son de interés comercial y se producen localmente, siendo seleccionados la Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*), el Jengibre (*Zingiber officinale*) y la Cúrcuma (*Curcuma longa*) por su amplio potencial de uso ya que sus compuestos tienen alta actividad biológica probada y, se cree, mejoran el metabolismo con su consumo.

La producción nacional de estos aceites esenciales se concentra en empresas comunitarias, centros de investigación universitaria y, en menor medida, empresas particulares, siendo en todos los casos de pequeña escala y requiriendo de estrategias que diversifiquen el uso de sus productos.

Por otra parte, la alimentación típica de alevines de trucha (O*ncorhynchus mykiss)* se basa en dietas balanceadas con alto nivel proteico, basado principalmente en proteína de harina de pescado; la formulación incluye grasas, vitaminas y minerales esenciales pero no incorpora componentes naturales.

CAPÍTULO 1
ANTECEDENTES

1.1. Justificación

En los últimos años el sector acuícola se ha desarrollado a un paso acelerado por su importancia para la producción eficiente de alimentos. En 1980 tan solo el 9% del pescado para el consumo humano procedía de la acuicultura. Esta cifra se ha elevado hoy al 43 %, según el estudio del estado mundial de la acuicultura 2006 de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2012).

El cultivo de truchas es uno de los más importantes a nivel país, principalmente en sistemas fluviales y lacustres de la región interandina por su rápido crecimiento, capacidad de adaptación, facilidad en su manejo además de propiedades organolépticas y alimenticias entre las que se destacan su sabor y las características nutricionales de su carne (Imaki, 2003).

El alimento balanceado para truchas se compone de una mezcla de distintos ingredientes, los que aportan con los nutrientes necesarios para su normal desarrollo y crecimiento. La alimentación representa el mayor costo de producción de la actividad acuícola, se buscan alternativas que generen un mayor margen de ingreso, mejorando la producción con actividades más rentables y económicas (Galecio, Vergara, & Zegarra, 2004).

El uso de los aceites esenciales, de condimentos y especias es cada vez más generalizado en la industria farmacéutica y de alimentos, debido en parte a la homogeneidad del aroma y a la minimización de las posibilidades de contaminación microbiana, cuando se compara con el uso directo de tales especies y condimentos. (McLeod y Pieris, 1984).

Los aceites esenciales en la actualidad se utilizan como aditivos en la elaboración de balanceados debido a su función como antibacterianos, antioxidantes, antifúngicos, analgésicos además de ser enunciados como promotores significativos del crecimiento (Tipu, Akhtar, Anjum, & Raja, 2006)

La tendencia actual en investigación y el desarrollo intentan aumentar la eficiencia de producción y las ventas, aumentando las densidades de crianza, mejorando la tecnología de recirculación del recurso agua, desarrollando cepas de peces genéticamente superiores para mejorar el crecimiento, controlar la maduración y el género, mejoramiento de las dietas, reducción de las concentraciones de fósforo en los efluentes y el desarrollo de una mejor comercialización. (FAO, 2012)

Por lo anterior, se considera necesario estudiar de manera sistemática la actividad biológica que puede presentar los aceites esenciales empleados en la dieta de la trucha de manera que represente una ayuda en la elaboración y producción de balanceados además de contribuir a un mayor desarrollo de la actividad piscícola en el país.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

- Evaluar de los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en piscinas de crecimiento con dietas enriquecidas con tres aceites esenciales; Jengibre (*Zingiber officinale*), Cúrcuma (*Curcuma longa)* y Hierba Luisa *(Cymbopogon citratus)*.

1.2.2. Específicos

1. Evaluar el efecto de una dieta enriquecida al 0.2% en peso con cada aceite esencial, Jengibre (*Zingiber officinale*), Cúrcuma (*Curcuma longa)* y Hierba Luisa *(Cymbopogon citratus)*, sobre los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de trucha.

2. Determinar los parámetros físicos-químicos y condiciones ambientales del agua de las piscinas de cultivo evaluando temperatura promedio, dureza total, concentración de nitratos y pH.

3. Realizar un estudio microbiológico del agua de las piscinas de cultivo para determinar la concentración de aerobios totales y coliformes totales.

4. Medir variables de longitud, peso y el índice de supervivencia de alevines de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) con cada una de las dietas enriquecidas, y determinar el mejor tratamiento comparando con un testigo.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Alternativa

Al menos una de las tres dietas de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) enriquecidas con aceites esenciales tienen la capacidad de mejorar los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de trucha.

1.3.2. Nula

Ninguna de las tres dietas de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) enriquecidas con aceites esenciales tienen la capacidad de mejorar los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de trucha.

1.4. Variables e indicadores

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Temperatura % 0,2 de cada aceite esencial en dietas	Peso promedio Longitud promedio % de Supervivencia

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. La trucha arco íris

La trucha arco iris, cuyo nombre científico es (*Oncorhynchus mykiss*), es un pez que pertenece al grupo de los salmónidos originarios de América del Norte, su hábitat natural se extiende desde Alaska hasta el norte de México. (Blanco, 1995) Actualmente su distribución se ha ampliado hasta Sudamérica, hasta hoy en día se reportan cerca de 11 géneros y 66 especies (Nelson, 1994).

Figura 1 *Oncorhynchus mykiss*

Fuente: http://www.mpitrufquen.cl/GaleriaPesca/trucha_arcoiris.gif

Tabla 1. Taxonomía de la trucha arco iris

Reino:	*Animalia*
Filo:	*Chordata*
Subphylum	*Vertebrata*
Superclase	*Pisces*
Clase:	*Actinopterygii*
Orden:	*Salmoniformes*
Familia:	*Salmonidae*
Subfamilia:	*Salmoninae*
Género:	*Oncorhynchus*
Especie:	*Oncorhynchus mykiss*
Nombre común	Trucha arco iris

Fuente: Camacho, Moreno, Rodriguez, Luna, & Vázquez, 2000

2.1.1. Trucha arco iris en el Ecuador

El Ecuador por su gran diversidad de ecosistemas, pisos climáticos es apto para la adaptación de diversas especies vivas, teniendo en consideración la fácil adaptación de la trucha en aguas frías, para la década de 1930 se optó por construir salas de incubación y alevinaje en las provincias de Imbabura, Cotopaxi y Azuay. La introducción de las ovas sirvió para poblar los sistemas fluviales de la región Interandina (Imaki, 2003).

Ya para 1993, el gobierno de Japón concede a Ecuador un préstamo no reembolsable para la construcción de un centro acuícola en la provincia del Napo, ubicado en Papallacta, el Centro de Investigaciones Acuícolas (CENIAC). Este centro se encarga de la producción de ovas y alevines de trucha, además de realizar investigaciones para fomentar el desarrollo de la acuicultura en el país. (Imaki, 2003) Desde el 2008, el SENIAC es una dirección perteneciente al Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca.

2.1.2. Descripción

Según Camacho, Moreno, Rodriguez, Luna, & Vázquez (2000), la trucha es un pez teleósteo, de la familia de los Salmónidos, es decir emparentado con los salmones, y su hábitat son aguas frías y claras en cinco continentes, entre sus características principales resaltan las siguientes longitud de entre 30 y 50 cm, es de forma alargada, deprimida, con dos aletas dorsales, una de ellas adiposa, en la parte ventral posee dos aletas, una pélvica muy corta y otra anal más larga que la anterior mencionada. Presenta labios delgados con prolongaciones en el cuerpo cubierto con escamas delgadas y pequeñas con múltiples manchas moteadas, el dorso de coloración grisáceo azulado, los costados con franjas rojizas anaranjado, con pequeños puntos negros rojos y manchas en las aletas. (Blanco, 1995)

Las truchas son peces poiquilotermos, es decir que la temperatura del agua es la misma que la temperatura corporal del pez, y las variaciones que pueden existir en la

temperatura del agua, son poco tolerables (Blanco, 1995). El mismo autor sugiere como rango de temperatura óptimo para la crianza una temperatura de entre 15-18 °C, con una variación mínima durante su ciclo de vida. Además (Drummond, 1988) determinó experimentalmente a una temperatura de 18°C la trucha logra un óptimo metabolismo, aprovechando al máximo el alimento balanceado ingerido.

La trucha arco iris es una especie carnívora, por lo que su alimentación se basa en la ingesta de larvas, insectos, larvas de insectos, crustáceos y peces pequeños (Blanco, 1995). En la naturaleza se guía principalmente por los movimientos de su presa. Por su hábito se adapta a diversos tipos de ambiente. (Del Valle & Nuñez, 1990)

2.1.3. Ciclo de vida

La reproducción de la trucha es de manera sexual y externa, se produce el desove en la que tanto machos (espermatozoides) como hembras (huevos), depositan libremente estos gametos sexuales en el agua, hasta el momento que se da la fertilización con ello se da inicio a la incubación de los huevos (Blanco, 1995). La reproducción de la trucha arco iris es cíclica, se da una vez por año, en la temporada más fría del año. De acuerdo con (Woynarovich, Hoitsy, & Moth-Poulsen, 2011), el ciclo de vida se divide en cinco etapas:

- Incubación
- Alevín
- Cría
- Juvenil
- Adulto

2.1.4. Etapa de alevín de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)

Luego de concluir la etapa embrionaria, el alevín eclosiona y se alimenta de las reservas nutricionales que están contenidas en el saco vitelino durante dos o cuatro semanas, esto

depende de la temperatura. Una vez ya agotadas las reservas del saco vitelino y que haya sido absorbido, el alevín se transforma en una cría y asciende a la superficie en búsqueda de alimento en el medio externo. (Camacho, Moreno, Rodriguez, Luna, & Vázquez, 2000)

Algunos autores consideran una sola etapa alevín y cría, donde las caracteristicas más comunes son que el peso oscila entre 1,5 g hasta 20 g, y una longitud de entre 3,0 cm hasta aproximadamente 12,5 cm. (Blanco, 1995)

Ya alcanzada la longitud de 2,5 cm, los alevines se sienten atraídos por la luz, y emergen cada cierto periodo, en este periodo se cree absorben aire y llenan la vejiga natatoria, también permanecen estáticos nadando en contra de la corriente de agua. A esta edad son muy vulnerables a enfermedades puesto que las escamas no se han desarrollado y aún se desconoce si presentan algún tipo de inmunidad contra enfermedades. Conforme crecen y sobreviven los alevines continúan su desarrollo, dependiendo de una serie de factores tales como la temperatura, y la abundancia de alimento (Stevenson, 1985).

2.1.5. Sistemas de cultivo

La trucha es una especie acuícola que se puede desarrollar en tres sistemas de cultivo principalmente: semi-intensivo, intensivo y super-intensivo, en estas tres modalidades se diferencia la tecnología utilizada con la finalidad de obtener elevados rendimientos por unidad de área y depende de:

- La biomasa colocada en un área determinada
- Cantidad de alimento suministrado
- El control del medio donde se desarrolla la actividad

Tabla 2. Sistemas de cultivo de la trucha arco iris

	Semi-Intensivo	Intensivo	Súper-Intensivo
Densidad de siembra	Media 5 – 10 Kg/m^3	Alta 10 – 30 Kg/m^3	Muy alta > 30 Kg/m^3
Tecnificación del sistema	Estanques rústicos con entrada constante de agua	Estanques de material con flujo de al menos 2 recambios por hora	Alta tecnificación, oxigenación del agua forzada electro-mecánicamente
Alimentación	Natural y alimento balanceado	Alimento balanceado	Alimento balanceado de alta proteína
Producción	1 – 2 ciclos por año	Producto de disponibilidad constante	Alta producción de disponibilidad constante

Fuente: Stevenson, 1985

A nivel comercial la trucha se cultiva en modalidad intensiva, aprovechando al máximo el espacio disponible. Existen muchos factores que establecen la calidad de la producción como son el medio ambiente (temperatura, cantidad y calidad del agua, suelo, etc.); características genéticas (líneas de crecimiento rápido, rusticidad y resistencia a enfermedades, aptitud para las altas densidades de confinamiento) y el manejo. (Blanco, 1995)

2.1.6. Alimentación

Una de las características de la familia de los salmónidos es su alta exigencia nutricional, y de esto depende el éxito en la producción acuícola, la trucha arco iris es exigente en el nivel proteico de su dieta, a diferencia de especies omnívoras no es exigente en requerimientos de grasas y almidones. (Blanco, 1995)

La alimentación es un factor importante a tener en cuenta en todas las etapas del ciclo de vida de la trucha, y en cada una de ellas los requerimientos nutricionales cambian, principalmente en la composición proteica como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Nutrición de la trucha en sus diferentes etapas

Nutriente	Alevines/Cría	Juveniles	Adultos	Reproductores
Proteína	45 – 50 %	40 – 45 %	35 – 40 %	40 %
Carbohidratos	9 – 12 %			
Lípidos	12 – 16 %	10 – 16 %	10 – 16 %	
Minerales	P (0,45-0,8%); Mg (0,05-0,07%); Zn (15-30 ppm); Mn (2,4-13 ppm); Cu (3-5 ppm); Co (0,1ppm); Se (0,25 ppm)			
Vitaminas (por Kg de alimento balanceado	Vitamina A: 2,500 – 3,500; Vitamina D: 2,400 – 3,000; Vitamina E: 30 – 100; Vitamina K3: 10 – 15; Vitamina C: 100 – 300; Tiamina: 10; Riboflavina: 20: Piridoxina: 10; Biotina: 0,1 – 0,4; Ácido nicotínico: 150; Ácido pantoténico: 40 – 60; Ácido fólico: 5, Inositol: 400; Colina: 3,000; Cianocobalamina (vitamina B12): 0,01 – 0,02			
Aminoácidos (g de aminoácido por cada 100 g de proteína)	Arginina: 4,0; Histidina: 1,8; Isoleucina: 2,8; Leucina: 5; Lisina: 6; Metionina + Cistina: 3,3; Fenilalanina + Tirosina: 6; Treonina: 4,1; Triptófano: 0,6; Valina: 3,6			

Fuente: Lovell, 2002

La forma de alimentación cambia dependiendo de la etapa en la que se encuentre la trucha, además del diámetro del alimento balanceado por ello (Drummond, 1988) propone la siguiente tabla de alimentación en función del número de raciones diarias:

Tabla 4. Alimentación de la trucha en función de raciones diarias

Tamaño del pez	Alimentación (veces)
Eclosión hasta 2,5 cm	De 6 a 10 veces diarias
Alevinos entre 2,5 y 4 cm	De 4 a 6 veces diarias
Crías entre 4 y 15 cm	De 3 a 4 veces diarias
Juveniles 15 y 25 cm	De 1 a 3 veces diarias
Adultos 25 y 35 cm	De 1 a 2 veces diarias
Reproductores más de 35 cm	1 vez por día

Fuente: Drummond, 1988

2.1.7. Control de la calidad del agua

El agua se considera el más importante elemento a considerar en sistemas de cultivo en cualquiera de sus modalidades, semi-intensiva, intensiva o super-intensiva, ya que los requerimientos del líquido es bastante alta, puesto que aporta oxígeno a la trucha, así como se encarga de eliminar los desechos del metabolismo, y por su composición y variabilidad físico-química condiciona los niveles de producción. La etapa biológica en la que se encuentre la trucha determina la condiciones fiscas, químicas y biológicas de calidad del agua. Por ello es importante el control y flujo del agua principalmente en sistemas intensivos donde se suministra gran cantidad de alimento balanceado.

Por lo anterior mencionado es importante llevar un monitoreo de los principales parámetros de calidad de agua según (Klontz, 1991) los aspectos más importantes a tomar en cuenta en el cultivo intensivo de peces de agua dulce y de trucha según la (FAO, 2002) se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Parámetros de calidad de agua en la crianza de truchas

Parámetro	Peces*	Trucha**
Oxígeno disuelto	> 90 mm de Hg, aprox. 60% saturación	Cercano a la saturación
pH	6,7 – 8,5	6,5 – 8,5
Alcalinidad (mg $CaCO_3$/l)	30 – 200	10 – 400
Dióxido de carbono (mg/l)	< 2,0	< 2,0 ppm
Calcio (mg/l)	> 50	-
Zinc (mg/l)	< 0,04 a pH 7,5	< 0,05
Cobre (mg/l)	< 0,006 en aguas blandas < 0,3 en aguas duras	< 0,006 en aguas blandas < 0,3 en aguas duras
Hierro (mg/l)	< 0,1	< 0,1
Amonio no ionizado ($N\text{-}NH_3$) (mg/l)	< 0,03 constante < 0,05 intermitente	-
Nitrito ($N\text{-}NO_2$) (mg/l)	< 0,55	< 0,55

Nitrógeno total (mg/l)	< 100% saturación	< 100% saturación
Sólidos suspendidos (mg/l)	< 80	< 80
Sólidos disueltos (mg/l)	50 – 200	< 400
Temperatura (°C)	Depende de la especie	10 – 18

Fuente: * Klontz, 1991; ** FAO, 2002

2.1.8. Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo de truchas se considera entre los (15 – 18) °C (Blanco, 1995), mientras que el rango de supervivencia es mucho más amplio de (1 – 21) °C, aunque se desarrolle con mucha dificultada, puesto que a temperaturas mayores a los 20°C el oxígeno disuelto en el agua tiende a disminuir, y al momento de alimentar se puede producir anoxia en el estanque. Camacho et al. (2000)

2.1.9. Oxígeno

Los niveles de oxígeno disuelto en el agua tiene un papel importante en el desarrollo de la trucha (Imaki, 2003), (Blanco, 1995) y (Drummond, 1988), ya que los peces aspiran el agua con el oxígeno disuelto por la boca, realizan el intercambio gaseoso en los filamentos branquiales y eliminan el gas carbónico por los opérculos (respiración). Además la concentración de oxígeno disuelto disminuye al elevarse la temperatura y aumenta con la presión atmosférica. Según (Imaki, 2003), los factores que establecen el contenido de oxígeno y las necesidades de los peces son:

Tabla 6. Concentración de oxígeno en función de las necesidades de la trucha

Factor	Condición	Consumo de oxígeno
Temperatura	Alta	Mayor
	Baja	Menor
Tamaño del pez	Grande	Mayor
Recambio de agua	Intenso	Menor
Estímulo	Grande	Mayor
Alimentación	Hambre	Menor
	Estómago lleno	Mayor

Fuente: Imaki, 2003

Como se evidencia en la tabla, el manejo es importante ya en sistemas intensivos donde se maneja un número alto de peces, la alimentación y el recambio de agua pueden afectar el normal desarrollo de la trucha.

2.1.10. pH

La mayoría de aguas epicontinentales tienen un valor de pH que oscila entre 6,5 y 9,0; aunque pueden existir factores que afecten el pH en estanques. El valor de pH se vuelve más importante en sistemas de piscifactoría intensiva, donde el reciclado de agua es común para aprovechar al máximo el recurso. Por ello se recomienda trabajar bajo condiciones de pH de entre 6 y 7 (Blanco, 1995).

Cuando el pH tiene valeres muy elevados o muy bajos se presentan problemas principalmente en las branquias. La producción se ve afectada en valores menores a 6,5 y superiores a 9,0. Además que por debajo de 4 se produce la muerte ácida, mientras que por sobre 11 se produce la muerte alcalina. (Woynarovich et al., 2011)

2.1.11. Amonio

La producción acuícola genera algunos compuestos orgánicos debido al metabolismo de los peces, entre estos se encuentra el amoniaco, que a niveles elevados es tóxico, y sus efectos varían con el pH y la temperatura. Estos efectos tóxicos son debidos esencialmente a la forma no ionizada NH_3 del amonio. Entre otros compuestos de la degradación de productos nitrogenados están los nitritos, que dependiendo de la cantidad de calcio en el agua pueden llegar a ser tóxicos, no así los nitratos que se los considera poco tóxicos. (Bernabé, 1991)

Las existencias amoniacales son producto de la excreción de los peces y se encuentran en dos estadios: Amonio ionizado (NH_4^+), y amonio no ionizado o amoníaco libre (NH_3). Siendo el amonio libre sumamente tóxico que inclusive a concentraciones de

0,015 ppm, causa lesiones en las branquias y retardo en el crecimiento debido a fallas en el metabolismo. Los nitritos también son productos de la oxidación del amoniaco, y a concentraciones superiores a los 0,55 ppm también resultan tóxicos para la trucha. El rango que se considera óptimo según las normas (APHA, 1992).

2.1.12. Calidad microbiológica del agua

La trucha se considerada un pez sensible al ataque de microorganismos patógenos a pH de 6 – 9 además de una temperatura mayor a los 20 °C. La actividad de los organismos microbianos interviene en diversas transformaciones químicas que permiten el equilibrio normal de la vida acuática y cooperan además en varios procesos químicos, con ello en sistemas intensivos de cría de truchas se debe controlar la calidad microbiológica del agua, en especial de microorganismos aerobios y coliformes. (Drummond, 1988)

Las bacterias presentes en el agua pueden ser de dos tipos, las nativas cuyo hábitat es el agua y se pueden desarrollar solo allí, y las bacterias procedentes de otros biotipos, especialmente provenientes de la tierra o del aire. El contenido bacteriano es variable y depende de varios factores como el tipo de agua, la concentración de sales inorgánicas, y sustancias orgánicas, enturbiamiento, iluminación y la temperatura. En sistemas acuáticos continentales la diversidad de bacterias presentes en el agua es muy amplia. En general en ríos la carga bacteriana es alta, donde se encuentran bacterias del género *Azobacter*, *Nitrosomas*, *Nitrobacter*, además de este tipo de bacterias y también pueden existir bacterias típicas de aguas residuales como *Escherichia coli*, y las denominadas coliformes, Salmonellas, y estreptococos fecales. (Marin, 2003)

2.1.13. Aerobios totales

Casi todos los organismos multicelulares son dependientes del O_2 atmosférico es decir son aerobios estrictos u obligados. El oxígeno actúa como aceptor final de electrones para la cadena de transporte electrónico en la respiración aerobia.

El oxígeno además interviene en la síntesis de esteroles y ácidos grasos insaturados. La importancia del oxígeno para el crecimiento de un organismo está directamente relacionada con su metabolismo. Los anaerobios facultativos no necesitan oxígeno para su crecimiento pero crecen mejor en presencia de este. Finalmente microorganismos microaerófilos que sufren daños cuando la concentración de oxigeno se encuentra al 20% por lo que necesitan niveles por debajo del 2-10% para crecer (Madigan M, 2003).

Tabla 7. Relaciones microbianas con el oxigeno

Grupo	Relación con el O_2	Tipo de metabolismo	Ejemplo	Hábitat
Aerobios Obligados	Necesario	Respiración aerobia	*Micrococcus luteus*	Piel, polvo
Aerobios Facultativos	No necesario, pero crecen mejor con O_2	Respiración aerobia, anaerobia, fermentación.	*Escherichia coli*	Intestino grueso de mamíferos
Microaerófilos	Necesario pero a bajas tensiones	Respiración aerobia	*Spirillum volutans*	Lagos

Fuente: Madigan, 2003

2.1.14. Coliformes

Los coliformes son bacilos anaerobios facultativos, gramnegativos, no formadores de endosporas, que fermentan la lactosa con formación de gas a las 48 horas de incubación a 36 °C, son considerados indicadores de la calidad del agua, ya que se encuentran en el tracto digestivo de muchos animales, así como en el de los humanos (Madigan, Martinko, Dunlap, & Clark, 2009).

La presencia de coliformes en el agua es un indicativo de contaminación fecal. Incluyendo a *Escherichia coli Enterobacter aerogene y Klebsiella pneumonidae,* pertenecen al grupo de los coliformes. Los coliformes incluyen una amplia gama de microorganismos cuyo origen primario puede no ser el tracto gastrointestinal, por lo que se han desarrollado técnicas de presencia de coliformes fecales, los cuales se derivan del

intestino de animales de sangre caliente, que pueden crecer a temperaturas más restrictivas de 44.5 °C (Prescot, Harley, & Klein, 2009).

2.2. Aceite de pescado

El aceite de pescado proviene de la industria pesquera, donde peces que no representan una demanda regular por su apariencia son destinados a la elaboración de derivados industriales, como lo son la harina de pescado y el aceite de pescado, productos con altos niveles nutricionales. (Acurero, 1999)

Actualmente el aceite de pescado es un producto industrial con un alto valor nutricional por su contenido de ácidos grasos, entre los más destacados se encuentra el omega-3 de cadena larga; eicosapentaenoico (C20:5, EPA), docosapentaenoico (C22:5, DPA) y docosahexaenoico (C22:6, DHA). Hoy en día, particularmente los ácidos grasos EPA y el DHA, son altamente valorados por sus propiedades profilácticas y terapéuticas, su importancia en situaciones nutricionales y enfermedades, lo que ha sido ampliamente demostrado por la literatura científica y médica. (Valenzuela, Zanhuesa, Barra, & F, 2012)

El aceite de pescado se lo extrae principalmente del hígado y en menor proporción del musculo, piel y cabeza. El hígado más empleado es de bacalao, el cual contiene grandes cantidades de vitamina A y D. Ocasionalmente lo utilizaban como combustible en las calderas de la industria de la harina de pescado. Ya en la decada de los sesenta se lo empezó a utilizar de forma hidrogenada en la fabricación de mantecas y margarinas de mesa y en su forma no hidrogenada se la utiliza en la industria de las pinturas barnices, esto por sus propiedades secantes (Scott, 2000).

La creciente actividad acuícola en todo el mundo comenzó a generar una gran demanda de harina como de aceite de pescado, destinados principalmente a la elaboración de alimentos balanceados peletizados para salmones y truchas. Hoy en día ya conocida su riqueza en omega 3 y omega 6, su producción es elevada, y su demanda mucho mayor (Valenzuela, Zanhuesa, Barra, & F, 2012).

2.2.1. Obtención del aceite de pescado

Una vez obtenida la materia prima en el mar esa llega a la planta procesadora, en donde los pescados, son triturados y sometidos a cocción con vapor en un "cooker" (según la terminología industrial) a 120-140°C, durante 2 o 3 horas y luego son prensados en grandes prensas metálicas, obteniéndose así un sólido que luego se seca en túneles de calor a 50-60°C, hasta 8% de humedad y se envasa como harina en sacos de polietileno; el líquido de prensa se procesa en un "decanter" (un tipo de separador centrífugo) para separar el aceite de pescado, el cual finalmente se centrifuga a alta velocidad para eliminar restos de agua y posteriormente se acopia en grandes estanques para su comercialización. Del "decanter" también se separa una "agua de cola" que posteriormente se concentra por evaporación para recuperar proteínas solubles que se incorporan a la harina que entra al secador. (Valenzuela, Zanhuesa, Barra, & F, 2012)

Se estima que la producción mundial de pescado se encuentra en países como China, Perú, Noruega, Chile, Canadá, Escocia., donde la mayor parte de la produción se destina a la industria alimentaria del hombre, con cerca del 71%, mientras que el 28% se destina a la elaboración de harina y aceite de pescado. (FAO, 2002) Después de algunas etapas de refinación en la cual se le eliminan componentes no deseados, pigmentos, residuos de extracción, entre otros. (Cmolik & Pokorny, 2000)

2.2.2. Usos del aceite de pescado

El principal uso del aceite de pescado actualmente es en el campo de la acuicultura, principalmente en la cría de salmón y de trucha, especies de hábito alimenticio

carnívoro, y al tenerlos en ambientes de cautiverio, se hace necesaria la inclusión de insumos de origen animal y marino, de ahí que la alimentación de estos peces se realiza con balanceados ricos en proteína animal proveniente de harina y aceite de pescado. En la elaboración de balanceados para salmones y truchas se consume el 76% de la producción de aceite de pescado, demanda que es cada vez más creciente. Otra actividad que demanda aceite de pescado, aunque cada vez en menor proporción, es la hidrogenación para la preparación de mantecas y margarinas, la que actualmente se estima en 11% de la producción. Sin embargo, esta actividad está decreciendo debido al cuestionamiento de los efectos nutricionales y en la salud de los isómeros *trans* los que se forman en gran cantidad y variedad durante la hidrogenación de los aceites marinos (Valenzuela, Zanhuesa, Barra, & F, 2012).

El aceite puede comercializarse a diferentes rubros: alimentación animal, alimentación humana (en este caso el aceite es refinado, hidrogenado, interesterificado y desodorizado) y más recientemente a la industria farmacéutica, nutracéutica y de suplementos alimentarios como aceites, ésteres etílicos de los ácidos grasos y glicéridos parciales (mezclas de mono y diglicéridos). Actualmente son especialmente valorados los aceites enriquecidos en DHA, ya que se visualiza a este ácido graso como un nutriente con alto beneficio en la nutrición infantil, del adulto y del adulto mayor por su relación con el desarrollo y la salud del sistema nervioso (Gerber, 2009).

2.2.3. Aceite de pescado en alimentos balanceados

La adición de aceite de pescado en dietas de truchas específicamente se estima en un 15% del total del alimento balanceado, según (FAO, 2012), donde para el año 2000 el uso de aceite se incrementa en un 57%, mientras que para el año 2010 se aumenta a 97%, por lo cual es necesario el buscar nuevas alternativas que sustituyan el uso del aceite de pescado.

Las grasas y aceites constituyen una fuente concentrada de energía (2,25 veces superior a la contenida en los carbohidratos), se utilizan para incrementar la densidad energética de la ración, y en zonas calientes, para disminuir el calor metabólico. Existen otras ventajas que determinan su uso como son: reducen el polvo ya que mejora la aglomeración de las materias primas, facilitan la absorción de vitaminas liposolubles.

En la elaboración de alimento balanceado de truchas y salmones, se utiliza principalmente para suplir los requerimientos de los peces en ácidos grasos como el omega 3 y omega 6, además que mejora la palatabilidad del pellet, por lo que se lo realiza al final del proceso, con el uso de aspersores, siempre controlando que el aceite de pescado no humedezca el producto final.

2.2.4. Relación longitud-peso en las poblaciones de peces

La relación longitud-peso además del factor de condición son descriptores importantes en el estudio de las poblaciones de peces ya que aportan información acerca del crecimiento, reproducción, morfología, y estado nutricional de los mismos.

Estudios realizados demuestran que la mayoría de especies analizadas presentan un crecimiento isométrico es decir una tendencia general al aumento del grosor, proporcional a la talla, durante el crecimiento, sin embargo algunas otras lo hacen de forma alométrica (McCallum, 2000).

La longitud es a menudo una medida más rápida y precisa que el peso de forma que es conveniente determinar el peso en relación a la longitud mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{W=aL^n}$$

Donde W= Peso, L=Longitud, a=constante y n=exponente comprendido entre 2,5 y 4,0

La relación talla-peso puede ser por tanto un carácter para la diferenciación de las pequeñas unidades taxonómicas, como cualquier otra relación morfométrica. También puede cambiar con la metamorfosis o el comienzo de la madurez.

Por su parte, el factor de condición, comúnmente designado como K, es utilizado para comparar la "condición" o "bienestar" de un pez o población, basándose en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición. Las diferencias en el factor de condición (K) se han interpretado como la medición de diversas características biológicas, tales como, la gordura, la idoneidad del medio ambiente o el desarrollo gonadal (Froese, 2006).

Entre los factores que afectan al valor de K están la edad, el sexo o la madurez de los peces así como el proceso de selección en el muestreo y por ultimo características tales como el medio ambiente, alimentación, y el grado de acción parasitaria. (Lattuca. M., 2008)

2.3.Aceites esenciales

2.3.1. Generalidades

Los aceites esenciales son compuestos volátiles formados por el metabolismo secundario de las plantas en cuya composición intervienen substancias orgánicas que pueden ser alcoholes, acetonas, cetonas, esteres, éteres, aldehídos y compuestos fenólicos que son los responsables del aroma y que se almacenan en los canales secretores de las plantas (Bruneton, 2001).

2.3.2. Clasificación

Los aceites esenciales se pueden clasificar en base a diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

a) Consistencia

Se clasifican en:

- Esencias
- Bálsamos
- Resinas

b) Origen

Se clasifican en:

- Naturales
- Artificiales
- Sintéticos

c) Naturaleza química

- Monoterpenoides
- Sesquiterpenoides
- Fenilpropanoides

Características físicas y químicas

- Volátiles y líquidos a temperatura ambiente
- Incoloros o ligeramente amarillos
- Solubles en compuestos orgánicos (éter, cloroformo, alcohol)
- Índice de refracción elevado

2.3.3. Procesos industriales aplicados a los aceites esenciales

2.3.3.1.Métodos de obtención

- Destilación por arrastre de vapor

La muestra vegetal se sumerge en agua dentro del recipiente utilizado que se somete a una corriente de vapor sobreecalentado a presión baja, penetrando a través del material

vegetal. Los componentes se volatilizan y se condensan en un refrigerante donde se recolectan y separan las fases por diferencia de densidad.

- Expresión del pericarpio

El material vegetal es exprimido mediante pinchos picando la cascara de los frutos para liberar el aceite que posteriormente es recolectado y filtrado. Este proceso se lo aplica principalmente en cítricos.

- Disolución en grasa (*enfleurage*)

Sobre una capa de vidrio se coloca una fina capa de grasa y sobre ella el material vegetal (generalmente flores). La esencia pasa a la grasa, así hasta saturación de la grasa Se obtiene inicialmente una mezcla de aceite esencial y aceite vegetal la cual es separada posteriormente por otros medios físico-químicos. Se emplea para esencias muy preciadas (rosa, azahar, jazmín, etc).

- Extracción con solventes orgánicos

La muestra se pone en contacto con solventes tales como alcohol, hexano, benceno, éter de petróleo, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia para posteriormente eliminar el solvente a presión reducida obteniendo la fracción deseada.

- Extracción con fluidos supercríticos

Se emplean gases a presión y temperatura superior a su punto crítico, las esencias son así solubilizadas y arrastradas y el fluido supercrítico se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, y finalmente se obtiene una esencia pura.

2.3.4. Uso de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se emplean en diversas industrias como:

- Alimentaria.- Utilizados en la preparación de carnes, embutidos, en la producción de bebidas alcohólicas y refrescos además en la elaboración de confites y chocolates.
- Farmacéutica.- Se emplean en productos como pastas dentales, analgésicos, inhalantes, enjuagues bucales, etc.
- Cosmética.- En la producción de colonias, perfumes, jabones y maquillajes.
- Biocidas e insecticidas.- Se emplean aceites esenciales como el de tomillo, salvia, orégano, menta como bactericidas, además en tratamientos contra áfidos, polillas, moscas, etc.

2.3.5. Producción de aceites esenciales en el Ecuador

Los principales productores de aceites esenciales a nivel nacional son empresas privadas de las cuales se tiene una referencia a partir del año 2002. La mayoría comercializa aceites esenciales crudos y en menor medida aceites esenciales refinados.

Actualmente en el país se encuentran empresas comunitarias destinadas a este proceso como ejemplo podemos mencionar Chankuap, Sisacuma entre otras. Como empresas privadas podemos citar Agrotrading, Aroma Vera, INEXA, Extractos andinos, Florasíntesis, ARES, Labitech (Leon & Robles, 2009).

Las importaciones de aceites esenciales en el país en volumen crecieron en el año 1996, 1997, pero a partir de 1998 estas importaciones han decrecido. La tasa de crecimiento de las importaciones para el período fue de 24% para los aceites esenciales refinados, 23% para crudos. El volumen promedio ha sido de 166 toneladas importadas repartidas en un 25% aceites esenciales refinados, 10% crudos, 65% resinoides y otros concentrados.
A continuación se detalla los principales productores de AE en el Ecuador

Tabla 8. Productores nacionales de aceites esenciales

Empresa	Ubicación	Mercado	Aceite esenciales
UTPL	Loja	Interno	romero, ciprés, rosas, menta, eucalipto.
Chankuap	Morona	Interno y externo	hierba luisa, jengibre, cúrcuma, palo santo, neroli.
Salinas	Guaranda	Interno	pino, ciprés, eucalipto.
Agrotrading	Quito	Interno	cardamomo, jengibre.
Sisacuma	Quito	Interno y externo	eucalipto, palo santo, jengibre, cardamomo.

Autores: Rios y Ubidia, 2014

2.4. Jengibre (*Zingiber officinale R.*)

2.4.1. Generalidades

Planta de la familia *Zingiberaceae* cuyo rizoma es muy apreciado por su aroma y sabor picante. Originario de las zonas tropicales del sureste asiático, específicamente del área Indomalaya al sur de Asia. Crece en todas las regiones tropicales del mundo. Su nombre proviene del indoeuropeo: en sánscrito se decía *singavera*, que significa "cuerpo de cuerno" (Fulder, 1998).

2.4.2. Taxonomía del jengibre (*Zingiber officinale R.*)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Zingiberaceae

Género: ***Zingiber***

Especie: ***Zingiber officinale*** (Fulder, 1998)

2.4.3. Descripción botánica

Es una planta herbácea, perenne, rizomatosa, hasta de 1 m de altura. Rizoma grueso, carnoso, nudoso. Tallos simples. Hojas lanceoladas, oblongas, dispuestas a lo largo del

tallo en dos líneas paralelas. Flores sésiles, amarillas y labios purpúreos, reunidas en una espiga densa al extremo del tallo. Fruto seco y valvoso. (Alvarado, 1998)

Figura 2. *Zingiber officinale*

Fuente: http://ginecologianatural.files.wordpress.com/2010/12/jengibre-planta.jpg

2.4.4. Usos

El jengibre es una especia que se utiliza principalmente para agregar sabor tanto a comidas como a bebidas también es utilizado como fitoterapéutico y farmacológico,
La parte empleada del jengibre es el rizoma se usa en el tratamientos de cólicos gástricos debido a sus propiedades tónicas, antiespasmódicas, expectorantes y laxantes. También se emplea en casos febriles y en problemas circulatorios (Fulder, 1998).

2.4.5. Composición química de la planta

En la actualidad se conoce que la misma se debe a ciertos cetoalcoholes (gingeroles) relacionados con otras sustancias: shogaoles, paradoles y zingerona. Además presenta compuestos como:

- **Ácidos:** alfalinolenico, linoleico, ascórbico, aspártico, cáprico, caprilico, gadoleico, glutamínico, mirístico, oleico, oxálico.

- **Aceites esenciales:** citral, citronelal, limoneno, canfeno, beta-bisolobeno, beta-cariofileno, beta-bisabolol, alfa-farneseno, alfacadineno, alfa-cadinol, beta-felandreno, beta-pineno, beta-sesquifelandreno, gama-eudesmol
- **Aminoácidos**: arginina, asparagina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, niacina, treonina, triptófano, tirosina, valina.
- **Minerales:** aluminio, boro, cromo, cobalto, manganeso, fósforo, silicio, zinc.

2.4.6. Otras investigaciones:

Entre las principales investigaciones relacionadas al jengibre destaca el realizado en pollos de engorde donde se evaluó la ganancia de peso así como el consumo de alimentos y el índice de conversión alimenticia dando como resultado que no existió una diferencia estadística significativa entre los grupos experimentales. (Shiva, 2012)

Además de los múltiples estudios farmacológicos realizados que determinan al jengibre como estimulante antirreumático, antitusivo, expectorante entre otros (Pérez de Alejo, 1996).

2.4.7. Aceite esencial de jengibre

La extracción del aceite esencial de jengibre se la realiza a partir de los rizomas de la planta a través del método de extracción por arrastre de vapor, siendo necesario realizar previamente una molienda adecuada.

2.4.8. Principales componentes del aceite esencial de jengibre

Las investigaciones desarrolladas entorno a la composición del aceite esencial de jengibre describen que estas pueden variar en relación a los porcentajes de los componentes así como en su variabilidad genética y en la producción de nuevos quimiotipos. (Neves, de Oliveira, & Da Camara, 2008)

La Tabla 9, muestra los principales componentes identificados en el aceite esencial de jengibre.

Tabla 9. Principales componentes del aceite esencial de jengibre

Sustancia	PM	Porcentaje en la composición del aceite
α-zingibereno	204	22.22
Ar-curcumeno	204	13.11
β-sesquifelandreno	204	9.44
Teraniol	154	3.33
β-mirceno	136	1.47
Citral	152	1.25
Geranial	152	1.10
No identificado		48.08

Fuente: Vásquez *et al*., 2001

1.4.9. Propiedades físicas y biológicas

Entre las características físicas de este aceite destaca: índice de refracción a 20°C 1.49, densidad a 20°C de 0.877 y presenta solubilidad en etanol a 96°. El aceite esencial de jengibre se presenta en forma de líquido bastante móvil, de color verdoso o amarillo, que tiene el olor característico del jengibre pero no tiene sabor ardiente.

En las pruebas de sensibilidad biológica indica que es activo ante el *Bacillus cereus*, y medianamente activo contra el *Staphylococcus aureus* y *S. faecalis*. (Coronel A., 2006)

2.5. Hierba luisa (*Cymbopogon citratus* (D.C) Staff)

2.5.1. Generalidades

También conocida como limoncillo, lemongrass, hierba de limón. La hierba luisa es una planta herbácea muy vigorosa aromática con tallos muy ramificados de 1 a 2 m de alto. La altura máxima a la cual la planta llega es de 1.50m. Se la cultiva como planta medicinal en zonas tropicales, subtropicales y templadas (Acosta, 1995).

2.5.2. Taxonomía de la hierba luisa (*Cymbopogon citratus (D.C) Staff*)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: ***Cymbopogon***

Especie: ***Cymbopogon citratus*** (Acosta, 1995)

2.5.3. Descripción botánica

Hierba perenne, robusta, posee una raíz corta muy ramificada, tallo corto cilíndrico, hojas agrupadas cerca de la base, lineares, de hasta casi 1m de longitud, con el borde cortante, presenta un fuerte olor a limón debido a la presencia de importantes cantidades de citral en los haces vasculares no tiende a florecer y cuando lo hace estas se presentan forma de racimos sostenidos en el tallo. (Soto, Vega, & Tamajon, 2002)

Figura 3. Cymbopogon citratus

Fuente:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bd/YosriNov04Pokok_Serai.JPG/240px-YosriNov04Pokok_Serai.JPG

2.5.4. Usos

La hierba luisa es muy utilizada como planta medicinal entre sus propiedades farmacológicas tenemos: carminativa, digestiva, febrifugo, antibacteriano, analgésico, febrífugo entre otras. Se reporta efectos depresivos a nivel del sistema nerviosos central y del colesterol (Kuklinsk, 2000).

Se la utiliza también en la industria alimentaria y de perfumes, además de servir como forraje una vez destiladas sus hojas.

2.5.5. Composición química de la planta

Entre sus componentes destaca el aceite esencial con alto contenido de citral (75-85 %), además de geraniol, linalol, metilheptona, citronelal, limoneno, diterpeno y otras sustancias. Como fibra, carbohidratos solubles calcio y fosforo.

2.5.6. Otras investigaciones:

Las investigaciones relacionadas a la hierba luisa se basan fundamentalmente en sus propiedades antisépticas y antibióticas. Así nos referimos a la investigación realizada en la reducción de la parasitemia en ratones particularmente en la acción sobre *Trypanosoma cruzi* que es el agente etiológico de la enfermedad de Chagas. Como una alternativa al tratamiento químico que resulta ser toxico en las personas que sufren de esta patología (Rojas J. R., 2012).

Como otras investigaciones se reporta una posible aplicación del aceite esencial en odontología, por su acción contra algunas bacterias responsables de la aparición de caries. (Pellecuer JM, 1980)

Finalmente se ha reportado actividad antioxidante importante relacionada con la presencia de compuestos fenólicos derivados del verbascosido y de la luteolina. (Valentao, 2002)

2.5.7. Aceite esencial de hierba luisa

El aceite esencial de hierba luisa se lo obtiene por destilación de sus hojas mediante arrastre de vapor, en las cuales se encuentra en una proporción del 0,25 al 0,35 % en peso.

2.5.8. Principales componentes del aceite esencial de hierba luisa

Entre los componentes principales del aceite esencial de hierba luisa se encuentran los monoterpenos geranial (41,8%) y neral (34,9%), los cuales constituyen una mezcla de esteroisomeros conocida como citral, siendo este el 76,7% del aceite obtenido. Otros componentes identificados fueron terpenos, aldehídos, alcoholes, cetonas esteres y compuestos aromáticos. (Mendoza D, 2010)

La Tabla 10 muestra los principales componentes identificados en el aceite esencial de hierba luisa.

Tabla 10. Principales componentes del aceite esencial de hierba luisa

Sustancia	Porcentaje
Geranial	41.8
Neral	34.9
Citronelol	1.5
Linalool	1.5
Mirceno	0.6
Otros	19.7

Autores: Rios y Ubidia, 2014

2.5.9. Propiedades físicas y biológicas

Entre las características físicas de este aceite destaca: índice de refracción a 20°C 1.48, densidad a 20°C de 0.878 y presenta solubilidad en etanol a 96°. El aceite esencial de hierba luisa se presenta en forma de líquido aceitoso transparente, de color amarillo pálido, que tiene el olor intenso a limón. (Guerra, 2004)

En varios estudios realizados sobre el aceite esencial de la hierba luisa se ha demostrado que detiene el crecimiento de ciertos patógenos como son: *Vibrio cholerae* y *Salmonella paratyph*, diferentes dermatofitos: E*pidermophyton floceosum, Microsporum canis, Trichophyton mentagrophytes* y *T. rubrum*, inhibe el desarrollo de bacterias como la *Escherichia coli, Bacillus subtilis,* y *Staphylococcus aureus*.

2.6. Cúrcuma (*Curcuma longa*)

2.6.1. Generalidades

Planta perenne que pertenece al orden de las Zingiberales, originaria de India, donde su uso se remonta a la antigüedad como medicinal, especia y tintórea. En sus rizomas se encuentra una sustancia colorante la curcumina, que forma cristales anaranjados y aceites esenciales de olor picante. Se usa principalmente como especia, para condimentar y dar color al arroz esto en Asia, mientras que en regiones tropicales se utiliza más el achiote. La parte de interés es el rizoma donde concentra la mayor parte de compuestos de interés biológico y del cual se han desarrollado un gran número de investigaciones (Ravindran, Nirmal Babu, & Sivaram, 2007).

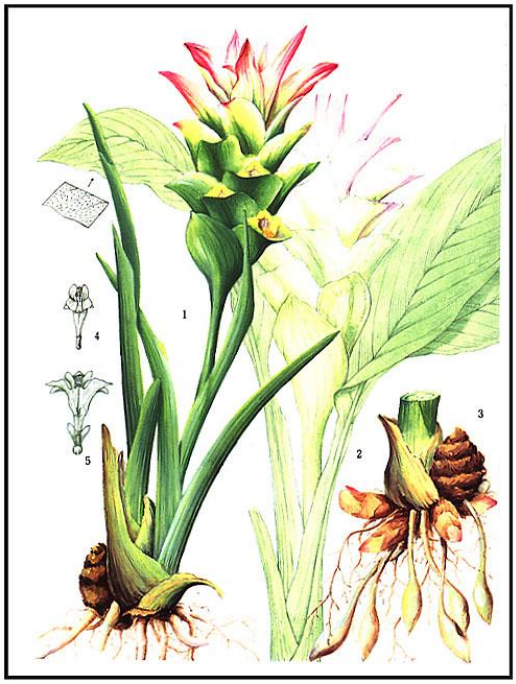
2.6.2. Descripción botánica

Es una hierba que alcanza la altura de hasta un metro, el tallo es subterráneo, y su rizoma muy ramificado del que salen numerosas raicillas, las hojas son grandes y suaves de un color verde claro típico, las hojas poseen una nervadura central del que parten oblicuamente las nervaduras laterales, característico de la familia. Sus rizomas son oblongas, ovales, piriforme, a menudo de corta ramificada y son un remedio casero en Nepal. (Eigner & Scholz, 1999)

El color del rizoma es dado por los pigmentos que aparecen como esferitas o cuerpos elipsoidales que rellenan las células y a veces por completamente, otras veces aparecen como pequeños granos largos agudos adheridos a las paredes. Es posible que su primera

utilización fuera como tinte de la piel o de telas de algodón, dando un tono amarillo aunque no permanente. (León, 2000)

Figura 4. Curcuma longa



Fuente: http://www.itmonline.org/image/tum2.jpg

2.6.3. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Subclase: Zingiberidae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Zingiberaceae

Género: **Curcuma**

Especie: ***Curcuma longa L.*** (Govindarajan, 1980)

2.6.4. Usos

Tradicionalmente la cúrcuma se utilizaba por la gente nativa de las costas del pacifico oriental fue considerada como una planta mágica dadas sus características organolépticas y sus indudables propiedades terapéuticas y protectoras, sobre todo a nivel hepático y cutáneo. Antiguamente, los farmacéuticos de Asia y Europa la usaban en virtud de la teoría de las «firmas»: como era amarilla parecía totalmente indicada para curar la ictericia y las fiebres biliares, esta teoría se ha podido comprobar mediante estudios de la fitoterapia moderna. (Mesa, Ramirez, Aguilera, Ramirez, & Gil, 2000)

Actualmente todas las investigaciones se orientan al estudio del colorante curcumina, que es un colorante purificado con una denominación E-100i, de coloración amarillo-naranja, además su extracto crudo llamado curcumina E-100ii, que se aplican en la industria alimentaria.

2.6.5. Composición química de la planta

Entre los compuestos del extracto del rizoma de la cúrcuma se encuentran principalmente: carbohidratos (4.7-8.2%), aceites esenciales (2.44%), ácidos grasos (1.7-3.3%), curcuminoides (curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina), cuyo contenido aproximado es de un 2%, aunque puede rondar entre 2.5-5.0% del peso seco, y otros polipéptidos como la turmerina (0. 1 % del extracto seco) (Ravindran, Nirmal Babu, & Sivaram, 2007).

Los elementos que caracterizan a la cúrcuma son los pigmentos amarillentos y sus aceites volátiles el principal pigmento amarillo es curcumina [1,7- bis - (4' - hidroxi-3' metoxi-fenil) hepta-1,6-dieno-3,5-diona]; otros curcuminoides son; desmetoxicurcumina y bisdesmetoxicurcumina.. Además posee un aceite esencial rico en carburos terpénicos (zingibereno, β-curcumeno y δ-curcumeno), cetonas sesquiterpénicas (tumeronas) y arabinogalactanas (ukonanas). La composición química puede variar, dependiendo principalmente de la edad de la planta, el % de humedad, el sitio de cultivo, el método de extracción de los compuestos entre otros factores. (Govindarajan, 1980)

Tabla 11. Principales compuestos de la Cúrcuma

No	Compuestos	Índice de refracción	%
1	Turmerona	819	36,9
2	α- turmerona	862	18,9
3	β- turmerona	825	13,6
4	Isomero del cilopentanilo	1100	6,1
5	Curcumeno	609	1,8
6	Bornano	960	0,9
7	Citral	660	0,3
8	Zingibereno	623	0,5
9	*cis* –farnesol	639	0,3
10	Zingiberenol	761	0,2
11	Oxido de cariofileno	692	0,01
12	Cariofileno	563	0,08

Fuente: Ríos et al., 2008

2.6.6. Otras investigaciones

Entre las principales investigaciones relacionadas a la cúrcuma se reporta su actividad antioxidante relacionada con la concentración de ácido gálico semejante al potencial que presenta el hidrotolueno butilado (BHT) aportando así al conocimiento de los beneficios de los compuestos de origen natural frente a sus análogos de origen sintético. (Alvis, 2012)

La actividad antinflamatoria también se destaca. El uso de aceite esencial de cúrcuma produce un aumento de secreción de la bilis. (Hussain & Chandrasekhara, 1992).

Se han realizado investigaciones sobre la cúrcuma en busca de potenciales efectos en enfermedades tales como cáncer, artritis, diabetes y otros desórdenes químicos. Como ejemplo de los resultados de esta investigación básica, la cúrcuma redujo en ratones la severidad de los daños en los pulmones como consecuencia de enfermedades pancreáticas. (SW, 2011)

En pruebas in vitro se ha observado que los aceites volátiles de cúrcuma a bajas concentraciones inhiben bacterias gram positivas como el *Staphylococcus aureus* tan bien como la ampicilina, la doxiciclina y la gentamicina. (Singh, Chandra, & Bose, 2002).

2.6.7. Aceite esencial de cúrcuma (*Curcuma longa*)

La obtención del aceite esencial de la cúrcuma se la realiza principalmente por hidrodestilación (HD), aunque también se la puede realizar por hidrodestilación asistida por microondas (MWHD), que según, los rendimientos de extracción con la técnica MWHD, tienen mayor rendimiento sobre HD (Rios, Germán, Giraldo, León, & Moreno, 2008).

2.6.8. Principales compuestos del aceite esencial de Cúrcuma

Los compuestos principales obtenidos se muestran en la Tabla 12:

Tabla 12.Principales compuestos del aceite esencial de Cúrcuma

TR (min)	% Abundancia	Nombre
8.196	36,942	Ar-Turmerona
8.629	18,961	Curlona (β-Turmerona)
8.250	13,657	Atlantona (α-Turmerona)
10.989	6,106	Isómeros C15 Tipo Ciclopentanil
6 .094	1,788	ar-Curcumeno
9 .603	0,870	B ornano 2-Ácido Carboxílico
6 .594	0,635	Citral
6.234	0,544	Zingibereno
6.391	0,258	Cis-Farnesol
7.617	0,200	Zingiberenol
6.927	0,098	Óxido de Cariofileno

5.632	0,085	Cariofileno
	19,856	Isómeros C10-C20

Fuente: Ríos et al., 2008

2.6.9. Propiedades físicas y biológicas

Entre las características físicas de este aceite destaca: índice de refracción a 20°C 1.48, densidad a 20°C de 0.92 y presenta solubilidad en etanol a 96°. El aceite esencial de cúrcuma se presenta en forma de líquido aceitoso transparente, de color ligeramente amarillo, que tiene el olor característico de la cúrcuma. En las pruebas de sensibilidad biológica indica que es activo ante bacterias Gram-positivas, hongos y puede actuar como agente antiparasitario. (Mesa *et al*, 2000)

CAPÍTULO 3

3. Materiales y métodos

3.1. Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en la piscícola "Rio de la Plata" ubicado en la provincia del Carchi, cantón Espejo, Parroquia Goaltal, en la comunidad "Corazón del Mundo Nuevo".

Coordenadas:

Norte: 0°43'16.70"

Oeste: 78°09'12,83"

Altitud: 1445 msnm

Figura 5. Localización de la piscícola

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Condiciones ambientales del lugar:

Temperatura ambiental media:	16 – 22 °C
Temperatura del agua media:	14 – 20 °C
Altitud (msnm):	1454 msnm
Oxígeno disuelto en agua	8 – 10 mg/L
pH del agua:	6,4
Fuente hídrica:	Rio de la Plata
Caudal media río:	2,1 m^3/s

3.2. **Establecimiento de dietas enriquecidas**

3.2.1.1.Elección de aceites esenciales

Para establecer cuáles deben ser los aceites requeridos para la presente investigación se tomó en cuenta estudios previos que denotan las propiedades físico-químicas, biológicas y de uso tradicional de plantas medicinales y sus aceites esenciales. Se propone el uso de tres aceites esenciales, en particular, Jengibre (*Zingiber officinale*), Cúrcuma (*Curcuma longa*) y Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) para ser incorporados en la dieta de alevines de trucha.

3.2.2. Elección del alimento balanceado

De igual manera para establecer el alimento balanceado se tomó en cuenta las propiedades físicas del mismo, de tal manera que permitan una buena manipulación al momento de adicionar el aceite esencial. Tomando en cuenta la granulometría, el % de humedad y la consistencia del balanceado se llegó a determinar un balanceado comercial como el más idóneo para este estudio.

3.2.3. Elección del vehículo para el aceite esencial

Adicional a la elección del balanceado se determinó al aceite de pescado como el vehículo adecuado para diluir el aceite esencial, enmascarar su sabor e incorporarlo fácilmente al alimento extruido.

3.3.Formulación de las dietas enriquecidas con aceites esenciales

3.3.1. Materiales

- Aceites esenciales
- Aceite de pescado
- Balanceado de alevines de trucha
- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Aspersor o atomizador

3.3.2. **Equipos**

- Balanza analítica
- Baño María

3.3.3. Procedimiento

Para la formulación se realizó una serie de diluciones del aceite esencial en el vehículo, para lograr obtener el 0,2% P/P, en el alimento balanceado establecido en los objetivos de la presente investigación para lo cual se procedió de la siguiente manera:

% de inclusión de aceite esencial en alimento balanceado: 0,2% P/P

$$\%\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P}} = \frac{masa\ soluto}{\text{masa de la solución}} x100$$

$$g\ soluto = 0{,}2\ \ g\ aceite\ esencial\ por\ cada\ 100\ g\ de\ alimento$$

Dilución en vehículo

Para esto se utilizó una relación 5:100, es decir que por cada 100 gramos de mezcla total existen 5 gramos de aceite de pescado (A.P). Entonces:

0,2 g A.E ---------- 4 g A.P

Para preparar la cantidad necesaria de alimento balanceado nos basamos en la relación anterior, esta relación entre vehículo / aceite esencial permite garantizar que exista una relación 0,2% P/P en la mezcla final.

3.4.Aplicación de la mezcla vehículo/aceite esencial en alimento balanceado.

Según un estudio realizado por (Rojas & Rodríguez, 2008) , la manera más eficiente de incorporar un aceite esencial en un balanceado es mediante atomización, en la cual lograron obtener una mezcla más homogénea en el alimento balanceado en comparación con la inmersión. Por lo cual se optó por utilizar esta metodología, obteniendo inicialmente una mezcla homogénea entre el vehículo, aceite de pescado y el aceite esencial de la planta como se muestra en la figura 5.

Una vez obtenida la mezcla, se procede a incorporar al alimento balanceado con ayuda de un atomizador, procurando esparcir la mezcla en todo el alimento, posteriormente se realiza un mezclado manual durante 10 minutos, para homogenizar la mezcla final.

Finalmente se obtiene el alimento balanceado adicionado con aceites esenciales de plantas medicinales, se lo guarda en frascos de plástico cerrados y se los almacena en un lugar fresco, seco y libre de luz, para evitar su deterioro y fotodegradación.

3.5.Tratamientos

En este estudio se obtuvo un total de 4 tratamientos, los cuales corresponden a las dietas enriquecidas con los tres aceites esenciales Jengibre (*Zingiber officinale*), Cúrcuma (*Curcuma longa*) y Hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) más un testigo solo con la inclusión del vehículo (Aceite de pescado). Además se utilizó dos tipos diferentes de granulometría de alimento balanceado de alevines, según sus necesidades alimenticias, en las semanas 1 a la 4 granulometría #3 y de la semana 5 a la 8 granulometría #4. La Tabla 13 presenta un resumen de los tratamientos utilizados.

Tabla 13. Composición de los tratamientos utilizados

Tratamiento	Vehículo (Aceite de pescado)	Inclusión aceite esencial	% de inclusión de aceite esencial	Granulometría del alimento balanceado
Testigo	Sí	NO	-	#3 y #4
Tratamiento 1	Sí	Aceite esencial de cúrcuma	0,2 %	#3 y #4
Tratamiento 2	Sí	Aceite esencial de hierba luisa	0,2 %	#3 y #4
Tratamiento 3	Sí	Aceite esencial de jengibre	0,2 %	#3 y #4

Autores: Rios y Ubidia, 2014

El alimento balanceado presenta la siguiente información nutricional en su etiqueta:

Tabla 14. Información nutricional del balanceado

Balanceado de alevines 50 %		
Análisis proximal calculado		
Proteína mínimo	50 %	Humedad Max 12 %
Grasa mínimo	10 %	
Ceniza mínimo	12 %	
Fibra mínimo	1 %	

Fuente: BIOMIX, 2013

Además presenta la fórmula cuantitativa de la siguiente manera:

Tabla 15. Fórmula cuantitativa del balanceado

FÓRMULA CUANTITATIVA Balanceado de alevines 50 %			
Producto	**Nivel de inclusión**	**Producto**	**Nivel de inclusión**
Harinas marinas	75 %	Iodo	500 mg/Ton
Pasta de soya	5 %	Cobalto	100 mg/Ton
Arroz	5 %	Vit. A	5,000,000 UI/Ton
Maíz	4 %	Vit. D3	2,500,000 UI/Ton
Subproductos de industria harinera	1 %	Vit. E	100,000 mg/Ton
Aceite de pescado	5 %	Vit. K3	10,000 mg/Ton
Aceite vegetal	1 %	Vit. B1	20,000 mg/Ton
Levadura	3 %	Vit. B2	20,000 mg/Ton
Antimicótico (Ac. Propionico)	0,00 %	Vit. B6	15,000 mg/Ton
Antioxidantes (BHT-Etoxiq)	0,00 %	Ácido pantotenico	50,000 mg/Ton
Hierro	50,00 mg/Ton	Ácido Nicotinico	100,000 mg/Ton
Cobalto	100 mg/Ton	Biotina	1,000 mg/Ton
Cobre	5,000 mg/Ton	Ácido fólico	6,000 mg/Ton
Zinc	50,000 mg/Ton	Colina	150,000 mg/Ton
Manganeso	15,000 mg/Ton	Vit. C	100,000 mg/Ton
Pigmentos carotenos	60 mg/Ton	Inositol	100,000 mg/Ton
Selenio	100 mg/Ton	Vit. B12	30 mg/Ton

Fuente: Biomix, 2013

Todos los alimentos balanceados utilizados en el estudio presentan la misma composición nutricional variando únicamente el tamaño de partícula en función del estadio de crecimiento de los peces, tanto para la granulometría #3 y #4.

Las dietas se dosificaron en base a la tabla sugerida por (Biomix, 2013), con una periodicidad de seis veces diarias, la tabla toma en consideración la biomasa total y el grado de conversión de los alevines.

3.6.Diseño experimental

El diseño utilizado es totalmente al azar y se realizó una sola repetición para cada tratamiento, con la obtención de datos semanales durante 8 semanas de 8 individuos tomados al azar para calcular el promedio en variable de longitud, y de 10 individuos con 5 repeticiones para calcular el promedio en variable de peso.

Tabla 16. Modelo del diseño experimental

Variable	Individuos
Longitud	8
Pesos	10 * 5 repeticiones = 50

Autores: Rios y Ubidia, 2014

3.6.1. Características de la unidad experimental

Población:	9348 alevines
Número de piscinas	Cuatro
Animales por piscina	2337
Edad de los alevines	4 semanas
Volumen de la piscina	4 m^3

Se dispuso de cuatro tratamientos (uno por piscina), durante un periodo de 8 semanas, tiempo en el cual las truchas alcanzan la etapa de juvenil y su alimentación cambia a una granulometría más grande de 2,5 mm.

3.6.1.1.Cálculo del tamaño de muestra

$$\boldsymbol{n = \frac{Z^2\sigma^2 N}{e^2(N-1) + Z^2\sigma^2}}$$

Nivel de confianza: 95%

n= 2337

N total= 2337 x 4 = 9348

e= 6%

σ = 0,5

Z= 1,95

$$\boldsymbol{n = \frac{Z^2\sigma^2 N}{e^2(N-1) + Z^2\sigma^2}}$$

n = 259 / 4 tratamientos = 64 individuos

n= 64 / 8 semanas

n= 8 individuos semanales por piscina

3.7.Parámetros de evaluación abióticos

3.7.1. Materiales

- Termómetro de mercurio
- Cintas de control semi-cuantitativo para acuarios

3.7.2. Procedimiento

Los parámetros fueron medidos *in situ* y registrados en el cuaderno de campo para su evaluación.

3.7.2.1.Temperatura

Se realizó el seguimiento diario de la temperatura del agua, con ayuda de un termómetro de mercurio, los datos obtenidos fueron utilizados para establecer las dietas a suministrar semanalmente.

3.7.2.2.pH

La lectura del pH en el agua se realizó con un kit de análisis semi-cuantitativo, se lo hizo semanalmente.

3.7.2.3.Nitritos

La lectura de la concentración de nitritos se realizó con un kit de análisis semi-cuantitativo, se lo hizo semanalmente.

3.7.2.4.Nitratos

La lectura de la concentración de nitratos se realizó con un kit de análisis semi-cuantitativo, se lo hizo semanalmente.

3.7.2.5.Dureza

La lectura de la dureza total del agua se realizó con un kit de análisis semi-cuantitativo, se lo hizo semanalmente.

3.8.Parámetros de evaluación microbiológicos

Se evaluaron las concentraciones de Aerobios totales y de Coliformes en el agua de la piscícola para conocer la calidad del agua como un parámetro de control microbiológico.

3.8.1. Materiales

- Placas petrifilm para Aerobios
- Placas petrifilm para Coliformes
- Pipetas estériles
- Micropipetas
- Puntas estériles
- Frascos estériles
- Cooler con hielo

3.8.2. Equipos

- Cámara de flujo
- Incubadora

3.8.3. Procedimiento

Las muestras de agua se tomaron en el lugar donde se desarrolló la investigación, en frascos estériles tanto para la entrada como a la salida de las piscinas y se los puso en un cooler con hielo para su transporte a los laboratorios del CIVABI, en la Universidad Politécnica Salesiana, controlando que la temperatura no sea mayor a los 5°C, para evitar el crecimiento microbiano. Las muestras se sembraron en la cámara de flujo con ayuda de pipetas estériles de 1 ml, esto se realizó por triplicado en placas petrifilm, que son de análisis rápido, se dejó en la incubadora a 36 ±2°C durante 24 y 48 horas después de la siembra. Se realizaron dos controles durante las ocho semanas, tanto a la

entrada como a la salida de agua de las piscinas de experimentación. La lectura se realizó a las 24 y 48 horas de incubación.

3.9.Descripción de los parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento fueron evaluados semanalmente, para evitar variaciones por la alimentación en el peso, el día de control los alevines no fueron alimentados.

3.9.1. Materiales

- Balanza de precisión de 1 g de sensibilidad
- Regleta de 1 mm de precisión
- Vaso de vidrio

3.9.2. Procedimiento

Se tomaron muestras al azar del total de la población tanto para la longitud y peso, para la longitud se tomó 8 individuos midiéndolos y registrando su medida para obtener la longitud promedio en cada tratamiento, para el peso, se tomaron 10 individuos y se hicieron 5 repeticiones para obtener un peso uniforme y calcular su promedio.

3.9.3. Peso

La unidad de medida para esta variable fue el gramo (g), para lo cual se utilizó una balanza de precisión, con sensibilidad de 1 g.

3.9.4. Longitud

Se midió los alevines en (cm), con ayuda de una regleta de 30 cm y precisión de 0,1 cm.

3.9.5. Mortalidad

La mortalidad representa la relación entre el número de animales muertos con el número de animales totales. El conteo de los animales totales se realizó al final de los tratamientos.

Para la mortalidad se utilizó la fórmula:

$$Mortalidad = \frac{Poblacion\ inicial - Población\ final}{Poblacion\ inicial}\ x\ 100$$

3.9.6. Relación longitud-peso

Para realizar una relación longitud-peso, se realiza una regresión potencial con los datos obtenidos durante las 8 semanas de experimentación.

3.10. Análisis estadístico

3.10.1. Análisis de varianza de un factor (ANOVA)

Este análisis estadístico nos permite comparar varios grupos de una variable cuantitativa con lo que se puede concluir si los sujetos sometidos a distintos programas difieren a la medida de rendimiento utilizada. Aplicando éste estadístico con una significancia de ($p < 0,05$), permitió diferenciar que tratamiento en las dietas enriquecidas con aceites esenciales causa un efecto en el crecimiento de alevines de trucha.

3.10.2. **Prueba de homogeneidad de Levene**

Este análisis estadístico nos permite contrastar la hipótesis de que las varianzas poblacionales dentro y entre los tratamientos realizados son homogéneas, determinando si se utiliza una prueba paramétrica (ANOVA) o no paramétrica (Kruskal-Wallis)

3.10.3. Prueba de correlación de Pearson.

La correlación de Pearson arroja un coeficiente que evalúa la relación existente entre dos variables aleatorias cuantitativas; la uniformidad en el crecimiento de peces se refleja principalmente en la relación potencial entre la longitud y el peso que estos tienen, puesto que a medida que estos crecen aumentan de peso y es un indicativo de un buen desarrollo morfológico.

3.10.4. Prueba de Kruskal-Wallis

Es un método no paramétrico que nos permite probar si uno de los tratamientos es diferente, sin necesidad de que exista homogeneidad de varianzas, se establece un nivel de significancia de ($p < 0,05$).

3.10.5. Test de comparación de la mínima diferencia significativa LSD

Es un test *post hoc*, el cual se realiza luego de un análisis de varianza; al demostrar que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, permite identificar cuáles son los pares de medias diferentes, calculando un valor mínimo necesario para considerar diferentes dos o más tratamientos.

CAPÍTULO 4

4. Resultados y Discusión

4.1. **Parámetros abióticos**

Las condiciones ambientales se mantuvieron constantes durante las ocho semanas de la experimentación, conforme a los requerimientos de la especie en sistemas de cultivo intensivo. Todas las mediciones se las hizo *in situ*, con ayuda de un termómetro de mercurio y cintas semi-cuantitativas para análisis de calidad de agua que generalmente se utiliza en acuarios (Aquarium test strips).

4.1.1. Temperatura

Los parámetros en los que se desarrolló la investigación tuvieron una medida promedio de 15.5° C ±0.5, con una temperatura mínima de 15 °C y una máxima de 16 °C, como se muestra en el Anexo 3, Figura 10. Las mediciones fueron diarias desde 29 de Noviembre del 2013 al 18 de Enero del 2014.

La temperatura media del agua se mantuvo en 15,5 °C, temperatura en la cual la trucha se desarrolla con total normalidad. Esto causa que el metabolismo se acelere, y el grado de conversión aumente. (Blanco, 1995).

4.1.2. pH

El parámetro está medido con un kit de tiras colorimétricas semi-cuantitativas, los registros fueron llevados semanalmente durante las ocho semanas de investigación en las cuales se determina un valor medio de 6,6, como se muestra en la Tabla 17.

El pH es uno de los factores que actúan positivamente en el cultivo intensivo de truchas, con un flujo de agua con un valor de pH básico, podría tratarse de excesos amoniacales o insuficiente recambio hídrico; esto último también puede hacer que el pH baje de seis. (Woynarovich, Hoitsy, & Moth-Poulsen, 2011)

Tabla 17. Medición pH de agua en las 8 semanas

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	6,7	6,6	6,5	6,5	6,7	6,5	6,6	6,6

Autores: Rios y Ubidia, 2014

4.1.3. Concentración de Nitritos

Este parámetro igualmente fue medido con el kit de tiras colorimétricas semi-cuantitativo, los resultados fueron contantes durante las ocho semanas de experimentación reportando un valor de entre 0 y 0,5 ppm.

La concentración de nitritos en el agua en sistemas de producción intensivos se considera importante, puesto que los nitritos son producto de la oxidación del amonio. Con el resultado obtenido se determina que el rango es aceptable para la crianza de alevines de trucha. (APHA, 1992)

4.1.4. Concentración de Nitratos

Este parámetro igualmente fue medido con el kit de tiras colorimétricas semi-cuantitativo, los resultados fueron contantes durante las ocho semanas de experimentación reportando un valor de 0 y 10 ppm.

Aunque menos tóxicos que los nitritos, son importantes en sistemas de cultivo intensivo de peces, los valores reportados se encuentran bajo los parámetros de calidad de agua. (APHA, 1992)

4.1.5. Dureza del agua

Este parámetro igualmente fue medido con el kit de tiras colorimétricas semi-cuantitativo, se expresa en grados de dureza alemán, multiplicándose por un factor de 17,8 para obtener en ppm de CaCO3. Los valores de dureza obtenidos durante las ocho semanas de control fueron constantes, con un valor de 3 GH, y haciendo la conversión a ppm corresponde a 53.4 mg/l $CaCO_3$.

Sin embargo no se reporta como un parámetro de calidad importante en la crianza de truchas, se considera como optimo un rango de 5 a 200 mg/l. (FAO, 2002)

4.2.Parámetros de evaluación microbiológica

Los datos obtenidos al realizar la siembra de la muestra de agua obtenidas en las piscinas de cultivo de alevines de trucha tanto a la entrada y salida se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Evaluación microbiológica del agua

Microorganismo	UFC en la entrada	UFC a la salida
Aerobios totales	51 ufc	26 ufc
Coliformes	31 ufc	11 ufc

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Analizando los resultados del monitoreo microbiológico, se evidencia que las UFC tanto de aerobios totales como de coliformes son bajas, basados en la legislación ambiental vigente en el Ecuador (Tulas, 2011). La norma de calidad ambiental y de descarga de efluente manifiesta que para los criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios, el límite permisible para descargas en aguas dulces es de 200 ufc/100 ml.

4.3.Parámetros de crecimiento

4.3.1. Longitud

Los datos de longitud promedio a la semana uno y ocho para cada tratamiento se muestran en la Tabla 19:

Tabla 19. Resultados de las longitudes en cada tratamiento

Tratamiento	Inicio tratamiento (cm) Semana 1	Final de tratamiento (cm) Semana 8
T1 (testigo)	4,53 ± 0,06	10,25 ± 0,47
T2 (Cúrcuma)	4,55 ± 0,12	10,76 ± 0,30
T3 (Hierba Luisa)	4,58 ± 0,09	10,80 ± 0,31
T4 (Jengibre)	4,56 ± 0,13	10,75 ± 0,26

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Los resultados obtenidos semanalmente con la variable longitud se someten a una test de homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene). Se aplica un ANOVA de una vía con el programa estadístico PAST, con lo que se puede establecer si los tratamientos presentan una diferencia significativa ($p < 0,05$). En el Anexo 4, se detalla los datos obtenidos correspondientes a cada semana.

Tabla 20. Resultados de los tratamientos en cada semana en longitud

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Tratamiento 1								
Tratamiento 2					X			
Tratamiento 3				X	X	X	X	X
Tratamiento 4							X	

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Donde se encuentra X, representa que existe diferencia significativa entre tratamientos

La tabla 21 muestra los resultados obtenidos del ANOVA a las ocho semanas de investigación

Tabla 21. Resultados Anova Longitud

Análisis de Varianza de la longitud a la semana 8					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p<0,05
Entre grupos	1,63844	3	0,546146	3,297	0,03488 (bilateral) 0,01744 (unilateral)

Dentro de grupos	4,63875	28	0,16567		
Total	6,27719	31			

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Según los resultados arrojados por el ANOVA de un factor, si existe diferencia significativa entre tratamientos (p= 0,01744). Por lo que la incorporación de aceites esenciales en una inclusión de 0,2% p/p, representa una mejora de la variable longitud en los tratamientos. Realizando una prueba de contraste de la mínima diferencia significativa (LSD) se identifica que la inclusión de aceites esenciales en dietas de alevines de trucha en los tratamientos T2, T3 y T4 tienen medias similares, en comparación con T1 con una media inferior calculada con el valor critico de comparación de esta prueba, como se muestra en la Tabla 22:

Tabla 22. Prueba de contraste de la mínima diferencia significativa LSD

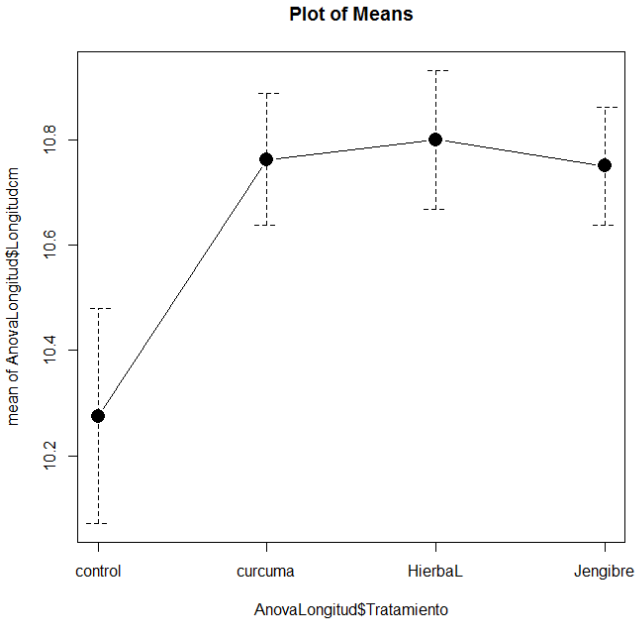
Test de comparación LSD		
Tratamiento	**Media**	**Homogéneo**
T3 (Hierba Luisa)	10,800	A
T2 (Cúrcuma)	10,763	A
T4 (Jengibre)	10,750	A
T1 (Control)	10,250	B

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Alfa: 0,05

Valor critico de comparación: 0,4169

Figura 6.Longitud promedio de tratamientos a la semana 8



Autores: Rios y Ubidia, 2014

4.3.2. Ganancia de peso

Con los datos obtenidos de peso se puede determinar cuál es el rendimiento de ganancia de peso en cada uno de los tratamientos y analizar de qué manera las dietas enriquecidas con aceites esenciales influyen en la crianza de alevines de trucha. La Tabla 23 muestra la ganancia de peso y el porcentaje de cada una de las dietas.

Tabla 23. Ganancia de peso de los tratamientos con aceites esenciales a la semana 8

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia relativa
(T1) Testigo	1,48	12,22	725,68
(T2) Cúrcuma	1,50	13,20	780
(T3) Hierba Luisa	1,48	12,72	759,46
(T4) Jengibre	1,50	12,96	764

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Los valores de ganancia se obtienen aplicando la fórmula:

$$Ganancia\ de\ peso\ relativa = \frac{Peso\ final - Peso\ inicial}{Peso\ inicial} x\ 100$$

De esta manera se evidencia que las dietas con inclusión de aceites esenciales mejoran la ganancia de peso frente al control, por lo que resultan beneficiosos para mejorar el rendimiento en la producción intensiva.

4.3.3. Peso.

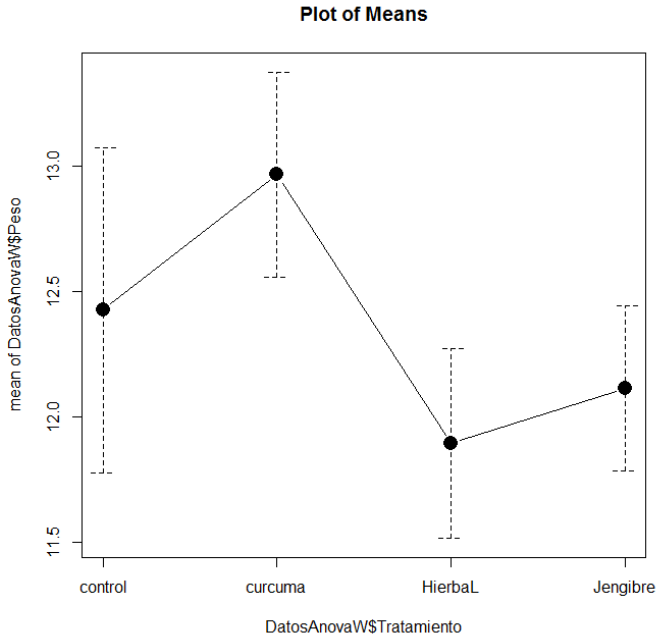
Los datos de peso promedio se muestran en la Tabla 24:

Tabla 24. Resultados de peso promedio en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Inicio tratamiento (g)	Final de tratamiento (g)
T1 (testigo)	1,48 ± 0,05	12,22 ± 1,48
T2 (Cúrcuma)	1,50 ± 0,09	13,20 ± 1.08
T3 (Hierba Luisa)	1,48 ± 0,07	12,72 ± 1.11
T4 (Jengibre)	1,5 ± 0,10	12,96 ± 0,95

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Figura 7. Peso promedio de tratamientos a la semana ocho



Autores: Rios y Ubidia, 2014

Tabla 25. Resultados del ANOVA a las ocho semanas de investigación

Análisis de Varianza					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p<0,05
Entre grupos	2,6295	3	0,8765	1,118	0,3712
Dentro de grupos	12,548	16	0,78425		
Total	15,1755	19			

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Según los resultados arrojados por el ANOVA de un factor, no existe diferencia significativa de peso entre tratamientos (p= 0,3712). Por lo que la incorporación de aceites esenciales en una inclusión de 0,2% p/p, no representa una mejora estadística de la variable peso en los tratamientos.

4.3.4. Mortalidad

Para la mortalidad se obtuvieron datos porcentuales para cada tratamiento que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 26. Resultado de mortalidad en cada tratamiento

Tratamiento	(T1) Testigo	(T2) Cúrcuma	(T3) Hierba luisa	(T4) Jengibre
Total alevines inicio	2337	2337	2337	2337
Total alevines final	2302	2322	2320	2307
% Mortalidad	1,50	0,64	0,73	1,28

Autores: Rios y Ubidia, 2014

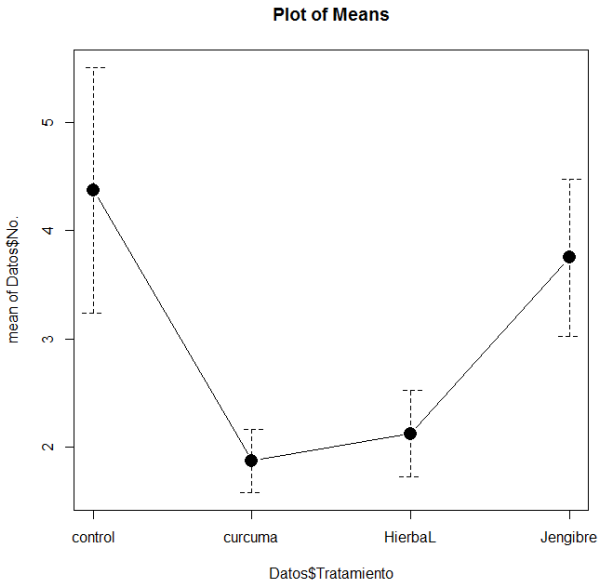
Realizando una prueba de Kruskal-Wallis se determina el valor de p de manera unilateral p = 0,03118. Con este resultado se determina que si existe diferencia significativa (p < 0,05) entre los tratamientos y el control como se muestra en la siguiente ilustración.

Tabla 27. Prueba de Kruskal-Wallis para mortalidad en los tratamientos

		Probabilidad p<0,05
Estadístico deKruskal-Wallis	7.3203	
Grados de libertad	3	
Valor de p, usando aproximación de chi-cuadrado		0.06236 (bilateral) 0,03118 (unilateral)

Autores: Rios y Ubidia, 2014

Figura 8 . Comparación de mortalidades a las 8 semanas en los tratamientos



Autores: Rios y Ubidia, 2014

De esta manera se determina que el control (T1) y (T4) aceite esencial de jengibre tienen un porcentaje de mortalidad más alto en relación a los aceites esenciales de cúrcuma (T2) y hierba luisa (T3).

4.3.5. Relación Longitud-Peso

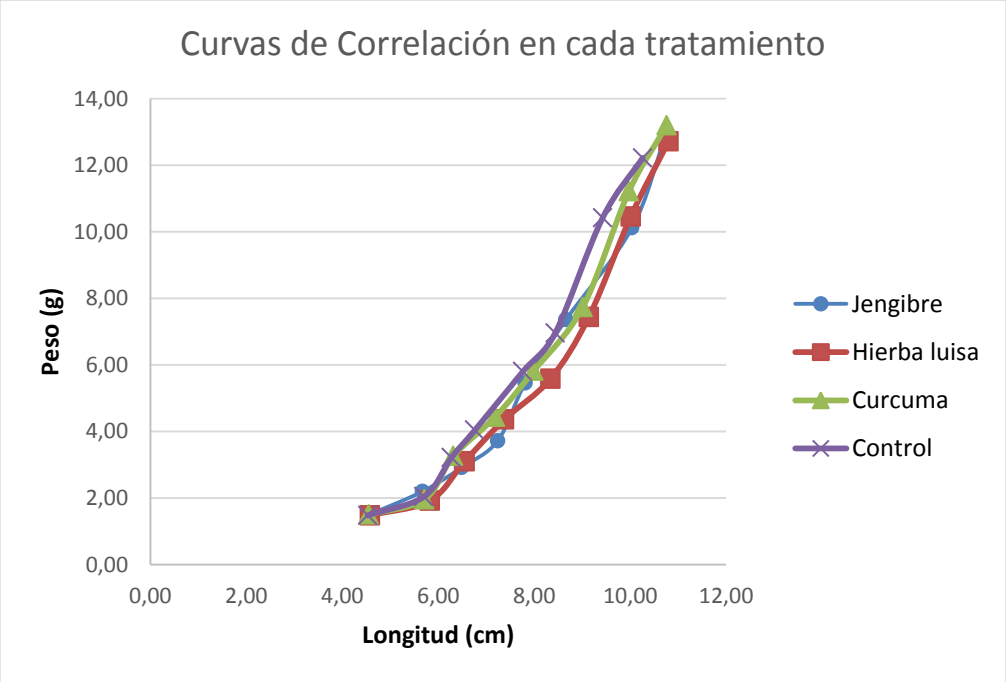
Obtenidos los resultados semanales tanto para la variable longitud y peso, se realiza una prueba de correlación de Pearson, para conocer qué relación puede existir entre estas variables. Se obtienen las curvas de correlación para los tratamientos y el testigo para identificar cuál presenta la mejor asociación.

Tabla 28. Evaluación longitud-peso en 8 semanas entre tratamientos

T 1 (Control)		T2 (Cúrcuma)		T3 (Hierba luisa)		|T4 (Jengibre)	
Longitud (cm)	Peso (g)	Longitud (cm)	Peso (g)	Longitud (cm)	Peso (g)	Longitud (cm)	Peso (g)
4,53	1,48	4,55	1,5	4,58	1,48	4,56	1,50
5,70	2,04	5,71	1,95	5,83	2,20	5,68	2,20
6,28	3,22	6,31	3,26	6,55	3,10	6,49	2,92
6,76	4,04	7,19	4,44	7,38	4,36	7,24	3,72
7,76	5,8	7,99	5,82	8,43	5,58	7,81	5,46
8,44	6,96	9,01	7,74	9,14	7,44	8,66	7,36
9,43	10,42	9,98	11,22	10,01	10,46	10,04	10,12
10,26	12,22	10,76	13,2	10,80	12,72	10,75	12,96

Autores: Rios & Ubidia, 2014

Figura 9. Correlación de Pearson entre longitud-peso en los tratamientos



Autores: Rios & Ubidia, 2014

Tabla 29. Valores de b y R^2 en relación longitud-peso

Tratamiento	Valor de b	R^2
T1 (Control)	2,731	0,9857
T2 (Cúrcuma)	2,6543	0,9846
T3 (Hierba luisa)	2,6286	0,9791
T4 (Jengibre)	2,5979	0,9834

Autores: Rios & Ubidia, 2014

Analizando el estadístico de R^2, se determina que todos los tratamientos y el testigo presentan una asociación positiva (+), R^2 cercano a 1 y con un valor calculado de ($p < 0,05$); se evidencia que existe correlación entre longitud y peso, por tanto la longitud es un buen predictor del peso de los alevines de trucha.

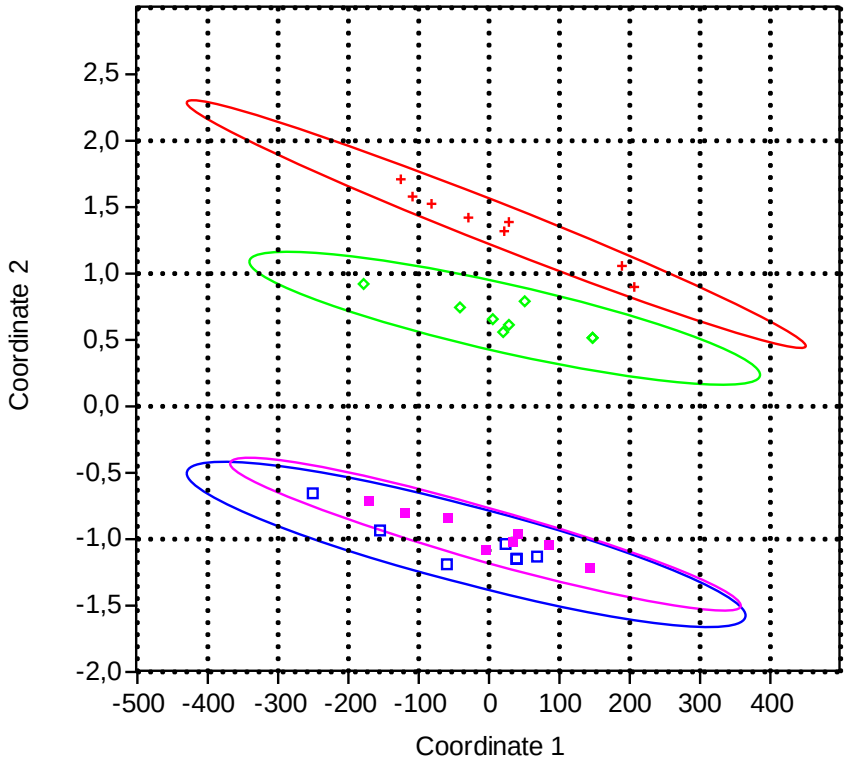
Análisis de la relación longitud-peso según el valor de b en la ecuación:

$$W= aL^b$$

Los valores obtenidos en b son menores que tres ($b < 3$), por lo que según (Froese, 2006) los individuos analizados incrementan preferencialmente su longitud relativa más que su peso. Sin embargo se considera un crecimiento isométrico para valores de b comprendidos entre 2,5 y 3,5.

4.3.6. Análisis multivariado de coordinadas principales

Figura 10. Coordinadas principales



Autores: Rios & Ubidia, 2014

El análisis de coordenadas principales nos permite identificar a los tratamientos en base a sus similitudes, en este caso se puede observar que el comportamiento de las dietas con aceites esenciales de Hierba luisa (T3 rosado) y Cúrcuma (T2 azul) tienen un desempeño similar en las variables analizadas peso, longitud y mortalidad, a diferencia de las dietas Control (T1 rojo) y Jengibre (T4 verde).

CONCLUSIONES

Al evaluar los parámetros abióticos del agua, se determina que estos son constantes, por lo tanto ninguno de estos afecta el normal desarrollo de los alevines de trucha durante el tiempo de experimentación.

En base a los resultados obtenidos la concentración tanto de aerobios como de coliformes se encuentran dentro de los límites permisibles para la crianza de truchas determinando que no incide en su normal desarrollo.

Comparando estadísticamente los datos obtenidos en la variable longitud se concluye que existe una diferencia significativa ($p = 0,01744$) entre los tratamientos, y al realizar un test de comparación LSD se determina que las dietas con inclusión de aceites esenciales de Hierba luisa (T3), Cúrcuma (T2) y Jengibre (T4) son diferentes en comparación al control (T1). Por lo que la inclusión de aceites esenciales si representa una mejora en la crianza de alevines de trucha.

Al realizar un análisis de ganancia de peso en los tratamientos se concluye que no existe diferencia significativa ($p = 0.3712$) entre ellos, sin embargo la desviación estándar del control es mayor al de los tratamientos, por lo que la inclusión de los aceites esenciales tiende a homogenizar su desarrollo.

Contrastando estadísticamente la variable peso se determina que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que la incorporación de aceites esenciales en dietas de alevines de trucha no representa una mejora en este parámetro para la crianza de esta especie.

De acuerdo con la prueba estadística de Kruskal-Wallis se observa que el porcentaje de mortalidad tanto en el control (T1) como el aceite esencial de jengibre (T4), son mayores respecto a (T2) Cúrcuma y (T3) Hierba luisa, con una significancia unilateral de ($p = 0,03118$). Por lo que se evidencia que la inclusión de los aceites esenciales de Cúrcuma y Hierba luisa ayudan en el control de la mortalidad.

En el parámetro relación peso-longitud se demuestra estadísticamente, que si existe una correlación positiva (+) entre las dos variables, y además el valor de b de los aceites esenciales no altera el crecimiento isométrico de los alevines de trucha.

Al relacionar las tres variables del estudio podemos concluir que el desempeño de las dietas enriquecidas con aceites esenciales de cúrcuma (T2) y hierba luisa (T3) es similar entre sí pero difiere con los tratamientos de aceites de jengibre (T4) y el control (T1) como se evidencia en los resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES

Es recomendable establecer un método estándar para la inclusión de aceites esenciales en alimentos balanceados, con la finalidad de garantizar la homogeneidad de la mezcla final.

Realizar un mayor número de repeticiones para consolidar los datos obtenidos evitando la generación de valores atípicos, que podrían afectar el análisis estadístico posterior.

En futuras investigaciones se recomienda trabajar con diferentes porcentajes de inclusión de aceite esencial, con el fin de determinar una concentración óptima y encontrar un límite de formulación.

Es también importante el experimentar la incorporación de aceites esenciales en alimentos balanceados en las diferentes etapas (juveniles, engorde y reproductiva) de la trucha.

Para un mejor análisis de datos sería importante el desarrollar la fase de experimentación durante un periodo más prolongado de tiempo. Así mismo de realizar el seguimiento en las otras etapas de desarrollo de la trucha.

Se recomienda realizar un estudio de la capacidad inmunológica del uso de los aceites esenciales que favorecieron una menor mortalidad y conocer el efecto fisiológico de los aceites en la prevención y tratamiento de patologías comunes en la trucha.

LISTA DE REFERENCIAS

Acosta, M. (1995). *Vademécum de Plantas Medicinales del Ecuador.* Quito: Ediciones Abya –Yala.

Acurero, M. (1999). Uso de la grasa en la alimentación animal. *FONAIAP Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Zulia*(64), 302-355.

Alvarado, A. (1998). Jengibre. Raíces y Tubérculos. *Sistema de Información de Mercados. Consejo Nacional de Producción*, 2-7.

Alvis, A. A. (2012). Evaluacion de la Actividad y el Potencial Antioxidante de Extractos Hidro-Alcohólicos de Cúrcuma. *Informacion tecnologica*, 11-18.

APHA. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.* Madrid: Ediciones Días de Santos.

Bernabé, G. (1991). *Acuicultura Vol. 1.* Barcelona: Omega.

Biomix. (2013). Alimento balanceado.

Blanco, C. (1995). *La Trucha: Cria Industrial.* Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Bruneton, J. (2001). Farmacognosia. Fitoquimica. Plantas Medicinales. En *Farmacognosia. Fitoquimica. Plantas Medicinales.* Zaragoza: Acribia S.A.

Camacho, E., Moreno, M., Rodriguez, M., Luna, C., & Vázquez, M. (2000). *Guia para el cultivo de Trucha.* México: SEMARNAP.

Cmolik, J., & Pokorny, J. (2000). Physical refining of edible oils. *Eur J Lipid Scien Technol*, 472-485.

Coronel A., e. a. (2006). Chemical composition, seasonal variation and new alcohol from essential oil of Lippia integrifolia. *FLav and Frag*, 839:847.

Del Valle, A. E., & Nuñez, P. (1990). *Los peces de la provincia del Neuquén.* Buenos Aires: Hemisferio Sur.

Drummond, S. (1988). *Cría de la Trucha.* Zaragoza: Acriba.

Ecuador, M. d. (2011). *Tulas.* Quito: Ministerio del Ambiente.

Eigner, D., & Scholz, D. (1999). Ferula asa-foetida and Curcuma longa in traditional medical treatment and diet in Nepal. *Journal Ethnopharmacol*(67), 1-6.

FAO. (2002). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura.* Roma: FAO.

FAO. (2002). *Programa de información de especies acuáticas Oncorhynchus mykiss.* Departamento de Pesca y Acuicultura.

FAO. (2012). *The State of World Fisheries and Aquaculture.* Roma: FAO Fisheries and Aquaculture Department.

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* , 241-253.

Fulder, S. (1998). *El Libro Del Jengibre.* España: Matines Roca.

Galecio, F. R., Vergara, V. R., & Zegarra, O. M. (2004). Evaluación de aqua-mos en alimento balanceado para alevines de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) y su efecto en el comportamiento productivo. *Anales científicos UNALM, 68*.

Gerber, M. (2009). Background review paper on total fat, fatty acid intake and cancers. *Ann Nutr Metab*(55), 140-161.

Govindarajan, V. (1980). Tumeric Chemistry. *Food scince and nutrition, 5*(12), 199 - 301.

Guerra, M. R. (2004). Actividad antimicrobiana del aceite esencial y crema de Cymbopogon citratus. *Cubana Plant Med*, 0-0.

Hussain, M., & Chandrasekhara, N. (1992). Effects of curcumin of cholesterol gall-stone induction in mice. *Indian J Med Res*(96), 288-291.

Imaki, A. (2003). *Introduccion a la crianza de trucha arco iris.* La Paz: Centro de desarrollo pesquero.

Jiménez, R., De Barnol, L., & Marlene, M. (2010). *Enfermedades en los cultivos de truchas en el Ecuador.* Quito: Subsecretaría de Acuacultura.

Klontz, G. (1991). *A Manual for Rainbow Trout Production on the Family-owned Farm.* Idaho: Thomas Nelson & Sons.

Kuklinsk, C. (2000). *Farmacognosia. Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural.* España: Omega S.A.

Lattuca. M., B. E. (2008). Reproduction of landlocked Aplochiton zebra Jenyns. *Ecology of Freshwater Fish*, 394-405.

Leon, A., & Robles, A. (2009). *Prefactibilidad Planta Extractora de Aceites Esenciales.* Ibarra-Ecuador.

León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales.* San José: IICA.

Lovell, T. (2002). *Diet and fish husbrandy.*

Madigan M, M. J. (2003). *Brock: Biología de los microorganismos.* Préntice Hall: Pearson.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V., & Clark, D. P. (2009). *Brock Biología de los microorganismos.* Madrid: Pearson educación.

Marin, R. (2003). *Fisicoquímca y microbiología de los medios acuáticos Tratamiento y contro de la calidad del Agua.* Madrid: Ediciones Días de Santos, S.A.

McCallum, H. (2000). Population Parameters: Estimation for Ecological Models. *Blackwell Science* , 348.

Mendoza D, T. M. (2010). Composición química y actividad acaricida del aceite de Cymbopongon citratus Stapf contra el acaro Dermatophagoides farinae. *Biosalud*, 21-31.

Mesa, M., Ramirez, M., Aguilera, C., Ramirez, A., & Gil, A. (2000). Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de Curcuma longa L. y de los cucuminoides. *Ars Pharmaceutica, 3*(41), 307-321.

Nelson, J. (1994). *Fishes of the world.* New York: Jonh Wiley and Sons.

Neves, I., de Oliveira, J., & Da Camara, C. y. (2008). Chemical composition of the leaf oils of Lippia gracilis. *Essent Oil Res.*, 157-160.

Pellecuer JM, e. a. (1980). Test on the use of the Essential ils of Mediterranean Aromatics Plants in Conservative Odontology. *Plan Med Phytoter*, 83-98.

Pérez de Alejo, J. L. (1996). Acción estimulante en extracto fluido del Zingiber officinale Rosc. (jengibre). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 0-0.

Prescot, Harley, & Klein. (2009). *Microbiología* (7 ed.). Madrid: Mc Graw Hill.

Ravindran, P., Nirmal Babu, K., & Sivaram, K. (2007). *Tumeric, The genus Curcuma.* Florida: Taylor & Francis.

Rios, V., Germán, A., Giraldo, G., León, D., & Moreno, A. (2008). Estudio del perfil de compuestos volátiles de los rizomas de Curcuma longa, cultivada en el departamento de Quindio-Colombia. *Investigación de la Universidad de Quindio, 18*, 32-37.

Rojas, H., & Rodríguez, A. (2008). Elsboración de un alimento balanceado para pollitas con aceite esencial de orégano. *Tesis de pregrado*. Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle.

Rojas, J. R. (2012). Efecto anti-Trypanosoma cruzi del aceite esencial de Cymbopogon citratus (DC) Stapf (hierba luisa) en ratones Balb/c. . *Anales de la Fcaultad de Medicina*, 7-12.

Scott, M. (2000). *Beneficios del uso de aceite de pescado en la dieta humana.* México: Trillians.

Shiva, C. B. (2012). Evaluacion del aceite de oregano (Origanum vulgare) y extracto deshidratado de jengibre (Zingiber officinale) como potenciales promotores de crecimiento en pollos de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 160-170.

Singh, R., Chandra, R., & Bose, M. (2002). Antibacterial activity of Curcuma longa rhizome extract on pathogenic bacteria. *Current Science 2002, 6*(83), 737-740.

Soto, R., Vega, L., & Tamajon, A. (2002). nstructivo técnico del cultivo de Cymbopogon citratus (D.C) Stapf (caña santa). *Rev Cubana Plant Med*, 0-0.

Stevenson, J. (1985). *Manual de cría de trucha.* Zaragoza: Acriba.

SW, S. (2011). Protective effects of Curcuma longa against cerulein-induced acute pancreatitis and pancreatitis-associated lung injury. *Mol Med 27*, 53-61.

Tipu, M., Akhtar, M., Anjum, M., & Raja, M. (2006). New dimension of medicinal plants as animal feed. *Pakistan Veterinary Journa, 3*(26), 144-148.

Tulas. (2011). *Tulas.* Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Valentao, P. (2002). Studies on the antioxidant activity of Lippia citriodora infusion: scavenging effect on superoxide radical, hydroxyl radical and hypochlorous acid. *Biol Pharm Bull*, 1324-1327.

Valenzuela, A., Zanhuesa, J., Barra, D. l., & F. (Junio de 2012). El aceite de pescado: Ayer un desecho industrial, hoy un producto de alto valor nutricional. *Revista chilena de nutrición, 39*(2), 201-209.

Woynarovich, A., Hoitsy, G., & Moth-Poulsen, T. (2011). Small-scale rainbow farming. *FAO, Fisheries adn aquaculture technical paper No 561*, 92.

ANEXOS

Anexo 1. Formulación de balanceado con aceites esenciales

Figura 11. Balanceado de alevines

Figura 12. Preparación balanceado

Figura 13.Aceite de pescado

Figura 14Adición de aceite esencial

Figura 15. Envasado del balanceado final

Anexo 2. Medición de parámetros de la investigación

Figura 16. Proceso de pesaje y longitud

Figura 17. Medición de la longitud

Figura 18. Medición del peso

Anexo 3. Evaluación de parámetros de calidad del agua

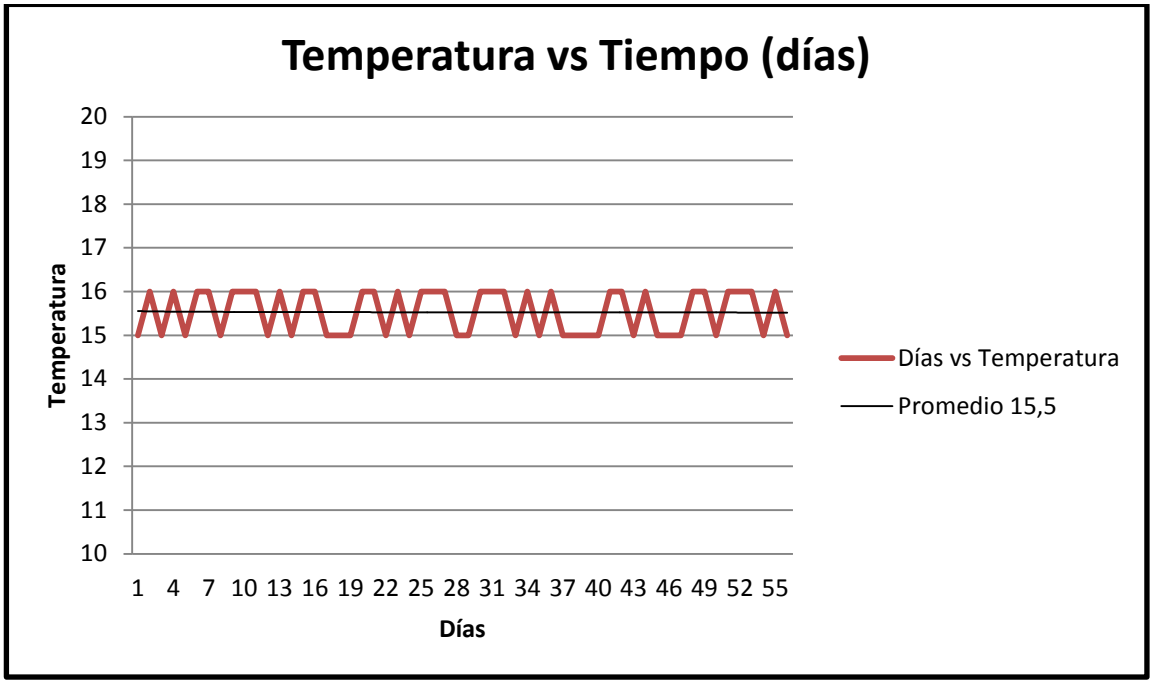


Figura 19. Temperatura vs tiempo

Figura 20. Medición de pH del agua

Figura 21. Medición de dureza

Figura 22. Medición de nitratos

Figura 23. Medición nitritos del agua

Figura 24.Recolección de muestras para análisis microbiológico

Figura 25. Placa de aerobios totales 1

Figura 26. Aerobios totales análisis 2

Figura 27. Placa de coliformes totales 1

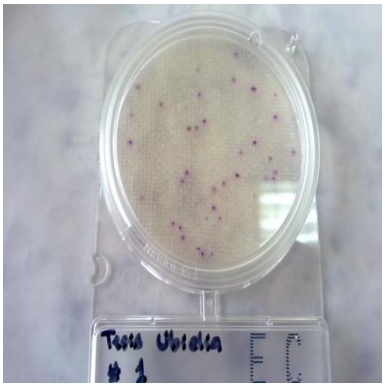


Figura 28. Placa de coliformes totales 2

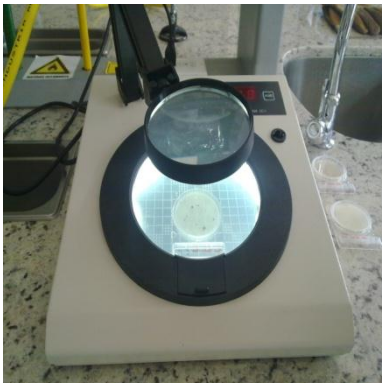


Figura 29. Recuento de placas

Anexo 4. Seguimiento de los parámetros por cada semana.

Semana 1

Semana 1	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
individuo	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm
1	4,4	4,4	4,5	4,5
2	4,6	4,6	4,6	4,5
3	4,5	4,6	4,6	4,7
4	4,5	4,7	4,7	4,7
5	4,6	4,7	4,5	4,4
6	4,2	4,3	4,6	4,4
7	4,5	4,6	4,4	4,5
8	4,5	4,5	4,7	4,8
Promedio	4,475	4,550	4,575	4,563

Semana 1	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
repetición	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	15	15	15	16
2	15	14	15	15
3	14	16	14	15
4	15	15	14	15
5	15	15	16	14
Promedio	1,480	1,500	1,480	1,500

Semana 2

Semana 2	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
individuo	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm
1	5,5	5,9	5,7	5,5
2	6	5,6	5,9	6
3	6	6	6	5,3
4	5,7	5,5	6,5	6,1
5	5,8	5,5	5,5	6
6	5,1	6	5,5	5,3
7	5,5	5,5	5,5	5,7
8	6	5,7	6	5,5
Promedio	5,7	5,713	5,825	5,675

Semana 2	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
repetición	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	22	21	18	24
2	22	18	19	23
3	18	19	20	20
4	20	20	19	22
5	20	20	20	21
Promedio	2,040	1,960	1,920	2,200

Semana 3

Semana 3	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
individuo	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm
1	6,2	6,3	6,5	6,1
2	6,5	6,5	7	7
3	6,2	6,3	7	6,1
4	6,5	6,2	6,6	6,5
5	6,5	6	6,3	6,5
6	6,3	6,5	6	6,3
7	6	6,7	6	6,8

Semana 3	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
repetición	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	31	36	32	27
2	30	31	29	29
3	30	30	31	29
4	33	32	30	31
5	37	34	33	30
Promedio	3,220	3,260	3,100	2,920

Semana 4

Semana 4	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
individuo	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm
1	7	7,2	7,2	7
2	6,1	6,9	7,1	6,9
3	6,6	7,6	7	7,3
4	7	6,9	7	7
5	7,1	7,1	8,4	7,4
6	7	6,8	7,1	7,5
7	6,9	8	8	7,2
8	6,4	7	7,2	7,6
Promedio	6,763	7,188	7,375	7,238

Semana 4	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
repetición	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	42	46	43	41
2	43	44	47	34
3	42	45	40	38
4	37	45	47	37
5	38	42	41	36
Promedio	4,040	4,440	4,360	3,720

Semana 5

Semana 5	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
individuo	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm
1	8	8,2	8,2	8
2	7,9	7,7	8,2	7,6
3	8	8,5	8,2	7,5
4	7,9	8,5	8,9	8
5	7,7	7,5	8,5	8
6	7,8	7,8	8	8
7	7,6	7,2	8,2	7,9
8	7,2	8,5	8,5	7,5
Promedio	7,763	7,988	8,338	7,813

Semana 5	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
repetición	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	61	56	50	52
2	53	55	57	52
3	53	57	54	54
4	59	59	59	56
5	64	64	59	59
Promedio	5,800	5,820	5,580	5,460

Semana 6

Semana 6	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
individuo	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm
1	8,5	8,5	10	8,5
2	8,5	8,8	9,3	8,5
3	8,4	8,6	8,8	9
4	8,8	9,8	8,5	8,3
5	8,1	10	8,5	8,5
6	8,8	8,5	8,5	8,8
7	8,3	8,8	9,7	8,5
8	8,1	9,1	9,8	9,2
Promedio	8,438	9,013	9,138	8,663

Semana 6	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
repetición	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	78	85	81	77
2	76	80	73	75
3	68	71	78	71
4	62	77	69	72
5	64	74	71	73
Promedio	6,960	7,740	7,440	7,360

Semana 7

Semana 7	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
individuo	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm
1	8,9	10,5	10	10
2	10	10	9,8	9,5
3	9	9,6	10,1	11
4	9,9	10,1	10,5	10,1
5	9,1	9,1	10	9,9
6	9,8	10,1	9,9	10
7	9,1	9,7	10	9,8
8	9,6	10,7	9,8	10
Promedio	9,425	9,975	10,013	10,038

Semana 7	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
repetición	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	107	129	112	107
2	100	112	98	105
3	111	104	113	102
4	101	106	97	95
5	102	110	103	97
Promedio	10,420	11,220	10,460	10,120

Semana 8

Semana 8	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
individuo	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm	longitud (cm
1	9,2	10,9	11,3	10,7
2	10,4	10,6	11,1	10,9
3	10,6	11,5	10,9	10,5
4	9,7	10,6	11,1	10,5
5	10,2	10,9	10,4	11,2
6	10,4	10,7	10,7	10,4
7	10,8	10,3	10,2	11,2
8	10,7	10,6	10,7	10,6
Promedio	10,250	10,763	10,800	10,750

Semana 8	piscina 1	piscina 2	piscina 3	piscina 4
repetición	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
1	125	130	121	126
2	132	155	129	129
3	127	127	124	131
4	117	133	130	130
5	110	115	132	132
Promedio	12,220	13,200	12,720	12,960

Anexo 5. Resultados del análisis certificado de la calidad de agua

Entrada de agua a la piscícola

PROTOCOLO N°: 1213-5984	RU-49
	Revisión: 05
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE:	PISCICOLA Y PESCA DEPORTIVA DEL PLATA
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A:	INGENIERO WALTER UBIDIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	MONITOREO DE AGUA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	RÍO PLATA / COMUNIDAD CORAZÓN MUNDO NUEVO
MUESTREO REALIZADO POR:	EL CLIENTE
PROCEDIMIENTO MUESTREO:	NO REPORTADO POR EL CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	DICIEMBRE, 18 DEL 2013 / 10:40 / Nº CADENA DE CUSTODIA: 0005743
LUGAR DE ANÁLISIS:	CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS:	DICIEMBRE 18 DEL 2013 AL 10 DE ENERO DEL 2014
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	10 DE ENERO DEL 2014

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
A-4207	A1	Ingreso Agua al Proyecto	18/12/2013	07:00	E: 817102 N: 10079760	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación Nº OAE LE 2C 05-005.
Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.
El ensayo Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE Nº LE 2C 05-002
El ensayo Coliformes Fecales se tercerizó al Laboratorio CENTROCESAL / ACREDITACIÓN OAE Nº LE 08-007
El ensayo Aerobios Mesófilos, Escherichia Coli se tercerizó al Laboratorio LASA / ACREDITACIÓN OAE Nº LE 1C 06-002
SM - Standard Methods
EPA - Environmental Protection Agency
Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.
"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-4207	(1) LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	(2) CRITERIO DE RESULTADOS
				A1		
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(*)	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<3,0	100	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	<10	250	CUMPLE
DUREZA TOTAL	Standard Methods Ed-22-2012, 2340C	PA -40.00	mg/l	81,0	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS(*)	Standard Methods Ed. 22, 2012,4500-NO3 B	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	6,2	10,0	CUMPLE
NITRITOS	Standard Methods Ed-22-2012, 4500NO_2^- - B	PA - 13.00	mg/l	<0,011	10,0	CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H- B	PA - 05.00	UpH	7,25	5 a 9	CUMPLE
MICROBIOLOGICOS						
AEROBIOS MESÓFILOS(*)	Standard Methods Ed. 21, 2005 9215 B	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	ufc/ml	15 X 10^1	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES(*)	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		NMP/100ml	142	(3) REMOCIÓN > AL 99,9%	CUMPLE
ESCHERICHIA COLI(*)	Standard Methods Ed. 21, 2005 9221 B		NMP/100ml	4	NO APLICA	NO APLICA

LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-005

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) y (3) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

(1) TULAS, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua, Tabla 12, límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

(2) Criterio de resultados

(3) Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Salida de agua de la piscícola

PROTOCOLO N°: 1213-5985	RU-49
	Revisión: 05
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 3

NOMBRE DEL CLIENTE:	PISCICOLA Y PESCA DEPORTIVA DEL PLATA
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A:	INGENIERO WALTER UBIDIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	MONITOREO DE AGUA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	RÍO PLATA / COMUNIDAD CORAZÓN MUNDO NUEVO
MUESTREO REALIZADO POR:	EL CLEINTE
PROCEDIMIENTO MUESTREO:	NO REPORTADO POR EL CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:	DICIEMBRE, 18 DEL 2013 / 10:40 / Nº CADENA DE CUSTODIA: 0005743
LUGAR DE ANÁLISIS:	CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OE6-157 Y HUACHI
FECHA DE ANÁLISIS:	DICIEMBRE 18 DEL 2013 AL 10 DE ENERO DEL 2014
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	10 DE ENERO DEL 2014

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
A-4208	A2	Salida de Agua del Proyecto	18/12/2013	07:00	E: 816898 N: 10079624	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo CORPLAB ECUADOR acreditado por el OAE con Acreditación Nº OAE LE 2C 05-005.
Los ítems marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.
El ensayo Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos se tercerizó al Laboratorio ANNCY / ACREDITACIÓN OAE Nº LE 2C 05-002
El ensayo Coliformes Fecales se tercerizó al Laboratorio CENTROCESAL / ACREDITACIÓN OAE Nº LE 08-007
El ensayo Aerobios Mesófilos, Escherichia Coli se tercerizó al Laboratorio LASA / ACREDITACIÓN OAE Nº LE 1C 06-002
SM - Standard Methods
EPA - Environmental Protection Agency
Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. CORPLAB ECUADOR declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.
"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por Corplab Ecuador; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe"

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-4208	(1) LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	(2) CRITERIO DE RESULTADOS
				A2		
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO(*)	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<3,0	100	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	<10	250	CUMPLE
DUREZA TOTAL	Standard Methods Ed-22-2012, 2340C	PA -40.00	mg/l	60,7	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS(*)	Standard Methods Ed. 22, 2012,4500-NO3 B	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	5,7	10,0	CUMPLE
NITRITOS	Standard Methods Ed-22-2012, 4500NO_2^- - B	PA - 13.00	mg/l	<0,011	10,0	CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H- B	PA - 05.00	UpH	7,45	5 a 9	CUMPLE
MICROBIOLOGICOS						
AEROBIOS MESÓFILOS(*)	Standard Methods Ed. 21, 2005 9215 B	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	ufc/ml	52 X 10^1	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES(*)	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D		NMP/100ml	161	(3) REMOCIÓN > AL 99,9%	CUMPLE
ESCHERICHIA COLI(*)	Standard Methods Ed. 21, 2005 9221 B		NMP/100ml	24	NO APLICA	NO APLICA

LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 20 06-005

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) y (3) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

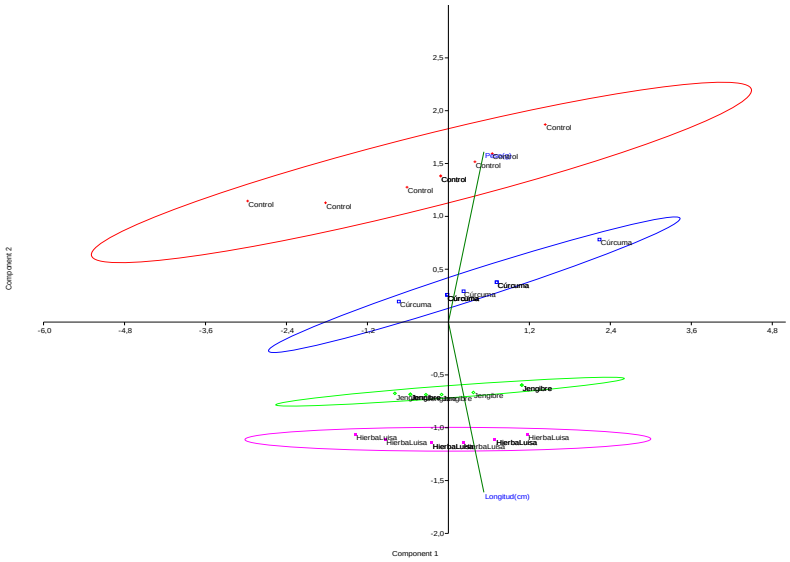
(1) TULAS, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua, Tabla 12, límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

(2) Criterio de resultados

(3) Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

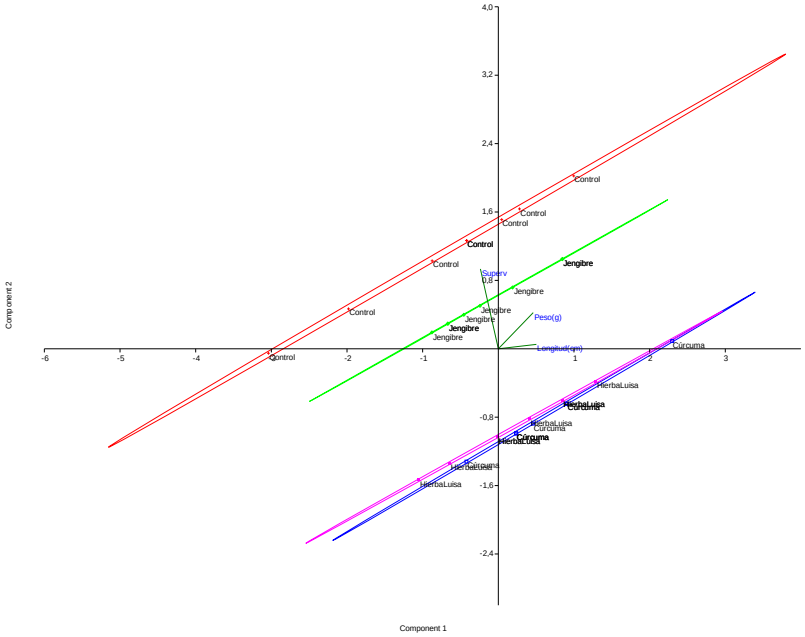
Anexo 6. Graficas de resultados

Figura 30. PCA longitud/peso



Autores: Rios & Ubidia, 2014

Figura 31. PCA longitud/peso/mortalidad



Autores: Rios & Ubidia, 2014