

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE ALIMENTO EN LA NUTRICIÓN  
DE ALEVINOS DE SUCHE (*Trichomycterus rivulatus*)  
EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO**

**MIGUEL ANGEL SORIA LÓPEZ**

**La Paz – Bolivia  
2005**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE ALIMENTO EN LA NUTRICIÓN  
DE ALEVINOS DE SUCHE (*Trichomycterus rivulatus*) EN  
CONDICIONES DE CAUTIVERIO**

*Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el Título  
de Ingeniero Agrónomo*

**MIGUEL ÁNGEL SORIA LÓPEZ**

**Tutor:**

Ing. M.Sc. Víctor Castañon Rivera .....

**Asesores:**

Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera .....

Ing. Franklin Tarqui Carrillo .....

**Comité Revisor:**

Ing. Ph.D. Abul Kalam Kurban .....

Ing. Fanor Antezana Loayza .....

Ing. Víctor Mollo Quisberth .....

**Vicedecano:**

Ing. M.Sc. Félix Rojas Ponce .....

**APROBADA**

## INDICE GENERAL

Contenido	Página
Índice general.....	i
Índice de cuadros.....	iv
Índice de figuras.....	v
Índice de anexos.....	vii
Dedicatoria.....	ix
Agradecimiento.....	x
Resumen.....	xii
Summary.....	xiii
1. INTRODUCCION	
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.1.3. Hipótesis.....	3
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	
2.1. Características generales del Lago Titicaca .....	4
2.2. Flora y fauna acuática del Lago Titicaca .....	6
2.3. Flora acuática del Lago Titicaca.....	6
2.3.1. Fitoplancton.....	6
2.4. Fauna acuática del Lago Titicaca.....	7
2.4.1. Zooplancton.....	8
2.4.1.1. Comunidad de rotíferos.....	9
2.4.1.2. Comunidad cladóceros.....	9
2.4.1.3. Comunidad de copépodos.....	10
2.4.1.4. Artemia salina.....	11
2.4.2. Fauna béntica.....	12
2.4.3. Fauna piscícola.....	13
2.5. Distribución geográfica del género <i>Trichomycterus</i> .....	14
2.6. Distribución del ( <i>Trichomycterus rivulatus</i> ) en el Lago Titicaca...	15
2.7. Naturaleza del suche ( <i>Trichomycterus rivulatus</i> ).....	17
2.8. Taxonomía.....	18
2.9. Morfología .....	18
2.9.1. Cuerpo.....	18
2.9.2. Cabeza.....	19
2.9.3. Opérculos.....	20
2.9.4. Barbos.....	20

2.10. Hábitat.....	20
2.11. Alimentación.....	21
2.11.1. Alimento natural.....	21
2.11.2. Alimento artificial.....	22
2.12. Competencia por la alimentación.....	22
2.13. Nutrición.....	23
2.14. Requerimiento nutricional para peces.....	23
2.14.1. Proteínas.....	24
2.14.2. Lípidos.....	25
2.14.3. Carbohidratos.....	25
2.14.4. Minerales.....	25
2.14.5. Vitaminas.....	26
2.15. Aspectos ecológicos.....	28
2.15.1. Depredación.....	28
2.15.2. Sobrepesca.....	28
2.15.3. Baja fecundidad.....	28
2.15.4. Contaminación.....	29
2.15.5. Legislación pesquera.....	29

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización.....	30
3.1.1. Ubicación geográfica.....	30
3.2. Materiales.....	32
3.2.1. Material biológico.....	32
3.2.2. Material de laboratorio.....	32
3.2.3. Material de campo.....	33
3.2.4. Material de gabinete.....	33
3.2.5. Reactivos.....	33
3.3. Metodología.....	33
3.3.1. Acondicionamiento de los acuarios.....	33
3.3.2. Obtención de alevinos.....	34
3.3.3. Distribución de los alevinos.....	35
3.4. Alimento.....	35
3.4.1. Alimentos naturales.....	35
3.4.1.1. Alimentación con plancton.....	35
3.4.1.2. Alimentación con nauplios de artemia.....	36
3.4.1.3. Alimentación con triturado de <i>cani cani</i> ( <i>Hyalella sp</i> ).....	38
3.4.2. Alimento artificial.....	40
3.4.2.1. Alimentación con balanceado.....	40
3.5. Control del crecimiento.....	42
3.6. Sanidad y limpieza.....	43
3.7. Diseño experimental.....	44

3.8. Modelo lineal.....	45
3.9. Tratamientos.....	45
3.10. Prueba de Significancia.....	45
3.11. Análisis físico – químico del agua.....	46
3.12. Variables de respuesta.....	46
3.12.1. Sobrevivencia.....	46
3.12.2. Crecimiento.....	46
3.12.3. Ganancia relativa de peso (GRP).....	47
3.12.4. Factor de condición.....	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Análisis físico – químico del agua.....	48
4.1.1. Temperatura.....	48
4.1.2. Potencial de hidrógeno.....	49
4.1.3. Oxígeno disuelto.....	50
4.2. Sobrevivencia.....	51
4.3. Crecimiento.....	54
4.3.1. Variación de la longitud corporal.....	54
4.3.2. Análisis de regresión simple para la longitud.....	57
4.3.3. Variación del Peso.....	58
4.3.4. Análisis de regresión simple para el peso.....	60
4.3.5. Ganancia media diaria.....	61
4.4. Ganancia relativa del peso (%).....	64
4.5. Factor de condición.....	66
4.6. Análisis económico de los alimentos.....	67
5. CONCLUSIONES.....	70
6. RECOMENDACIONES.....	72
7. LITERATURA CITADA.....	74

## INDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. Fauna del Lago Titicaca.....	14
CUADRO 2. Aminoácidos más requeridos.....	24
CUADRO 3. Requerimiento de minerales en alevinos.....	26
CUADRO 4. Requerimiento de vitaminas para alevinos.....	27
CUADRO 5. Formulación de dietas para alevinos de trucha.....	40
CUADRO 6. Factor de condición para peces.....	47
CUADRO 7. Porcentaje de sobrevivencia y mortalidad.....	51
CUADRO 8. Análisis de varianza para el % de sobrevivencia.....	51
CUADRO 9. Comparaciones de medias para el porcentaje de sobrevivencia.....	52
CUADRO 10. Análisis de varianza mensual para la longitud del suche.....	54
CUADRO 11. Comparaciones de medias mensuales para la longitud (mm) del suche.....	55
CUADRO 12. Análisis de varianza mensual para el peso del suche.....	58
CUADRO 13. Comparaciones de medias mensuales para el peso (mg) del suche.....	58
CUADRO 14. Análisis de varianza mensual para la GRP del suche.....	64
CUADRO 15. Comparaciones de medias mensuales para la GRP (%) del suche.....	64
CUADRO 16. Relación de la proporción del factor de condición (%) a los 120 días.....	66
CUADRO 17. Análisis económico de costos de producción, en \$us.....	67

## INDICE DE FIGURAS

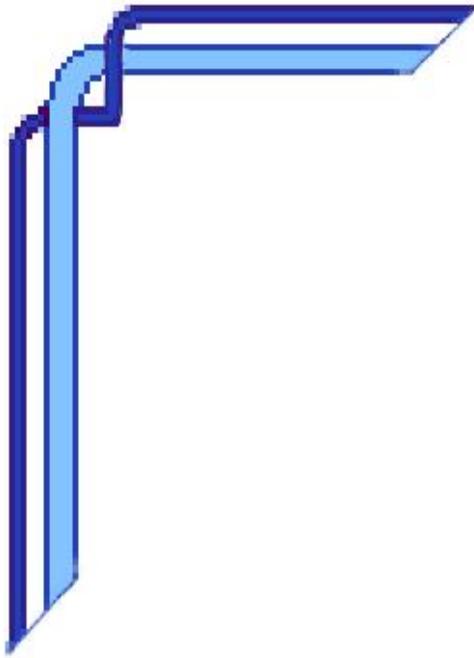
	Página
Figura 1. El Lago Titicaca en Sudamérica.....	4
Figura 2. Ubicación del Lago Titicaca.....	5
Figura 3. Batimetría del Lago Titicaca.....	5
Figura 4. Comunidad del zooplancton.....	8
Figura 5. Rotífero ( <i>Brachionus</i> ).....	9
Figura 6. Cladóceros ( <i>Daphnia pulex</i> ).....	10
Figura 7. Copépodo crustáceo.....	10
Figura 8. Copépodo .....	11
Figura 9. Artemia sp.....	12
Figura 10. Distribución geográfica del género Trichomycterus.....	15
Figura 11. Zonas del Lago Titicaca .....	17
Figura 12. Morfología del suche.....	19
Figura 13. Forma de la cabeza del suche (vista superior).....	19
Figura 14. Espécimen de suche adulto.....	20
Figura 15. Ubicación geográfica del CIDAB.....	30
Figura 16. Ubicación del CIDAB en el Lago Titicaca .....	31
Figura 17. Material biológico, alevinos de suche.....	32
Figura 18. Acondicionamiento de los acuarios.....	34
Figura 19. Ubicación geográfica de Ancoraimes .....	34
Figura 20. Muestra de una unidad experimental .....	35
Figura 21. Recolección del plancton en el Lago Titicaca.....	36
Figura 22. Incubación de los nauplios de artemia.....	37
Figura 23. Cultivo de artemia salina .....	38
Figura 24. Cani cani ( <i>Hyaella</i> sp.).....	38
Figura 25. Acopio de cani cani ( <i>Hyaella</i> sp) en orillas del Lago Titicaca .....	39
Figura 26. Alimentación con triturado de cani cani .....	39
Figura 27. Esquema de elaboración del alimento balanceado .....	41
Figura 28. Suministro del alimento balanceado.....	41
Figura 29. Medidas morfométricas .....	42
Figura 30. Equipo del escatómetro.....	43
Figura 31. Implementos de limpieza.....	44
Figura 32. Distribución de las unidades experimentales.....	44
Figura 33. Registro de temperatura.....	46
Figura 34. Temperatura registrada durante la evaluación.....	48
Figura 35. pH registrado durante la evaluación.....	49
Figura 36. Oxígeno disuelto, registrado durante la evaluación .....	50
Figura 37. Porcentaje de sobrevivencia para cada alimento.....	53

Figura 38.	Variación de la longitud del suche durante la evaluación .....	56
Figura 39.	Líneas de tendencia de la longitud del suche en función al tiempo de estudio.....	57
Figura 40.	Variación del peso del suche durante la evaluación .....	59
Figura 41.	Líneas de tendencia del peso del suche en función al tiempo de estudio.....	61
Figura 42.	Ganancia media diaria.....	62
Figura 43.	Variación mensual de la ganancia relativa de peso (%).....	65
Figura 44.	Solución de benzocaina (F-100) .....	82
Figura 45.	Análisis bromatológico de proteínas .....	96
Figura 46.	Determinación de proteínas por el método Kjeldahl .....	97
Figura 47.	Determinación de cenizas por el método de calcinación .....	98
Figura 48.	Cámara de extracción Soxhlet .....	100

## INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Aminoácidos más requeridos.....	80
Anexo 2. Requerimiento de minerales en alevinos.....	80
Anexo 3. Requerimiento de Vitaminas para alevinos.....	81
Anexo 4. Formulación de dietas para alevinos de trucha.....	81
Anexo 5. Dosificación de Benzocaina.....	82
Anexo 6. Resultados de las variaciones del % de sobrevivencia de los alevinos del suche, para cada alimento.....	82
Anexo 7. Registro de la población total de sobrevivencia y mortalidad de los alevinos del suche para cada alimento.....	83
Anexo 8. Análisis de varianza para el porcentaje de sobrevivencia.....	83
Anexo 9. Comparación de medias para el porcentaje de sobrevivencia.....	83
Anexo 10. Resultados de las variaciones mensuales de longitudes (mm), para el suche.....	84
Anexo 11. Resultados de los promedio mensuales de longitudes para cada tipo de alimento.....	84
Anexo 12a. Análisis de varianza para la longitud del suche a los 30 días.....	85
Anexo 12b. Análisis de varianza para la longitud del suche a los 60 días.....	85
Anexo 12c. Análisis de varianza para la longitud del suche a los 90 días.....	86
Anexo 12d. Análisis de varianza para la longitud del suche a los 120 días.....	86
Anexo 13a. Comparación de medias para la longitud (mm) del suche a los 30 días.....	85
Anexo 13b. Comparación de medias para la longitud (mm) del suche a los 60 días.....	85
Anexo 13c. Comparación de medias para la longitud (mm) del suche a los 90 días.....	86
Anexo 13d. Comparación de medias para la longitud (mm) del suche a los 120 días.....	86
Anexo 14. Resultados de las variación del peso (mg) para los alevinos suche.....	87
Anexo 15. Resultado de los promedios mensuales del peso (mg) para cada tipo de alimento.....	87
Anexo 16a. Análisis de varianza para el peso del suche a los 30 días.....	87
Anexo 16b. Análisis de varianza para el peso del suche a los 60 días.....	88
Anexo 16c. Análisis de varianza para el peso del suche a los 90 días.....	88
Anexo 16d. Análisis de varianza para el peso del suche a los 120 días.....	89
Anexo 17a. Comparación de medias para el peso (mg) del suche a los 30 días.....	88

Anexo 17b. Comparación de medias para el peso (mg) del suche a los 60 días.....	88
Anexo 17c. Comparación de medias para el peso (mg) del suche a los 90 días.....	89
Anexo 17d. Comparación de medias para el peso (mg) del suche a los 120 días.....	89
Anexo 18. Resultados de las variaciones mensuales de la GRP (%), para los alevinos del suche.....	90
Anexo 19 Variación mensual de la Ganancia relativa del peso, en porcentaje.....	90
Anexo 20a. Análisis de varianza para la GRP del suche a los 30 días.....	91
Anexo 20b. Análisis de varianza para la GRP del suche a los 60 días.....	91
Anexo 20c. Análisis de varianza para la GRP del suche a los 90 días.....	92
Anexo 20d. Análisis de varianza para la GRP del suche a los 120 días.....	92
Anexo 21a. Comparación de medias para la GRP (%), del suche a los 30 días.....	91
Anexo 21b. Comparación de medias para la GRP (%), del suche a los 60 días.....	92
Anexo 21c. Comparación de medias para la GRP (%), del suche a los 90 días.....	92
Anexo 21d. Comparación de medias para la GRP (%), del suche a los 120 días.....	93
Anexo 22. Ganancia Media Diaria para alevinos de suche.....	93
Anexo 23. Resultados de los promedios de longitud y peso para determinar el índice de % del factor de condición (FC).....	93
Anexo 24. Resultados en % para el factor de condición (FC), para cada tipo de alimento.....	94
Anexo 25. Análisis Bromatológico (Lab. CIDAB).....	94
Anexo 26a. Metodología para análisis bromatológico de la proteína .....	95
Anexo 26b. Humedad.....	97
Anexo 26c. Ceniza.....	98
Anexo 26d. Lípido (Extracto etéreo).....	99
Anexo 27. Análisis económico de costos de producción .....	100
Anexo 28. Costos de producción para la elaboración de nauplios de artemia .....	101
Anexo 29. Costos de producción para el alimento balanceado .....	101
Anexo 30. Costos de producción para la elaboración del triturado de cani cani ( <i>Hyalella sp</i> ) .....	102
Anexo 31. Costos de producción para la recolección del plancton .....	102
Anexo 32. Batimetría del lago.....	102



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis respetados y amados padres

*GREGORIO SORIA Y ROSA LÓPEZ DE SORIA*

Quienes con su sabiduría me instruyeron que la perseverancia es el camino de los logros, quienes con su experiencia me mostraron el horizonte de mi vida depositando toda su confianza en mi persona.

Dedico también este trabajo a mis hermanos Walter, Luz Marina, Germán, Angélica, René y Rosita, quienes me brindaron todo su respaldo, comprensión y apoyo en todo momento, que no hacen más que comprometerme a ser cada día mejor.

Si los hechos no coinciden con la teoría, pena por los hechos.  
(Hegel)

Alma instruida, mente preparada  
(Gabriel)

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS Y A LA VIRGEN MARIA, POR DARME TODO LO QUE TENGO ALREDEDOR MIO, GRACIAS DIOS MIO.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de las siguientes personas.

Al Ing. M.sc Jorge Pascuali Cabrera, Docente Asesor, por su amistad y apoyo desinteresado, por haber transferido sus conocimientos, sugerencias, observaciones durante el proceso de redacción de este trabajo.

Al Ing Msc. Víctor Castañon Rivera, Docente Tutor, por todas las observaciones y sugerencias realizadas en el presente trabajo.

Al Ing Franklin Tarqui Carrillo, Asesor de campo, por la confianza para la ejecución de este trabajo mediante su apoyo incondicional y desinteresado.

Al Ing. Ph. D. Abul Kalam Kurban, Tribunal revisor, por la paciencia y desprendida labor de revisar, leer este documento clarificando conceptos para mejorar el presente trabajo.

Al Ing Fanor Antezana Loayza, Tribunal revisor, por su desprendimiento, quien me brindó una serie de mejoras y formas de clarificar los conceptos tanto en campo como en gabinete para la culminación del presente trabajo.

Al Ing. Víctor Mollo Quisberth, Tribunal revisor, por la labor y el detalle de sus sugerencias realizadas durante el proceso de redacción.

Al esfuerzo técnico que brinda el Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB), junto a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) para el desarrollo investigativo del sector pesquero en el Lago Titicaca.

Al Ing Ronald Vega Clavijo, Director a.i. del CIDAB, por la confianza y apoyo incondicional durante el trabajo experimental. Como también a los Ing Santiago Morales Maldonado, Ing. Rodrigo Santibáñez Llano, por todas las sugerencias realizadas.

Al Lic. Jaime Sarmiento Tavel, Lic. Francisco Osorio Zamora, expertos en limnología, docentes de la Fac. Ecología, UMSA, quienes me brindaron su ayuda y apoyo incondicional para el trabajo realizado.

A los técnicos del CIDAB, Agustín, Jaime, Mario, Ronald, Santos, Florentino, Víctor, Crispín, Dember quienes hicieron que la estadía en el Centro sea de completa confraternidad.

Mi agradecimiento sincero a la Carrera de Ingeniería Agronómica de la UMSA, Facultad de Agronomía, a sus autoridades, docentes y personal administrativo, por haberme brindado en todo momento su apoyo moral y material, sin el cual no hubiese sido posible culminar con éxito mi formación profesional.

A mis compañeros de estudio de la U, del cole, del barrio quienes estuvieron siempre incondicionales en todo momento bueno y malo, tanto en el estudio como en los trabajos de campo, temo olvidar a alguien, así que prefiero agradecerles en conjunto, por todas las vivencias, vivencias que siempre quedarán en mis recuerdos.

Sin embargo es necesario hacer una excepción con Maria, Ruth, Cinthya, Jaqueline, Evelin, Patricia, Julia, Angélica, Noemí, Paola, Boris, Javier, Marcos, Germán, Cesar, Gerardo, Walter, Richard, Freddy, David, Sergio, Juan, amigos sinceros y francos, ah! me olvidaba de los Back street boys, los sulfuritos, las firulais, fifis, pildoritas y a Ti amigo (a), que estas leyendo ANGEL.



Un Agradecimiento al Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB) y a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), lugar donde se realizó el presente trabajo.



## Resumen

El presente trabajo fue realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB), ubicado a 110 km. de la ciudad de La Paz a 3810 msnm. El mismo se encuentra en inmediaciones de la desembocadura del estrecho de Tiquina, punto de división entre el Lago Mayor y el Lago Menor, geográficamente ubicado en el Lago Menor, a 16°13' Latitud sur y 68°50' Latitud oeste.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de cuatro tipos de alimento (**artemia salina**, **plancton**, **triturado de cani cani (*Hyalella sp*)** y **alimento balanceado para alevinos de trucha**) en la nutrición de alevinos de suche (*Trychomicterus rivulatus*), criados en cautiverio. Para tal efecto se determinó el porcentaje de sobrevivencia, el crecimiento en peso y longitud, se evaluó la ganancia relativa de peso (GRP), se determinó el factor de condición (FC), y el análisis económico para cada tratamiento.

Para este propósito se utilizaron 3000 alevinos de suche con un peso promedio 4.70 mg y longitud promedio 7.70 mm, estos fueron distribuidos en un Diseño Completamente al Azar en cuatro tratamientos y tres repeticiones. La evaluación se inició después de la absorción del saco vitelino (siete días) y duro 120 días. Al final de la evaluación se observó que los alevinos tratados con artemia y plancton sobrevivieron en un 96,93% y 94,27% siendo ambos estadísticamente diferentes ( $\alpha = 5\%$ ), por su parte los tratados con triturado de cani cani y alimento balanceado presentó una sobrevivencia de 79,87%, 84,93% respectivamente. El crecimiento en peso y longitud para los tratamientos con artemia y plancton no fueron significativamente iguales logrando los siguientes resultados: **artemia salina** con un peso 92,73 mg y una longitud 25,03 mm; **plancton** con 81,87 mg y 21,80 mm resultando ser mayores con respecto a los alimentos inertes como el **triturado de cani cani** con un peso 71,40 mg y una longitud 19,69 mm y con un menor peso el **alimento balanceado** 59,37 mg y 15,64 mm de longitud.

En promedio, la GRP mostró que los **alimentos inertes**, alimento balanceado y triturado de cani cani presentaron una GRP menor de 1163,12% y 1419,15% respectivamente, a diferencia de los **alimentos vivos**, artemia salina y plancton que alcanzó una GRP mayor de 1873,05% y 1641,84%.

El Factor de Condición (FC), se determinó mediante la ecuación de Stevenson (1985), demostrando, que la **artemia** mostró que el 100% fue de condición delgada; el **alimento balanceado** mostró que el 100% alcanzó una condición de gordura; mientras los tratados con **triturado de cani cani**, mostraron una condición entre normal 44% y el **plancton** mostró una condición delgada del 85% de su población.

Económicamente la alimentación con artemia resultó ser la mas costosa, con 430,04 \$us, el alimento balanceado fue el segundo más costoso con 347,58 \$us; el triturado de cani cani fue de 303,40 \$us y finalmente el plancton resultó ser el mas económico de los alimentos con 260.2 \$us.

Considerando los resultados obtenidos en las diferentes variables de respuesta, se concluye y se recomienda utilizar **plancton** por ser el más económico y viable para criar alevinos de suche en condiciones de cautiverio.

## Summary

The present work was carried out in the Center gives Investigation and Development Bolivian Acuicola (CIDAB), located to 110 km. give the city gives The Peace to 3810 msnm. The same one is in suburbs gives the outlet gives the strait gives Tiquina, punto gives division between the Older Lake and the smallest Lake, geographically located in the smallest Lake, to 16°13 ' south Latitude and 68°50 ' Latitude west.

Presently work was evaluated the effect gives four types gives food (saline artemia, plankton, crushed gives gypsy (*Hyalella sp*) and I feed balanced for alevinos gives trout) in the nutrition gives alevinos gives suche (*Trychomicterus rivulatus*), servants in captivity. For such an effect the percentage was determined gives survival, the growth in weight and longitude, the relative gain was evaluated gives weight (GRP), the factor was determined gives condition (FC), and the economic analysis for each treatment.

For this purpose 3000 alevinos was used gives suche with a weight average 4.70 mg and longitude average 7.70 mm, these they were distributed in a Totally at random Design in four treatments and three repetitions. The evaluation began after the absorption gives the sack vitelino (seven days) and I last 120 days. At the end gives the evaluation it was observed that the alevinos tried with artemia and plankton survived in 96,93% and 94,27% being statistically both different ( $\alpha = 5\%$ ), on the other hand the treaties with having crushed give gypsy and I feed balanced it presented a survival gives 79.87%, 84,93% respectively. The growth in weight and longitude for the treatments with artemia and plankton was not significantly same achieving the following results: saline artemia with a weight 92,73 mg and a longitude 25,03 mm; plankton with 81,87 mg and 21,80 mm turning out to be bigger with regard to the inert allowances as the one crushed gives gypsy with a weight 71,40 mg and a longitude 19,69 mm and with a smaller weight the food balanced 59,37 mg and 15,64 mm gives longitude.

On the average, the GRP showed that the inert allowances, I feed balanced and crushed gives gypsy a GRP presented respectively smaller than 1163,12% and 1419,15%, contrary to the alive allowances, saline artemia and plankton that a GRP reached bigger than 1873,05% and 1641,84%.

The Factor gives Condition (FC), it was determined by means of the equation gives Stevenson (1985), demonstrating that the artemia showed that 100% was gives thin condition; the balanced food showed that 100% reached a condition gives obesity; while the treaties with having crushed give gypsy, they showed a condition between normal 44% and the plankton it showed a thin condition gives 85% gives its population.

Economically the feeding with artemia turned out to be the but expensive, with 430,04 \$us, the balanced food was the most expensive second with 347,58 \$us; the one crushed gives gypsy it was gives 303,40 \$us and finally the plankton turned out to be the but economic gives the allowances with 260.2 \$us.

Considering the results obtained in the different variables gives answer, you concludes and it is recommended to use plankton to be the most economic and viable to raise alevinos he gives suche under conditions gives captivity.

## 1. INTRODUCCION

Actualmente se conoce que la composición de la fauna piscícola del Lago Titicaca está constituida por especies endémicas del género *Orestias* (carachi, ispis, bogas, etc) del *Trichomycterus* (suche y mauri) y de especies exóticas, del género *Oncorhynchus* (trucha), *Odontesthes* (pejerrey).

Con la introducción de la trucha y el pejerrey, y por poseer un carácter ictiófago, se vio afectado el hábitat de la población del lago, lo que ocasionó un desequilibrio ecológico en la biodiversidad de estas especies y por ende provocó la extinción de otras, como el umanto (*O. cuviere*), hoy extinto y otras que están en proceso de extinción como el suche (*Trichomycterus rivulatus*), la boga (*O. pentlandii*) y el qañu (*O. albus*).

Por esta situación, el Lago Titicaca está clasificado dentro de los lagos oligotróficos, por su baja productividad y poca capacidad para sostener una población voraz como la trucha y pejerrey (Montes de Oca, 1997). Por otro lado, el ecosistema del Lago Titicaca y en otros cuerpos de agua del altiplano, la excesiva presión de la pesca selectiva causó una alteración de la cadena trófica y por lo tanto la reducción de la población nativa de peces (Castañon, 1994).

La excesiva presión de la pesca local sin respetar épocas de reproducción, produce la disminución de la población, afectado en la capacidad de repoblamiento natural, y por ende la economía de los pobladores que dependen de esta actividad. Por lo que es necesario la preservación de la biodiversidad y promoción de un desarrollo sostenible de los recursos piscícolas como la actividad pesquera (PELT, 1995).

La conservación de especies se encuentra en declinación poblacional como el suche (*Trichomycterus rivulatus*) que está catalogada como vulnerable y en peligro de extinción por diferentes factores como: destrucción de su hábitat, competencia alimenticia, sobre pesca, y depredadores (Ergueta, 1996).

La presente investigación realizó técnicas de alimentación referidos a cultivar y sembrar esta especie con el propósito de resguardar la biodiversidad del Lago. Esta intención fue posible desarrollando metodologías de crianza con alimentos que fueron factibles y económicamente viables.

Para alcanzar el propósito de esta investigación se evaluó el efecto de los alimentos: artemia salina, plancton, triturado de caní caní (*Hyalella sp*) y alimento balanceado para alevinos de trucha, los mismos fueron de diferente constitución nutritiva para el desarrollo del suche.

De acuerdo a lo expuesto se plantearon los siguientes objetivos:

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo general

- Ø Evaluar el efecto de cuatro tipos de alimento: artemia salina, plancton, alimento balanceado y triturado de *cani cani* (*Hyalella sp*), en la nutrición de alevinos de suche (*Trichomycterus rivulatus*), en condiciones de cautiverio.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Ø Determinar el porcentaje de sobrevivencia.
- Ø Establecer la curva de crecimiento para cada alimento.
- Ø Determinar la ganancia de peso de los alevinos de suche.
- Ø Describir el grado de incidencia de enfermedades.
- Ø Determinar los costos de cada tratamiento.

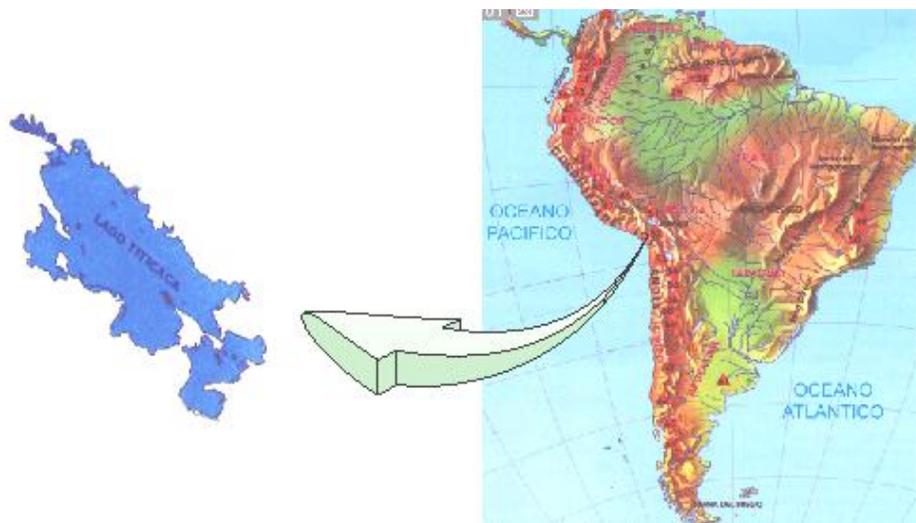
### 1.1.3. Hipótesis

**Ho** : No existe diferencias significativas por efecto del suministro de los cuatro tipos de alimento en la nutrición de alevinos de suche, bajo condiciones de cautiverio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Características generales del Lago Titicaca

El Lago Titicaca es el espejo de agua más grande y conocido de Sudamérica (Fig. 1), es el lago navegable más alto en el mundo. Se localiza en medio de la cordillera de Los Andes, la misma que al entrar a Bolivia se divide en dos, al medio de ambas cadenas montañosas se encuentra el Altiplano, en esta cuenca existe numerosas lagunas que se encuentran a los pies de los nevados las mismas se caracterizan por ser de aguas frías (LIDEMA, 1997).



Fuente: CIDAB (2004)

Figura 1. El Lago Titicaca en Sudamérica

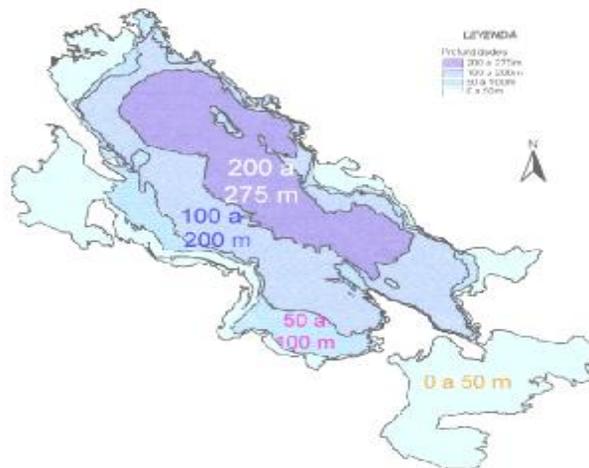
El Lago Titicaca es una inmensa cuenca con una superficie de 56,300 Km<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud de 3812 m., y se divide en dos grandes partes: El Lago Mayor o Chucuito con 7131 Km<sup>2</sup> y el Lago Menor o Huiñaymarca con 1428 Km<sup>2</sup> ambos separados por el estrecho de Tiquina que tiene una longitud de 800 m. El lago esta compartido entre la República de Perú y de Bolivia (Fig. 2) (Montes de Oca, 1997).



Fuente: Microsoft Encarta (2005)

**Figura 2. Ubicación del Lago Titicaca**

La morfología y batimetría del Lago Titicaca son diferentes (Fig. 3), el Lago Menor tiene una profundidad de 40 a 50 m. y el Lago Mayor de 270 a 280 m.(Anexo 32) El clima de la cuenca es templado durante el día y frío en la noche. Las aguas del lago son mas calientes que el aire circundante influenciando las precipitaciones que son máximas en el centro del lago (LIDEMA, 1997).



Fuente: ALT (2003)

**Figura 3. Batimetría del Lago Titicaca**

El Lago Mayor presenta aspecto monomíctico caliente mientras que las zonas menos profundas del Lago Menor disponen del régimen polimíctico. La temperatura promedio es de 9 °C., teniendo como un rango de temperatura máxima de 15 °C y una mínima de 3 °C (Dejoux, Iltis, 1991).

## **2.2. Flora y fauna acuática del Lago Titicaca**

La flora planctónica del Lago Titicaca está constituida por especies del orden Chlorococcales, (*Monoraphidium sp*), Zygnematales (*Mougeotia sp*), Desmidiaceae, Dinoflagelados y las biomasas de Peridinium y Diatomeas, estas ultimas son escasas durante todo el año (Sarmiento *et al*, 1987).

La flora - fauna del lago constituido por plancton, bentos y peces, donde la extracción de los vegetales provoca la reducción de la superficie de totora y llachu, cuya consecuencia tienen desventaja sobre la fauna piscícola. (PELT, 2004).

El ecosistema del Lago Titicaca se compone de factores abióticos y bióticos: Los abióticos son aquellos que no tienen vida pero son importantes para dar vida a otros, tales como las características físicas del lago. Los factores bióticos son los organismos que tienen vida, tanto las plantas como los peces incluyendo los organismos más diminutos (Osorio, 2004).

## **2.3. Flora acuática del lago**

### **2.3.1. Fitoplancton**

El fitoplancton del Lago Titicaca está representado por *Botryococcus braunii*, *Spirogyra*, *Zygnema*, *Staurastrum*, *Mougeotia* y *Pediastrum*. (Loubens, Osorio, 1990).

La vegetación macrofítica y planctónica del Lago Titicaca esta constituida principalmente por *algas verdes*, *diatomeas*, pero también de *cianobacterias* fijadoras de nitrógeno (Loubens, Osorio, 1990).

La flora del Lago Titicaca se caracteriza por un predominio de clorofitas y de chlorococcales, además la flora algal no puede considerarse como exhaustiva, esto de acuerdo a la síntesis realizada en la flora algal (Dejoux, Iltis, 1991).

Aunque los factores físicos y los herbívoros pueden afectar el crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas en los ecosistemas acuáticos, la producción algal esta a menudo limitada por la cantidad de sales nutritivas disponibles (Dejoux, Iltis, 1991).

Esta conclusión esta respaldada por estudios mostrando la relación estrecha entre la cantidad total de fósforo y de nitrógeno en el lago para la producción algal, también se encuentran buenas correlaciones entre el índice de abastecimiento de sales nutritivas que entran en los lagos y la abundancia del fitoplancton en estos ecosistemas (Dejoux, Iltis, 1991).

Según CIDAB (2004), se refiere a todas las plantas u organismos de origen vegetal, como los totorales que albergan mas de 60 especies de aves, también se protegen y se reproducen varias especies de peces, el *llacho* para alimentar al ganado y otras plantas que existe en el lago como las microalgas, chara, lenteja de agua, azolla.

#### **2.4. Fauna acuática del lago**

La fauna del lago esta constituido por las siguientes:

- Ø Zooplancton.
- Ø Fauna béntica.
- Ø Fauna piscícola.

### 2.4.1. Zooplancton

Según Infante (1998), el zooplancton (Fig. 4), es la comunidad que vive suspendida en el agua, caracterizado por su constante movimiento, su pequeño tamaño (varía de unos micrómetros hasta unos poco milímetros), éstos están representados por tres grupos: los Rotíferos y dos sub-clases de Crustáceos, Cladóceros y Copépodos.

El plancton es muy importante para la vida del lago, es de origen vegetal (fitoplancton) que utiliza como alimento, la luz solar y minerales disueltos en el agua, estos constituyen el alimento de otros organismos más grandes como el zooplancton.



**Figura 4. Comunidad del zooplancton**

El zooplancton es importante ya que constituye el alimento de los alevinos de los diferentes peces, estos diminutos organismos acuáticos tienen la característica de presentarse en abundancia y en constante movimiento en las orillas del lago (Castañón, 2003).

Estos grupos que constituyen el zooplancton, como los Copépodos, Cladóceros son ampliamente dominantes en el lago porque su reproducción es continua todo el año (PELT, 1995).

El zooplancton tiene una mayor presencia de Copépodos, Cladóceros y principalmente de Rotíferos en el Lago Menor con referencia al Lago Mayor (Sarmiento *et al.*, 1987)

#### **2.4.1.1. Comunidad de Rotíferos**

Los Rotíferos (Rotatoria) están distribuidos de forma abundante en el lago y se los considera ampliamente cosmopolitas. Casi las tres cuartas partes de los rotíferos son sésiles y están asociados a sustratos litorales (Fig. 5). Forman una parte significativa del zooplancton del lago y son reconocidos por su capacidad de colonizar la zona pelágica de los lagos (Lauzane, 1996)



**Figura 5. Rotífero (*Brachionus*)**

Es probable que los Rotíferos junto a los Crustáceos constituyan la dominancia de la productividad zooplanctónica (Paggi, 1995).

#### **2.4.1.2. Comunidad de Cladóceros**

Estos pequeños crustáceos mantienen su amplia distribución, colonizando diferentes hábitats. Todos los Cladóceros tienen la capacidad para nadar en mayor o menor grado. Es así que las familias Bosminidae, Sididae, y Daphnidae, en particular los géneros *Diaphanosoma* y *Daphnia pulex* (Fig. 6) son de preferencia planctónicas (Lauzane, 1996).



**Figura 6. Cladóceros (*Daphnia pulex*)**

Los Cladóceros junto con otros crustáceos cumplen un papel importante en los ecosistemas acuáticos como fuente de alimento para peces en estado larval o alevino (Paggi, 1995).

#### **2.4.1.3. Comunidad de Copépodos**

Esta constituida por tres ordenes (Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) estas pertenecen a la subclase Copépodo. Estos crustáceos (Fig. 7,8), se encuentran en todo el lago (Paggi, 1995).



**Figura 7. Copépodo, crustáceo**

El grupo comprende especies herbívoras, omnívoras que se alimentan de detritus, fitoplancton, pequeños invertebrados y microorganismos. Estos organismos son el alimento de muchos invertebrados, peces en estado larval (alevinos) denominados planctófagos (Lauzane, 1996).

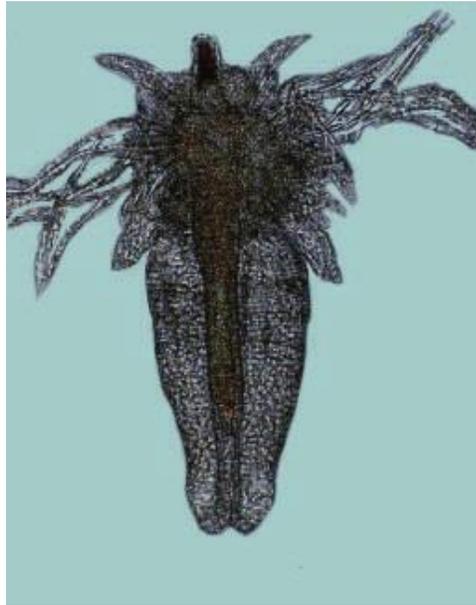


**Figura 8 Copépodo**

Los Copépodos son dominantes sobre las poblaciones de Cladóceros y su reproducción es continua todo el año (Paggi, 1995).

#### **2.4.1.4. *Artemia salina***

Polanco (2000), indica que la *artemia salina*, se constituye como excelente fuente de alimentación, presentando un alto valor alimenticio, con elevados porcentajes en proteínas, lípidos y glúcidos (en los primeros días después de la eclosión).



**Figura 9. *Artemia* sp.**

Se trata de un crustáceo filópodo con patas en forma de hojas, de talla alrededor 0,5 mm cuando nacen, a 1 mm se denomina metanauplios, hasta 1 cm cuando es adulto, posee un cuerpo delgado, alargado y segmentado, de color rojizo dividido en tres partes cabeza, tórax y abdomen como se muestra la (Fig. 9) (Polanco, 2000).

#### **2.4.2. Fauna béntica**

El perifiton y bentos, tienen un rol importante en la zona litoral, su estudio biológico en el Lago Titicaca es aun limitado, el mismo esta constituido por los moluscos que son abundantes; particularmente Taphius (*Planorbiidae*) y Littoridina (*Hydrobiidae*), estos están representados por un grupo de especies de anfípodos, y de insectos no muy numerosos pertenecen a los ordenes Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Hemíptera, Coleóptera, Trichoptera y Díptera (Sarmiento *et al.*, 1987).

Dejoux (1988), la fauna béntica del Lago Titicaca representa un componente esencial en la biología de este ecosistema, representando un papel importante tanto a nivel de la producción secundaria (alimento de la ictiofauna), como en la transferencia de energía (moluscos y anfípodos descomponedores).

Globalmente más del 95% de la población béntica se halla en los 15 m. de profundidad en el Lago Menor y en los 25 m. en el Lago Mayor. La zona ribereña es la zona de mayor desarrollo de la fauna béntica (PELT, 1995).

### **2.4.3. Fauna piscícola**

Según Dejoux, Iltis (1991), la ictiofauna del Lago Titicaca cuadro 1, comprende de especies endémicas de Ciprínidos del género *Orestias*, dos especies de Bágridos del género *Trichomycterus* y dos géneros introducidos, *Odontesthes* y *Oncorhynchus*.

Sarmiento (2004), indica que la ictiofauna del Lago Titicaca está constituida por el género *Trichomycterus* y sobre todo por el género *Orestias*, endémicos del Altiplano andino. Aunque la familia Trichomycteridae está bastante diseminada en Sudamérica, se conocen pocas referencias respecto a esta especie, la cual se limita actualmente a dos especies: *T. rivulatus* (suche) y *T. dispar* (mauri).

Las especies del Lago Titicaca géneros *Trichomycterus* y *Orestias*, han sido afectadas negativamente por la alteración de su hábitat con la introducción de especies como: la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y el pejerrey (*Basilichthys bonariensis*). (CIDAB, 2004).

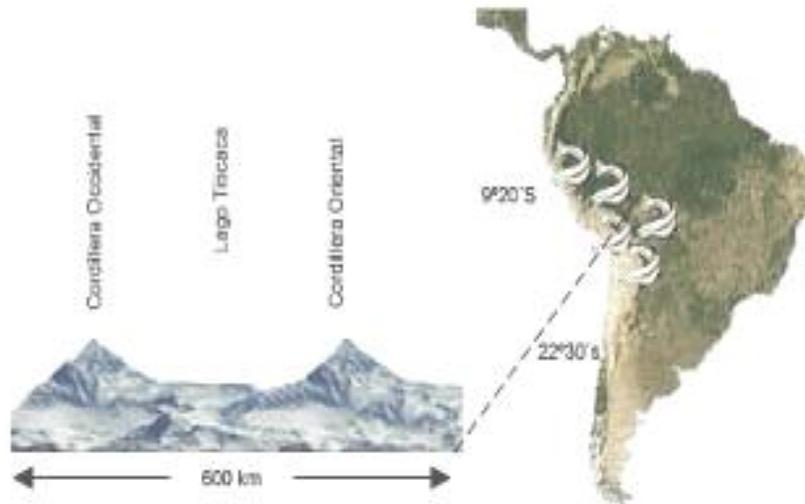
CUADRO 1. FAUNA DEL LAGO TITICACA

<b>Especies Nativas</b>	
<b>Género <i>Orestias</i></b>	
<i>O. agassii</i> (carachi gris)	<i>O. cuvieri</i> (umanto)
<i>O. luteus</i> (carachi amarillo)	<i>O. pentlandii</i> (boga)
<i>O. albus</i> (qañu)	<i>O. mulleri</i> (carachi gringo)
<i>O. olivaceus</i> (carachi enano)	<i>O. ispi</i> (ispi)
<b>Género <i>Trichomycterus</i></b>	
<i>T. rivulatus</i> (suche)	<i>T. dispar</i> (mauri)
<b>Especies Introducidas</b>	
<b>Genero <i>Oncorhynchus</i></b>	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha)	
<b>Genero <i>Odontesthes</i></b>	
<i>Basilichthys bonariensis</i> (pejerrey)	

Fuente: Dejoux (1991)

### 2.5. Distribución geográfica del género *Trichomycterus*

Es de amplia distribución en la región alto andina de Sudamérica. En el caso particular de la República del Perú y de Bolivia, se tiene información sobre su distribución longitudinal desde el lago Junín, en el norte del Perú, hasta el Lago Poopó, al sur de la República de Bolivia, comprendida aproximadamente entre los 9°20' y 22°30' de latitud sur (Fig. 10). En cuanto a su distribución altitudinal, se han encontrado ejemplares de pequeña talla (ecotípos), en lugares que alcanzan los 4270 m., las zonas bajas interandinas no están habitadas por esta especie (Sarmiento, 2003).



Fuente: Sarmiento (2003)

**Figura 10. Distribución geográfica del género *Trichomycterus***

La distribución geográfica del *Trichomycterus* a nivel Sudamericano es muy amplia pudiéndose hallar en Bolivia la presencia de Pygidiinae en las tres cuencas, con especial énfasis en la del Altiplano (PELT, 2002).

### **2.6. Distribución del (*Trichomycterus rivulatus*) en el Lago Titicaca**

Para describir la distribución de las poblaciones del ecosistema del lago tres factores se deben considerar, estos son:

- I. La profundidad del lago.
- II. La distribución de las macrofitas que afectan principalmente a las poblaciones bénticas.
- III. La distancia de la costa que esta en función de la distribución de las poblaciones pelágicas.

Sarmiento *et al* (1987), indica que el Lago Titicaca teóricamente está dividido en cinco zonas de acuerdo a sus características naturales (Fig. 11):

### **1) Zona 1 : Profunda**

Es una zona de profundidades mayores a 200 m., como en la parte central del Lago Mayor, se caracteriza por ser una zona abierta sometida a la acción del viento que ejerce su mayor influencia en superficie.

### **2) Zona 2 : Poblamiento Béntico**

Es una zona de profundidad media a los 100 m., como la bahía de Copacabana. El ictio-bentos de esta zona ocupa un hábitat en que la acción de la pesca local es nula. En esta zona existe la presencia del género de los *Orestias* y *Trichomycterus* (presencia solo en el Lago Mayor).

### **3) Zona 3 : Población pelágica**

Es una zona con profundidades de 20 a 40 m. Las operaciones de pesca local y campañas experimentales se ejecutan desarrollando una actividad pesquera, por medio de red de arrastre que se mantiene abierta mediante un sistema de flotadores y pesos. En esta zona se registra la presencia del suche y en abundancia el género de los *Orestias*, donde los juveniles y larvas se encuentran entre las plantas y pequeñas piedras que les sirven de refugio (Sarmiento *et.al.* 1987).

### **4) Zona 4 : Poblamiento Béntico o Zona Chara**

Es una zona de profundidad de 10 m., la pesca local se ejerce por la explotación de redes agalleras de fondo; en esta zona se encuentran fundamentalmente al género de los *Orestias* y alevinos *Trichomycterus* (presencia solo en el Lago Mayor).

## 5) Zona 5 : Poblamiento de la Zona Litoral

Esta zona se encuentra representada por los lugares comprendidos, entre el cinturón de totoras y la orilla del lago. La pesca en esta zona se realiza con un sistema local, con una red de mango grande denominada zakhaña (Sarmiento *et. al* 1987).

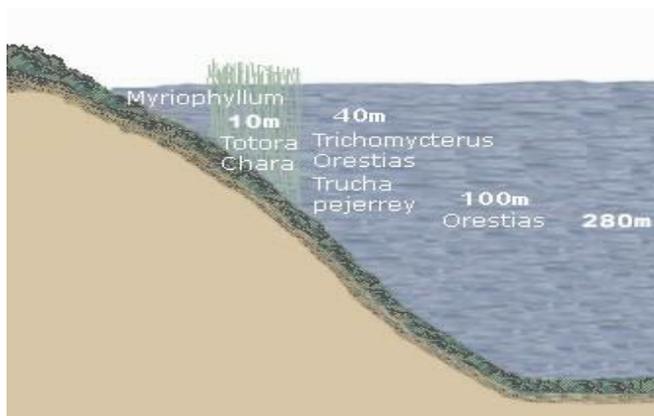


Figura 11. Zonas del Lago Titicaca

### 2.7. Naturaleza del suche (*Trichomycterus rivulatus*)

Sarmiento *et al.* (1987), cita a Valenciennes (1833), como uno de los primeros investigadores, describiendo al Orden de los Siluriformes, asignándole la denominación de *Trichomycterus*. Posteriormente Valenciennes realiza una descripción de cuatro especies de *Trichomycterus* para el lago como: *T. incae*, *T. gracilis*, *T. barbatula*, que son especímenes de talla corta entre ellos se encuentran al mauri conocido como *huita*, en el norte del lago y finalmente el suche *T. rivulatus* que son los especímenes de talla grande con más de 320 mm de longitud.

Sarmiento *et al.* (1987), menciona a Tchernavin (1944), que comparó las cuatro especies descritas por Valenciennes llegando a la conclusión que existían cinco especies del *Trichomycterus* en el lago estos eran: *T. punctatum*, *T. rivulatus*, *T. vitatus*, *T. dispar* y *T. taczanowski*, quedando en la actualidad solo dos especies *T. dispar* (mauri) y *T. rivulatus* (suche).

## 2.8. Taxonomía.

Phylum:	Chordata
Sub phylum:	Vertebrata
Grupo:	Gnathostomata
Super clase:	Peces
Clase:	Osteichthyes
Sub clase:	Actinopterygii
Super orden:	Silurimorpha
Orden:	Siluriformes
Sub orden:	Siluroide
Familia:	Trichomycteridae
Género:	Trichomycterus
Especie:	Trichomycterus rivulatus
Nombre común:	Suche

Fuente: Atencio (1998)

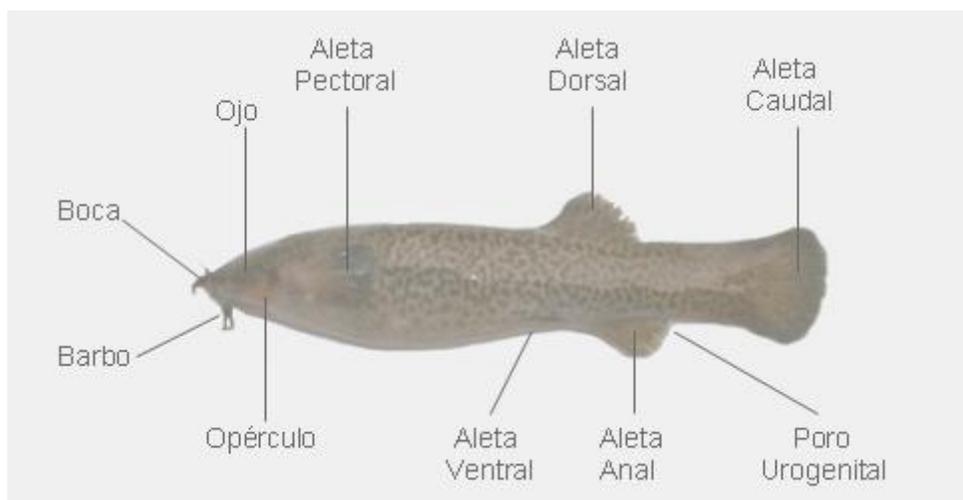
## 2.9. Morfología

### 2.9.1. Cuerpo

La forma de su cuerpo es dorsoventralmente aplanado, sufren presiones producidas por el gran volumen de agua que soportan, que es característico en peces de fondo, no presentan escamas.

Su coloración es café grisáceo, con manchas irregulares en todo el cuerpo incluido el vientre (Fig. 12); su vientre también es aplanado lo que demuestra que al moverse lo realiza deslizándose sobre la superficie.

Presenta una línea longitudinal oscura que se extiende desde el origen de la aleta pectoral hasta la aleta caudal; la aleta pectoral se encuentra en posición torácico, la aleta dorsal sobre el cuerpo, la aleta caudal en la parte posterior, dos aletas ventrales terminales con sus extremos posteriores ocultando la cloaca, alcanzando casi el origen de la aleta anal, carece de aleta adiposa (Atencio y Alfaro, 2000).



Fuente: CIDAB (2003)

**Figura 12. Morfología del suche**

### 2.9.2. Cabeza

La cabeza es grande y chata con el espacio íterorbital ancho (Fig. 13). Los ojos son pequeños y hundidos, por lo que en nada facilitan para la captura de sus presas o para deslizarse; Los poros nasales o narinas están en posición superior. (Atencio y Alfaro, 2000).



**Figura 13. Forma de la cabeza del suche (vista superior)**

### **2.9.3. Opérculos**

Los opérculos, cada uno se encuentra en posición lateral (Fig. 13), con las espinas puntiagudas dispuestas en hileras.

### **2.9.4. Barbos**

Presenta tres pares de apéndices llamados barbos (Fig. 14), ubicados en la parte terminal de la mandíbula superior; un par está situado después de los poros nasales, orientados hacia arriba y dos pares ubicados en la comisura del labio superior, otro par orientado hacia los costados y otro hacia abajo; estos barbos cumplen la función de visión y tacto en el fondo del lago, son órganos muy sensibles (Atencio y Alfaro, 2000).

### **2.10. Hábitat.**

El suche, posee hábitos bénticos, son peces de profundidades mayores a los 30 m, con fondos cenagosos con abundante vegetación acuática sobre sustratos blandos y lechos formados por arena y piedras (CIDAB, 2004).

Estos peces viven en lechos arenosos que les sirven de refugio, pequeños socavones asociados con plantas acuáticas emplean como defensa contra los predadores. Estos peces están adaptados para escarbar y sostener su cuerpo puesto que sus aletas están implementadas hacia atrás (Fig. 14), (Zúñiga, 1984).



**Figura 14. Especimen de suche adulto**

El suche, posee movimientos lentos, utilizando para ello su aleta caudal como principal medio de impulso, la que remueve en movimientos ondulatorios, esta ayudado por las aletas pectorales, logrando realizar movimientos de gran habilidad sin que exista resistencia al medio donde se desarrolla. (Montoya, 1989)

## **2.11. Alimentación**

En su estado de alevino se alimenta de fito y zooplancton y los adultos son omnívoros con preferencia de organismos Hyalellas, Chironómidos, odonatas, moluscos, ovas y algas (CIDAB, 2004).

La alimentación de especies del lago inicialmente depende de crustáceos del zooplancton y zooperífiton como Cladóceros, Copépodos, anfípodos, ostrácodos y fases larvarias de insectos (Loubens, 1992).

### **2.11.1. Alimento natural**

Huet (1998), indica que las larvas recién nacidas se alimentan de sus reservas vitelinas hasta los 4 – 6 días en que ya pueden capturar presas del medio, donde comienza la alimentación exógena. Los organismos vivos a ser ingeridos proporcionan sus nutrientes requeridos para su metabolismo y desarrollo corporal

Una vez que el saco vitelino de estas especies es reabsorbido a los tres días los alevinos empiezan a alimentarse del plancton, después de tres a cuatro meses de edad su dieta se amplía con caní caní (*Hyalella sp*) (Castañón, 1994).

El alimento que está dando buenos resultados es el crustáceo de artemias; las técnicas de alimentación están dando niveles adecuados de supervivencia y crecimiento de los alevinos cultivados mediante la utilización de este crustáceo (Amat, 1985).

### **2.11.2. Alimento artificial**

Es todo alimento complementario, obteniéndose en forma de mezclas a fin de incrementar la cantidad la conversión del alimento, asegurando que los peces que se cultivan adquieran una ración balanceada que satisfaga sus requerimientos nutricionales (Pillay, 2002).

Los mecanismos físicos y químicos de detección del alimento ofrecido así como sus características físicas y organolépticas en general (presentación y textura), conducen a su aceptación o rechazo y en consecuencia a la neutralización de la sensación del apetito del pez (Cuenca, García, 1985).

En condiciones artificiales el alimento que consumen los peces es de origen exógeno. El agua solo sirve como soporte físico, el oxígeno vehiculiza los desechos del metabolismo y regula la temperatura (Barnabé, 1996).

### **2.12. Competencia por la alimentación**

La competencia, es mayor entre los organismos que tienen requerimientos y estilos de vida similares, es decir tienen nichos ecológicos iguales. Además la competencia ocurre en una interacción entre individuos de una misma especie o de diferentes especies, utilizando los mismos recursos vitales, donde algunos recursos existe en cantidades limitadas (PELT, 2004).

Existe una competencia desfavorable por el alimento y hábitat de las especies nativas, pues éstas se alimentan de plancton (microalgas, rotíferos, copépodos, moluscos y gasterópodos); donde las especies introducidas consumen los mismos alimentos en alguna etapa de su vida, además estas especies ocupan el mismo nicho ecológico compitiendo con las especies nativas por el espacio (Flores, 1997).

### **2.13. Nutrición**

Lagler *et al.* (1984), indica que una vez que el alimento ha sido ingerido y digerido puede participar en funciones del cuerpo del pez, proporcionando energía para los procesos biológicos o ceder material para la restauración y reposición de los componentes celulares destruidos o usarlo para el crecimiento como la reproducción.

Para la suministración del alimento es necesario que las características químicas y físicas del alimento como de las técnicas de alimentación, se adapten a las capacidades motorales y sensoriales, como a los atributos del comportamiento de cada especie cultivada; siendo necesario tener en cuenta las etapas del ciclo vital y tamaño del pez (Simenstad *et al.*, 1982).

Para la suministración en peces el principal determinante del set – point, es el balance nutricional energético, que radica en el principal componente del alimento como es la proteína, en tanto los carbohidratos solo representan una fuente energética minoritaria (Matty, 1985).

Las necesidades energéticas de los peces son diferentes a los mamíferos terrestres, siendo poiquilotermos. Los peces no gastan energía para mantener una temperatura constante y requieren menos energía para mantener la posición de su cuerpo en el agua. Sin embargo los peces necesitan energía para la respiración y osmoregulación, ya que ambos procesos requieren del paso continuo de agua a través de las branquias (Cowey, 1980).

### **2.14. Requerimiento nutricional para peces**

En el requerimiento nutricional, cinco componentes básicos son necesarios para el metabolismo energético de los peces estos son: las proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales y vitaminas (Cowey, 1980).

### 2.14.1. Proteínas

El suministro de proteínas en el crecimiento varía entre las distintas especies, estas proteínas de origen animal promueven mejor el crecimiento de los peces que otras fuentes proteicas como las de origen vegetal (Hepher, 1993).

La proteína del alimento es la principal fuente de nitrógeno y aminoácidos esenciales para los animales acuáticos, es una fuente de energía muy costosa en los alimentos artificiales. Los requerimientos aproximados de proteínas varía de 40 – 60% en diferentes peces, siendo los máximos en las primeras fases de alimentación de los alevinos y disminuyen a medida que aumenta la talla (Pillay, 2002).

Las proteínas están constituidas por cadenas de aminoácidos cuadro 2, anexo 1, además es el componente fundamental (65 – 70%) de peso de materia seca de los peces, se encuentra en su músculo esquelético, además las proteínas son necesarias como enzimas, hormonas que es utilizada con fines energéticos destinados al crecimiento. Las necesidades de proteínas de los jóvenes son más elevadas por tener una actividad metabólica más intensa (Barnabé, 1996).

CUADRO 2. AMINOÁCIDOS MÁS REQUERIDOS

Aminoácidos Esenciales		Aminoácidos no Esenciales	
Arginina	Arg	Alanina	Ala
Histidina	His	Asparagina	Asn
Isoleucina	Ile	Aspartato	Asp
Leucina	Leu	Cisteina	Cys
Lisina	Lys	Glutamato	Glu
Fenilalanina	Phe	Glutamina	Gln
Metionina	Met	Glicina	Gly
Triptófano	Trp	Prolina	Pro
Valina	Val	Tirosina	Tyr

Fuente: CAICYT (1987)

### **2.14.2. Lípidos**

Los lípidos es la mejor fuente de energía para los peces, antes que las proteínas, estos son sustancias insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos, constituidos básicamente por ácidos grasos (Barnabé, 1996).

Los lípidos constituyen un grupo de compuestos liposolubles presente en tejidos de plantas y animales, que constituyen una forma de almacenar la energía, los mismos contienen más energía que cualquier otro producto biológico (Pillay, 2002).

### **2.14.3. Carbohidratos**

Los carbohidratos no son esenciales para los peces y constituyen para estos una fuente secundaria de energía, en forma de almidones y fibra de celulosa, se utilizan como aglutinantes del alimento para dar estabilidad al mismo. (CISANA, 1996).

Los carbohidratos constituyen la fuente más abundante y menos costosa de energía en cultivos acuáticos, tales compuestos van desde azúcares de fácil digestión hasta los más complejos como la celulosa difícil de digerir. (Pillay, 2002).

### **2.14.4. Minerales**

Los minerales intervienen en la regulación del metabolismo, como activadores enzimáticos en la actividad neuromuscular, del balance básico y forma parte de enzimas, hormonas y vitaminas (CISANA, 1996).

Todos los seres acuáticos requieren de minerales cuadro 3, anexo 2, ya sea en forma elemental o incorporados en compuestos específicos, para efectuar varias funciones biológicas como la formación del tejido óseo, respiración, digestión y osmorregulación, generalmente el agua contiene gran cantidad de minerales disueltos, por lo que no es necesario la complementación de los alimentos (Pillay 2002).

Los minerales son importantes en la formación de los huesos, los dientes y la sangre, el requerimiento de los minerales en los peces es muy reducido y son asimilados en el alimento y agua (Imaki, 1987).

**CUADRO 3. REQUERIMIENTO DE MINERALES EN ALEVINOS**

<b>Mineral</b>	<b>Cantidad</b>
Calcio	0,20 a 1,0 %
Fósforo	0.45 %
Magnesio	0,05%
Hierro	30 mg/kg
Zinc (1)	150 mg/kg
Yodo	0,6 a 1,1 mg/g
Selenio (2)	0,25 mg/kg
Cobre (2)	5,00 mg/kg
Manganeso	2,4 mg/kg

Fuente: CISANA (1996)

#### **2.14.5. Vitaminas**

Los requerimientos de vitaminas en los peces cuadro 4, anexo 3, varia con la edad, tamaño, índice de crecimiento, temperatura y la relación entre los diferentes nutrientes (CISANA, 1996).

La cantidad de vitaminas requeridas por los peces, son en pequeñas cantidades, pero su carencia causa un retardo en el crecimiento y contrae enfermedades (Hamamitsu, 2002).

**CUADRO 4. REQUERIMIENTO DE VITAMINAS PARA ALEVINOS**

<b>Vitaminas H.</b>	<b>Requerimiento</b>
Tiamina	10,0 mg.
Riboflavina	20,0 mg
Niacina	150,0 mg.
Piridoxina	10,0 mg.
Vitamina B12	0,02 mg.
Ac. Pantoténico	40,0 mg.
Ac. Fólico	5,0 mg.
Biotina	0,1mg.
Vitamina C	100,0 mg.
Inositol	400,0 mg.
Colina	3,000,0 mg.
<b>Vitaminas L.</b>	<b>Requerimiento</b>
Vitamina A	2,500 UI
Vitamina D3	2,400 UI
Vitamina E	30 UI
Vitamina K	10 mg

Fuente: CISANA (1996)

Las vitaminas son compuestos orgánicos que son requeridos por los peces en cantidades muy pequeñas y obtenidas a partir del pienso suministrado, algunas de ellas de la síntesis de su intestino (Imaki, 1987).

## **2.15. Aspectos ecológicos**

El desequilibrio ecológico y el peligro de extinción de esta especie se atribuye a diferentes factores como:

### **2.15.1. Depredación**

Es causada por las especies introducidas (trucha-pejerrey), ya que son muy veloces en su desplazamiento y voraces en sus hábitos alimenticios, pues a estas especies se los considera ictiófagos, por lo que causan disminución en las poblaciones nativas (Flores, 1997).

### **2.15.2. Sobrepesca**

La actividad pesquera se realiza de manera indiscriminada principalmente en épocas de veda y zonas de desove por una población aproximada de 12,000 pescadores de Perú y Bolivia (Flores, 1997).

Es otro factor para la disminución de recursos pesqueros del Lago Titicaca debido a la pesca descontrolada por parte de los pescadores y comerciantes usando para este cometido los anzuelos y redes de arrastre los cuales no son apropiados para la pesca (Castañon, 2003).

### **2.15.3. Baja fecundidad**

En las especies del género *Orestias* y *Basilichthyes*, se nota que la mayoría tienen un desove parcial es decir que los óvulos no son evacuados en su totalidad en un corto periodo de tiempo, sino en mas desoves dos a tres veces al año, teniendo épocas de mayor frecuencia de desove permitiendo el desarrollo de óvulos inmaduros reflejando una mayor fecundidad lo cual no ocurre con los *Trichomycterus* (Montoya, 1989).

#### **2.15.4. Contaminación**

Los agentes contaminantes que afecta a esta cuenca se incrementan constantemente con graves consecuencias para el ecosistema lacustre, contaminación no solo de tipo orgánico sino también por metales pesados como el cadmio, arsénico que están cercanos a alcanzar niveles permisibles (Flores, 1997).

#### **2.15.5. Legislación pesquera**

Falta una legislación pesquera específica para el lago, que proteja la biodiversidad. Pues la única normativa que contamos en nuestro país es el reglamento de Pesca y Acuicultura promulgado en 1990, la cual no esta acorde a la realidad del sector pesquero y no es cumplido por los pescadores (Castañon, 2003).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

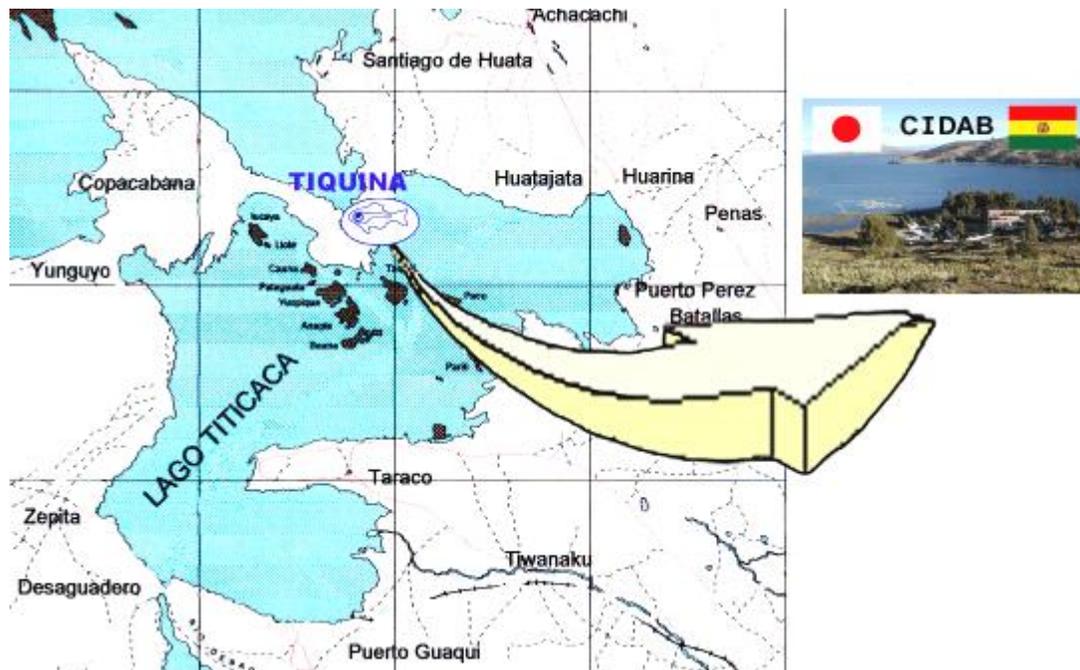
El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB), MAGDR-VAGPE, Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) (Fig. 15).

El mismo se encuentra en inmediaciones de la desembocadura del estrecho de Tiquina (Fig. 16), punto de división entre el Lago Mayor y el Lago Menor, geográficamente ubicado en el Lago Menor o Huiñaymarca, a 16°13' latitud Sur y 68°50' de latitud Oeste.



Fuente: Microsoft Encarta (2005)

Figura 15. Ubicación geográfica del CIDAB



Fuente: CIDAB (2004)

Figura 16. Ubicación del CIDAB en el Lago Titicaca

El CIDAB, se encuentra en el Departamento de La Paz, provincia Manco Kapac en el cantón San Pablo de Tiquina a 110 km. de la ciudad de La Paz, a una altitud de 3810 m.; la temperatura promedio anual es de 10.5 °C, La precipitación media registrada del promedio de 10 años es de 560 mm.

El CIDAB, actualmente se dedica a realizar trabajos referidos a la investigación y transferencias de tecnologías, para el cuidado de los recursos pesqueros del Lago Titicaca (CIDAB, 2004).

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Material biológico

Para la evaluación, fueron utilizados 3000 alevinos de suche (*T. rivulatus*), con un peso promedio de 4.70 mg (Fig. 17).



Figura 17. Material biológico, utilizado en la investigación

### 3.2.2. Material de laboratorio

- Ø 12 Acuarios
- Ø 12 Aireadores
- Ø 1 Balanza de precisión de 0.1 g.
- Ø 1 Estereoscopio
- Ø 1 Escamómetro
- Ø 1 Microscopio con cámara fotográfica
- Ø 3 Tamices de medidas diferentes
- Ø 2 Tanques cilindro cónicos
- Ø 2 Calentadores de agua
- Ø 3 Termómetros de mercurio
- Ø 1 Equipo para elaborar alimento
- Ø 1 Mortero
- Ø 2 Pipetas
- Ø 10 Porta y cubre objetos
- Ø 10 Cajas petri
- Ø 3 implementos de limpieza

### **3.2.3. Material de campo**

- Ø 1 Lancha
- Ø 3 Tamos con red planctónica
- Ø 1 Tamo recolector de cani cani
- Ø 5 Baldes
- Ø 7 Rollos para cámara fotográfica

### **3.2.4. Material de gabinete**

- Ø Planillas de control
- Ø Cuaderno de campo
- Ø Implementos y equipo de computación.
- Ø Marcadores
- Ø Bolígrafos

### **3.2.5. Reactivos**

- Ø Cloruro de sodio
- Ø Verde de malaquita
- Ø Hipoclorito de sodio
- Ø Eugenol o benzocaina

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Acondicionamiento de los acuarios**

Los acuarios instalados en el laboratorio de experimentos húmedos del CIDAB (Fig. 18), fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 5 %. Los mismos tuvieron las siguientes dimensiones: longitud 0.50 m., ancho 0.27 m., altura 0.27 m.; además la altura de la columna de agua fue de 0.17 m., con un caudal de 0.5 l/min.



**Figura 18. Acondicionamiento de los acuarios**

### 3.3.2. Obtención de alevinos

El proceso de fecundación e incubación, se realizó bajo la supervisión del CIDAB. Los progenitores fueron capturados en el Lago Mayor, en la localidad de Ancoraimes, de la provincia Omasuyos (Fig. 19).



Fuente: Microsoft Encarta (2005)

**Figura 19. Ubicación geográfica de Ancoraimes**

### 3.3.3. Distribución de los alevinos

En cada acuario se distribuyeron 250 alevinos de suche lo cual representó una unidad experimental (Fig. 20), con una densidad de 20 alevinos por litro.



**Figura 20. Muestra de una unidad experimental**

### 3.4. Alimento

El alimento proporcionado fue artificial (alimento balanceado) y natural (nauplios de artemia, plancton, canni canni), estos fueron suministrados *ad libitum*, iniciando la evaluación a partir de los 7 días después de la eclosión.

#### 3.4.1. Alimentos naturales

##### 3.4.1.1. Alimentación con plancton

Este alimento fue recolectado diariamente de la superficie del lago, se utilizó un tamo de red planctónica con abertura de 125 micras y 0.40 m. de diámetro. La recolección fue mediante el método de arrastre superficial horizontal (Fig. 21), a una profundidad de 0,20 a 0.40 m.



**Figura 21. Recolección del plancton en el Lago Titicaca**

Todo lo recolectado se depositó en recipientes para seleccionarlos por tamaño mediante un tamiz 125 micras de diámetro para las primeras semanas, luego se cambio por otro tamiz de 250 micras.

El plancton seleccionado se lo introdujo en forma directa a los acuarios como alimento natural.

#### **3.4.1.2. Alimentación con nauplios de artemia**

Los huevos de *artemia salina*, fueron dotados por el CIDAB. Para la alimentación con este microcrustáceo, previamente fueron incubados con el fin de obtener los nauplios de artemia, realizando el siguiente procedimiento:

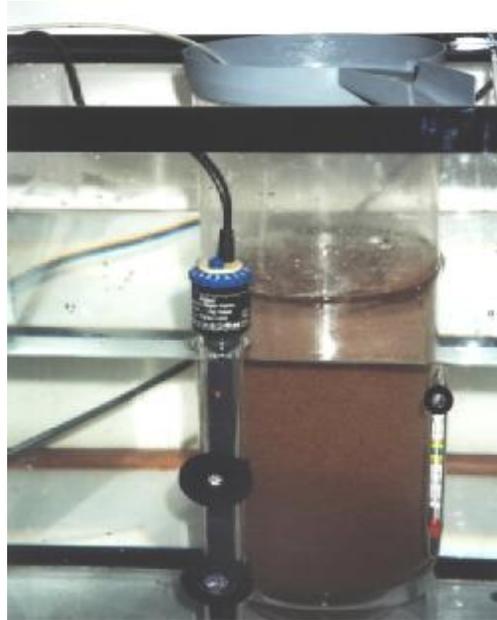
En una botella de Zoug se hidrataron los huevos de artemia (9 g.) en 1 litro de agua durante 1 hora, pasado este tiempo se agregó 3 litros de agua y se disolvió 100 g. de sal, obteniendo una mezcla homogénea; donde la proporción de los huevos hidratados fue de 2.25 g/l. y de sal 25 g/l.

Luego se instaló un aireador en la botella de Zoug, la misma fue sumergida en baño maria donde se controló la temperatura a 27 °C., con dos calentadores incorporados dentro de un tanque rectangular (Fig. 22).



**Figura 22. Incubación de nauplios de artemia**

El proceso de incubación dura 24 hrs. para obtener los nauplios de artemia. Una vez eclosionados las artemias, se procedió a extraer la cascarilla de los huevos. Para ello se suspendió la aireación y así la cascarilla pueda ascender a la parte superior de la botella, extrayéndolos con una malla milimétrica, quedando en la parte inferior solo la población de artemia (Fig. 23).



**Figura 23. Artemia salina, después de la eclosión**

Para nutrir los alevinos, de la botella de Zoug, se extrajeron los nauplios en vaso precipitado, y con una pipeta se procedió alimentar a los suches.

#### **3.4.1.3. Alimentación con triturado de cani cani (*Hyalella sp*)**

Estos fueron recolectados de las orillas del lago dos veces por semana; el acopio de este crustáceo (Fig. 24), se realizó con una red de mango de medio arco (Fig. 25). La cosecha fue depositada en recipientes para escurrirlos y seleccionarlos.



**Figura 24. Cani cani (*Hyalella sp*)**

Luego se deshidrataron los cani cani (*Hyalrella sp*) en horno a una T 80 °C. por 3 min. (no perdiendo sus propiedades nutritivas). Luego con un mortero se procedió a la obtención del triturado de cani cani.



Figura 25. Acopio de cani cani (*Hyalrella sp*) en orillas del Lago Titicaca

Para nutrir con este alimento, en un vaso precipitado se mezcló el triturado de cani cani con agua y con una pipeta (Fig. 26), se depositó el alimento a la base de cada acuario.



Figura 26. Alimentación con triturado de cani cani

### 3.4.2. Alimento artificial

#### 3.4.2.1. Alimentación con balanceado

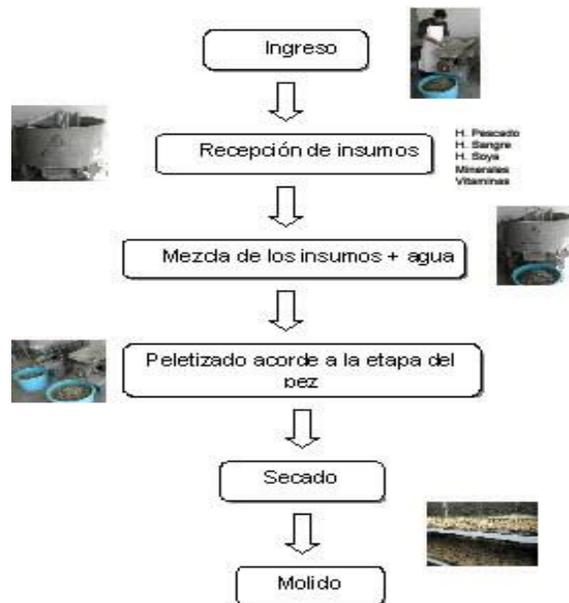
Se utilizó el alimento balanceado para alevinos de trucha. El alimento fue preparado a base de una ración balanceada formulada por el CIDAB cuadro 5, anexo 4, en función a los requerimientos nutricionales para alevinos de trucha.

CUADRO 5. FORMULACIÓN DE DIETAS PARA ALEVINOS DE TRUCHA

Concepto	Unidad	Cantidad	Formulación de Ración (%)
Harina de pescado	Kg.	31,50	42,00
Harina de soya	Kg.	28,50	38,00
Harina de sangre	Kg.	4,50	6,00
Harina de trigo	Kg.	3,80	5,00
Harina de afrecho	Kg.	3,00	4,00
Aceite de soya	Lt.	3,40	4,50
Acido ascórbico	Kg.	0,038	0,05
Premix vitamínico	Kg.	0,150	0,20
Minerales	Kg.	0,068	0,09
Vitamina E	Kg.	0,020	0,0266
Cloruro de colina	Kg.	0,066	0,088
<b>TOTAL</b>		<b>75,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CIDAB (2004)

La elaboración de este alimento se realizó en ambientes del centro efectuando el siguiente proceso (Fig. 27).



**Figura 27. Flujo de elaboración del alimento balanceado**

Una vez secado el alimento, se pulverizó, obteniendo una mezcla homogénea de la ración balanceada.

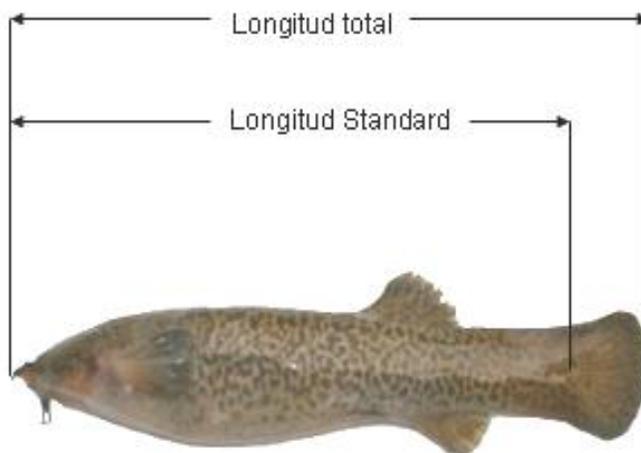
Para nutrir a los alevinos, en un vaso se mezcló el alimento balanceado con agua y con una pipeta se depositó el alimento a la base del acuario para su mejor asimilación (Fig. 28).



**Figura 28. Suministro del alimento balanceado**

### 3.5. Control del crecimiento

Los registros del crecimiento en peso y longitud se realizaron cada 30 días. Con el fin de obtener datos exactos, un día antes del pesaje se procedió a cortar todo suministro de alimento. Para realizar este control se consideró sus medidas morfométricas como: longitud standard, longitud total y peso (Fig. 29).



**Figura 29. Medidas morfométricas utilizadas**

El registro se realizó de la siguiente manera:

- De cada unidad experimental se extrajeron 10 alevinos, estos fueron trasladados al laboratorio de control.
- En el laboratorio se instaló el escamómetro (para medirlos), una balanza digital e insumos para el manipuleo (Fig. 30).
- En un recipiente, los alevinos fueron sometidos a una solución de anestesia del benzocaina o FA-100, utilizando dosis bajo indicaciones de fábrica (anexo 5), donde permanecieron por 10 seg. (esperando el efecto del mismo), momento en que se realizó las mediciones en el menor tiempo posible evitando que mueran o sufran un shock

- En una mesa se instaló dos acuarios con aireadores, uno contenía a los alevinos y el otro se usó para alevinos en proceso de recuperación del efecto de anestesia - FA 100.
- Terminado el registro, los alevinos fueron devueltos a su acuario correspondiente.



Figura 30. Equipo del escamómetro

### 3.5. Sanidad y limpieza

En fases larvarias es común encontrar ectoparásitos externos como el punto blanco (*Ictthiophthyrus multifilis*) y corona (*Trichodina sp*) (CIDAB 2004).

En caso de presentarse problemas patológicos en alevinos se recomienda aplicar baños con verde de malaquita en una concentración de 5 ppm. Sumergiéndolos por 60 seg (Castañon 2002).

Para evitar estas enfermedades se limpiaron los acuarios diariamente mediante el sifonamiento de los desechos (Fig. 31), antes de suministrar los alimentos.



**Figura 31. Implementos de limpieza**

### **3.7. Diseño experimental**

Los tratamientos fueron distribuidos en un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones (Fig. 32).



**Figura 32. Distribución de las unidades experimentales**

Según Pascuali (2004), el DCA tiene aplicaciones en diferentes áreas que comprende las Ciencias Agrícolas y Pecuarias como el presente caso; desde el punto de vista de su uso práctico tiene una aplicación en condiciones controladas lo que significa que los factores dentro de ese conjunto de factores, conducen a que los resultados sufran variaciones no estimados.

Este diseño debe reunir condiciones de homogeneidad donde las unidades experimentales gozan de las mismas condiciones, y la media es igual a cero, además su análisis es a través de la varianza donde exige una buena prueba de significancia.

Según Reyes (1999), coincide con Rodríguez (1991), este diseño es el más adecuado para la experimentación y evaluación de tratamientos en laboratorio, ya que proporciona el máximo número de grados de libertad para la estimación del error experimental. No requiriendo estimar datos faltantes, es decir, el diseño puede analizarse con diferentes números de repeticiones por tratamiento, donde las unidades experimentales son uniformes.

### 3.8. Modelo lineal

$$Y_{ij} = m + a_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Observación cualquiera

$m$  = Media general

$a$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$e_{ij}$  = Error experimental

Fuente: Calzada (1970)

### 3.9. Tratamientos

**T1** = Artemia salina (nauplios)

**T2** = Plancton

**T3** = Alimento balanceado

**T4** = Triturado de cani cani (*Hyaella sp*)

### 3.10. Prueba de Significancia

Se utilizó la prueba de significancia de Duncan

### **3.11. Análisis físico – químico del agua**

Antes de introducir a los alevinos en los acuarios se realizó el análisis físico-químico del agua, las mismas fueron examinadas cada 30 días. Las lecturas de temperatura se determinaron mediante el uso del termómetro manual de mercurio (Fig. 33). Los registros de pH. se obtuvieron mediante el método calorimétrico y la concentración del oxígeno disuelto expresado en mg/l. de agua fue realizado mediante el método de Winkler.



**Figura 33. Registro de temperatura**

### **3.12. Variables de respuesta**

#### **3.12.1. Supervivencia**

El control de esta variable se realizó diariamente, permitiendo hallar la mortalidad de los alevinos para cada tratamiento, ambas fueron expresadas en porcentaje.

#### **3.12.2. Crecimiento**

Existen dos maneras de medir el tamaño o talla de un pez: longitud (longitudes: total, estándar) y el peso (Imaki, 1987).

Para controlar el crecimiento en peces se recurre al tamaño y peso. En cultivo se utilizan las variables: peso, longitud total, longitud a la horca (zona media cóncava de la aleta caudal) y la longitud Standard (Barnabé, 1996).

### 3.12.3. Ganancia relativa de peso (GRP)

Esta variable, expresa el incremento porcentual del peso final respecto al inicial tomando en cuenta el peso total del pez según la siguiente expresión: (CAICYT, 1987).

$$CR = \frac{(Peso\ Total - Peso\ Inicial)}{Peso\ Inicial} \times 100$$

### 3.12.4. Factor de condición

Esta variable de respuesta se utilizó para valorar el estado nutritivo de los alevinos al final de la evaluación, indicando fundamentalmente el grado de bienestar que guarda la relación con el cambio en la corpulencia durante su vida.

Según Stevenson (1985), este factor de condición esta basado en la premisa del peso y es proporcional a la raíz cúbica de su longitud y su relación es la siguiente:

$$K = \frac{Peso\ Corporal}{(Longitud)^3} \times cte$$

CUADRO 6. FACTOR DE CONDICIÓN PARA PECES

Valor de k	Condición	Estado del pez
Menor a 1	Baja calidad	Largos y flacos
Igual a 1	Calidad optima	Proporcionados
Mayor a 1	Buena calidad	Bien alimentados

Fuente: Stevenson (1985)

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros de respuesta que se tomaron en cuenta en la evaluación fueron las siguientes: análisis físico y químico del agua, sobrevivencia, crecimiento en peso y longitud, ganancia relativa de peso, factor de condición y análisis económico de los alimentos.

### 4.1. Análisis físico – químico del agua

#### 4.1.1. Temperatura

La fluctuación de temperatura en el interior del acuario se presenta en la figura 34.

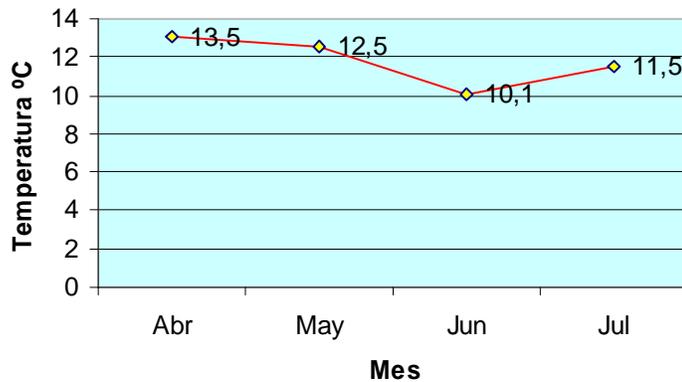


Figura 34. Temperatura registrada durante la evaluación

Se observa rangos de temperatura que variaron de 10.1 a 13,5°C., siendo mayor en el mes de abril 13,5°C debido a que este mes corresponde a la época de verano (época húmeda) y la mínima se registró en junio con 10.1°C atribuible a la época de invierno (época de estiaje). Las temperaturas de los acuarios presentan una influencia directa con la variación de las temperaturas del medio ambiente.

Las temperaturas registradas, durante el estudio corresponden a rangos aceptables para el desarrollo normal de los peces del Lago Titicaca, que oscila desde los 8°C hasta los 18°C. Por debajo de los 8°C el desarrollo es lento, mientras que por encima de los 18°C. se acelera el metabolismo con posible presencia de enfermedades parasitarias (CIDAB, 2004).

#### 4.1.2. Potencial de hidrógeno

El pH registrado, durante la evaluación se presenta en la figura 35.

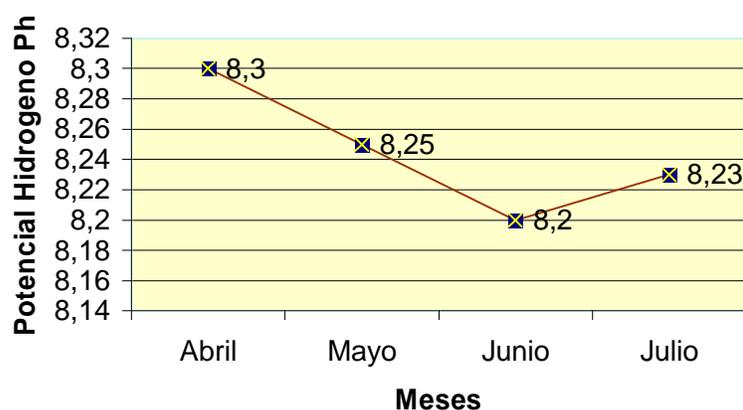


Figura 35. pH registrado durante la evaluación

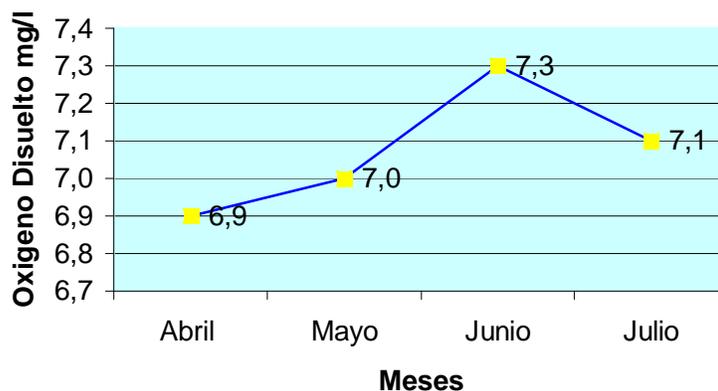
El potencial de hidrógeno del Lago Menor no sufre variaciones durante el año, fluctuando desde 8.2 en febrero a 8.4 en noviembre (Dejoux, Iltis, 1991).

Por lo tanto los rangos de pH, registrados en el medio acuático durante la evaluación están dentro de las fluctuaciones aceptables de 8.2 a 8.3 resultando ser un pH, ligeramente alcalino.

CIDAB (2004), menciona que en cualquier cuerpo de agua que se desarrolle la piscicultura debe estar en un pH neutro, considerando un rango aceptable desde 6.5 a 8.5 donde valores inferiores a 4.5 y superiores a 9.5 son mortales.

### 4.1.3. Oxígeno disuelto

La cantidad de oxígeno disuelto durante la evaluación se presenta en la figura 36.



**Figura 36. Oxígeno disuelto, registrado durante la evaluación**

La cantidad de oxígeno disuelto, tiene una estrecha relación con la temperatura y altitud del lugar; sí la temperatura es alta la cantidad de oxígeno disminuye; de igual manera si la altitud es mayor la concentración de oxígeno es menor, por lo tanto el oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la temperatura y altitud. Además La cantidad de oxígeno disuelto en el agua no debe ser inferior a 5,0 mg/l, por que los peces corren riesgo de asfixiarse. Por otra parte se considera como valores adecuados de oxígeno disuelto desde 5,0 hasta 12 mg/l. (Sarmiento, 2003).

En la figura 36, la variación del oxígeno disuelto varía de 6,9 mg/l en abril hasta 7,3 mg/l en junio, esta variación se atribuye a la fluctuación de la temperatura: presentando menor oxígeno disuelto en mes de abril por altas temperaturas 13,1°C y va aumentando la concentración de oxígeno a un máximo de 7,3 mg/l en junio a medida que disminuye la temperatura a 10.1°C., Por lo que las fluctuaciones del oxígeno disuelto están dentro del rango aceptable.

## 4.2. Supervivencia

Esta variable de respuesta se observó diariamente en base a registros de mortalidad, y los resultados (anexo 6), fueron expresados en porcentaje.

En el cuadro 7, anexo 7, se presenta la poblaci3n total inicio y final, los porcentajes de supervivencia y mortalidad de los alevinos para los diferentes alimentos.

**Cuadro 7. Porcentaje de supervivencia y mortalidad**

Tipo de alimento	Poblaci3n Total (Inicio)	Poblaci3n Viva (Final)	Mortalidad (Unidades)	% de supervivencia	% de mortalidad
Artemia salina	750	727	23	96,93	3,07
Plancton	750	707	43	94,27	5,73
Alimento bal.	750	599	151	79,87	20,13
Cani canis	750	637	113	84,93	15,07

Para esta variable de respuesta se realiz3 el an3lisis de varianza al final de la evaluaci3n, obteniendo los siguientes resultados.

**Cuadro 8. An3lisis de varianza para el % de supervivencia**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamientos	3	571,89	190,63	138,81	0,0001	**
Error	8	10,98	1,37			
Total	11	582,88				

CV = 1,32

El cuadro 8, anexo 8, muestra que el an3lisis de varianza del porcentaje de supervivencia al final de la evaluaci3n mostr3 diferencias altamente significativas, por lo que se rechaz3 la hip3tesis nula. Por otra parte el coeficiente de variaci3n fue de 1,32%, lo cual indic3 que el experimento fue realizado en condiciones favorables.

Seg3n el an3lisis de varianza de supervivencia, se realiz3 las pruebas de significancia de las medias de los tratamientos.

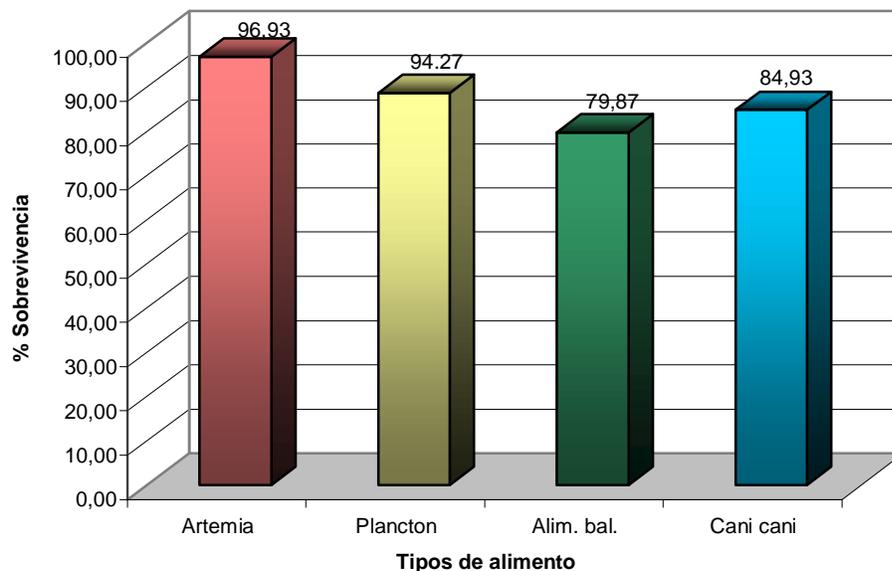
**Cuadro 9. Comparaciones de medias para el porcentaje de sobrevivencia**

<b>Tipos de Alimentos</b>	<b>Media de Vivos (%)</b>	<b>Prueba Duncan (0,05)</b>
Artemia	96,93	a
Plancton	94,27	b
Cani canis	84,93	c
Alimento balanc.	79,87	d

Del cuadro 9, figura 37, se deduce que los alevinos tratados con artemia y plancton mostraron un comportamiento similar, con porcentajes mayores de sobrevivencia de 96,93% y 94,27% respectivamente, lo cual se atribuye a que los alimentos vivos en su estado natural contienen mayor cantidad de energía, proteínas carbohidratos y lípidos (análisis bromatológico Anexo 40), pues la proteína es la fuente de energía y aminoácidos como arginina, glicina, alanina etc., como también los lípidos que son fuentes de energía para mantener la estructura e integridad de las membranas celulares.

Al respecto Pillay (2002), indica que para alimentar con artemia en peces en su estado larvario debe ser después de la eclosión (fase I), momento donde estas artemias tienen el máximo contenido de energía calorífica y energía libre, muy requerido para la actividad biológica y crecimiento; en contraparte después de 24 hrs. a la eclosión la energía calorífica disminuye en más del 20%.

Los alevinos tratados con artemia mostraron un mayor porcentaje de sobrevivencia 96,93% a diferencia del alimento balanceado con menor porcentaje 79,87%, existiendo una diferencia del 17,06%, lo cual es atribuible a que no existió homogeneidad en la composición estructural y nutritiva de los alimentos y a la falta de adaptación al alimento inerte.



**Figura 37. Porcentaje de sobrevivencia para cada alimento**

Los registros de mortalidad en los alevinos tratados con alimento balanceado fue 20,13% y triturado de cani cani fue 15,07%, debido a que estos alimentos son inertes y no permite un desarrollo acelerado en los alevinos, en consecuencia son susceptibles a la mortandad ya que no están adaptados para ingerir estos alimentos inertes. Al respecto Pillay (2002), indica que en criaderos los peces en su estado larval absorben su saco vitelino durante seis días, luego son sometidos a dietas formuladas donde los primeros ciclos de vida existe una mortandad considerable.

Huet (1998), manifiesta que después de la eclosión (fase larvaria) existen alevinos que no alcanzan a desarrollar su aparato digestivo existiendo mal formación corporal y deficiencias para absorber los alimentos, ocasionando la muerte de estos.

Daza (2002), obtuvo que los alevinos de *Orestias agassii* tratados con artemia y plánton tuvieron porcentajes mayores de sobrevivencia con 46,67 y 33,30 % respectivamente. Por tanto, los resultados obtenidos permite afirmar que los alevinos de suche mostraron un comportamiento superior respecto al *Orestias agassii*.

Según Daza (2002), la mortalidad en *Orestias agassii* fue alta para el alimento balanceado, debido a los alevinos no se adaptaron al alimento inerte. Comparando los porcentajes de mortalidad del *Trichomycterus rivulatus* 20,13% y *Orestias agassii* 90%, se deduce que el suche es una especie de mayor resistencia, por lo tanto se puede afirmar que es una especie que mejor se adapta al manejo en cautiverio.

### 4.3. Crecimiento

#### 4.3.1. Variación de la longitud corporal

Para determinar el crecimiento de los alevinos se consideró los resultados de la variable longitud estándar (mm.) anexo 10. En el cuadro 10, se muestra los análisis de varianza de longitud de los alevinos de suche para cada periodo de evaluación.

**Cuadro 10. Análisis de varianza mensual para la longitud del suche**

FV	GL	1er Mes		2do Mes		3ro Mes		4to Mes	
		Pr > F	Signif.						
Tratamiento	3	0,0001	**	0,0001	**	0,0001	**	0,0001	**
Error	8								
Total	11								
C.V.		1,09 %		1,94 %		1,32 %		1,79 %	

El cuadro 10, anexo 12, nos indica que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en cada periodo de evaluación, lo que representa que los alevinos tratados con los cuatro alimentos tienen un desarrollo diferente uno de otro. Con referencia a los coeficientes de variación, estos indicaron que el experimento se realizó en condiciones favorables.

Para un mejor análisis se realizó las comparaciones de las medias de los tratamientos donde los resultados se presentaron en el cuadro 11.

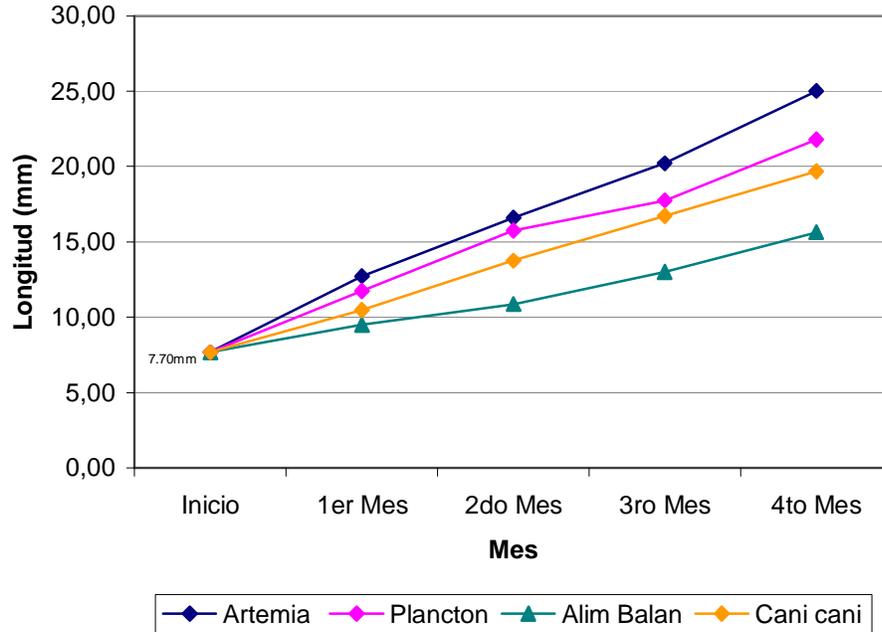
**Cuadro 11. Comparaciones de medias mensuales para la longitud (mm) del suche**

Tipos de Alimentos	1er Mes		2do Mes		3ro Mes		4to Mes	
	Longitud (mm)	Prueba Duncan						
Artemia	12,73	a	16,58	a	20,22	a	25,03	a
Plancton	11,76	b	15,75	b	17,75	b	21,80	b
Caní caní	10,50	c	13,75	c	16,72	c	19,69	c
Alim. bal.	9,50	d	10,88	d	13,02	d	15,64	d

Según la prueba múltiple de Duncan, existen diferencias significativas; donde los tratamientos con artemia y plancton presentaron valores superiores en relación a los otros tratamientos, siendo mayor la diferencia para los tratamientos del alimento balanceado y triturado de caní caní (*Hyalella sp*), manteniendo comportamientos similares en cada periodo de evaluación a un nivel de significancia del 5% (anexo 13). Al respecto Lagler *et al* (1984), señala que cuando existe ovas lo suficientemente maduras se producirán larvas grandes lo cual posibilita un mayor crecimiento corporal.

Respecto a las temperaturas registradas (10.1 a 13,5°C), Cowey (1980), menciona que las variaciones de temperatura en peces ocasionan trastornos en el metabolismo produciendo estrés, falta de apetito impidiendo el crecimiento y desarrollo corporal.

En la figura 38, se muestra la etapa de inicio, donde se consideró una longitud inicial de 7,70mm., para los cuatro tratamientos, a partir de la cual se fueron diferenciándose las longitudes en cada evaluación.



**Figura 38. Variación de la longitud del suche durante la evaluación**

En la cuarta evaluación, el tratamiento con artemia alcanzó la mayor longitud con 25,03 mm., seguido del plancton 21,80 mm., triturado de cani cani 19,69 mm., y con menor longitud el alimento balanceado 15,64 mm.

El incremento en longitud corporal, fue mayor para la artemia, creciendo en un promedio mensual de 4,33 mm, seguido del plancton con 3,53 mm.; luego el cani cani con 3,00 mm. y con menor longitud el alimento balanceado 1,99 mm. De la cual se establece que el incremento en longitud por mes de los alevinos a base de artemia y plancton tiene un promedio de 2,18 veces, el alimento balanceado logró un promedio de 1.6 veces.

Daza (2002), alcanzó un mayor crecimiento en longitud para el *Orestias agassii* con artemia y plancton, lo cual nos permite aseverar que se logra mayor crecimiento en longitud con estos alimentos.

### 4.3.2. Análisis de regresión simple para la longitud

El ajuste lineal se realizó para determinar la variación de la longitud en el tiempo, considerando como variable dependiente (Y) a la longitud de los alevinos (mm), y el tiempo (meses) como variable independiente (x), figura 39.

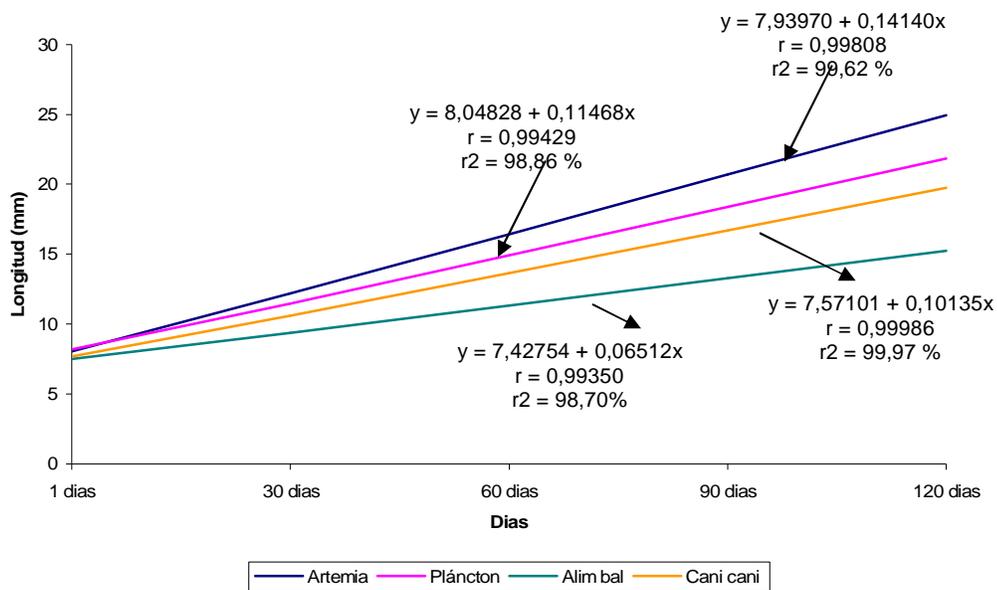


Figura 39. Curvas de longitud en función al tiempo de estudio

De la figura 39, se deduce que las líneas de ajuste presentaron diferentes coeficientes de regresión lineal (pendiente) para los alimentos, siendo mayor el coeficiente de regresión para el tratamiento con nauplios de artemia ( $b = 0,14$ ), lo que significa que habrá un incremento mayor de longitud en el tiempo a diferencia de las rectas de menor pendiente, el alimento balanceado ( $b = 0,06$ ).

### 4.3.3. Variación del Peso

Para determinar el crecimiento en peso (mg), se consideró los resultados (anexo 14). En el cuadro 12, se presenta los análisis de varianza para el peso de los alevinos del suche para cada periodo de evaluación.

**Cuadro 12. Análisis de varianza mensual para el peso del suche**

FV	GL	1er Mes		2do Mes		3ro Mes		4to Mes	
		Pr > F	Signif.						
Tratamiento	3	0,0001	**	0,0001	**	0,0001	**	0,0001	**
Error	8								
Total	11								
<b>C.V.</b>		1,56 %		4,71 %		0,90 %		1,42 %	

El cuadro 12, anexo 16, nos indica que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, logrando alcanzar pesos diferentes entre los tratamientos. Con referencia a los coeficientes de variación, estos indicaron que el experimento se realizó en condiciones favorables.

Para un mejor análisis se realizó las comparaciones de las medias mensuales de los pesos del suche, donde los resultados se presentan en el cuadro 13.

**Cuadro 13. Comparaciones de medias mensuales para el peso (mg) del suche**

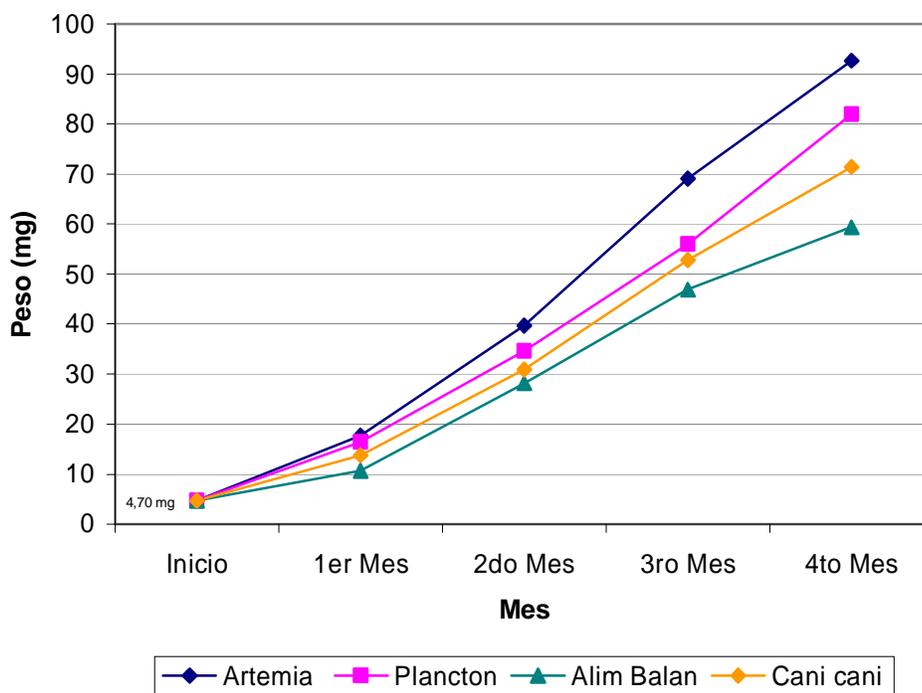
Tipos de alimentos	1er Mes		2do Mes		3ro Mes		4to Mes	
	Peso (mg)	Prueba Duncan						
Artemia	17,70	a	39,70	a	69,10	a	92,73	a
Plancton	16,43	b	34,63	b	56,03	b	81,87	b
Cani cani	13,83	c	30,90	c	52,83	c	71,40	c
Alim. bal.	10,73	d	28,10	c	46,90	d	59,37	d

Según la prueba de Duncan, existen diferencias significativas donde los tratamientos con artemia y plancton presentaron valores superiores con referencia a los otros tratamientos, resultando mayor la diferencia para los tratamientos del alimento balanceado y triturado de cani cani, manteniendo similar comportamiento en cada periodo de evaluación a un nivel de significancia del 5% (anexo 17).

A excepción del segundo mes donde los tratamientos del triturado de caní caní y alimento balanceado fueron estadísticamente iguales en su peso con 30,90 mg y 28,10 mg respectivamente esto se atribuye a que los alevinos asimilaron de la misma forma los alimentos.

Al respecto Huet (1998), indica que la temperatura nunca debe ser inferior a 1°C, ni ser superiores a los 20°C.; cuando son altas las necesidades nutricionales es más intenso y no es compensada con una alimentación suficiente, ocasionando una pérdida de peso y esta pérdida es mayor cuando la temperatura es elevada.

En la figura 40, se muestra la etapa de inicio, donde se consideró un peso inicial 4,70 mg., para los cuatro tratamientos a partir del cual se fueron diferenciando el peso del suche para cada periodo de evaluación.



**Figura 40. Variación del peso del suche durante la evaluación**

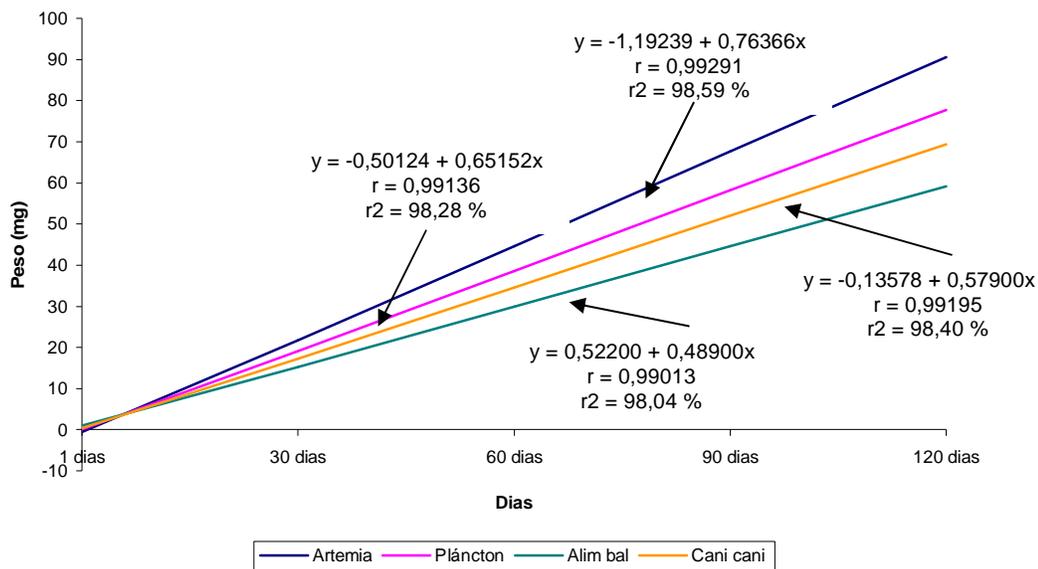
En la primera evaluación los cuatro tratamientos mostraron un crecimiento lento, este comportamiento se observó hasta la segunda evaluación, a partir de la tercera evaluación se observa que el alimento balanceado y triturado de cani cani tienen un desarrollo lento a diferencia de los alimentos vivos, y en la cuarta evaluación la artemia y el plancton mostraron un desarrollo mas acelerado a diferencia de los alimentos inertes.

En cada etapa de evaluación la artemia logró resultados superiores, y en la etapa final el tratamiento con artemia mostró un mayor incremento en peso 92,32 mg., con referencia a los demás tratamientos como el alimento balanceado que logró un peso menor 59,37 mg.

Comparando resultados, Daza (2002), registró un mayor incremento en peso para el *Orestias agassii* con artemia, mientras que para el *Trichomycterus rivulatus* se logró 92,32 mg., lo que nos permite afirmar que el suche es una especie que se adecua a condiciones de cautiverio.

#### **4.3.4. Análisis de regresión simple para el peso**

Para determinar la variación del peso en las etapas de evaluación se realizó el ajuste lineal figura 41. Considerando como variable dependiente (Y) al peso de los alevinos (mg), y el tiempo (meses) como una variable independiente. (X).



**Figura 41. Curvas de crecimiento del peso en función al tiempo de estudio.**

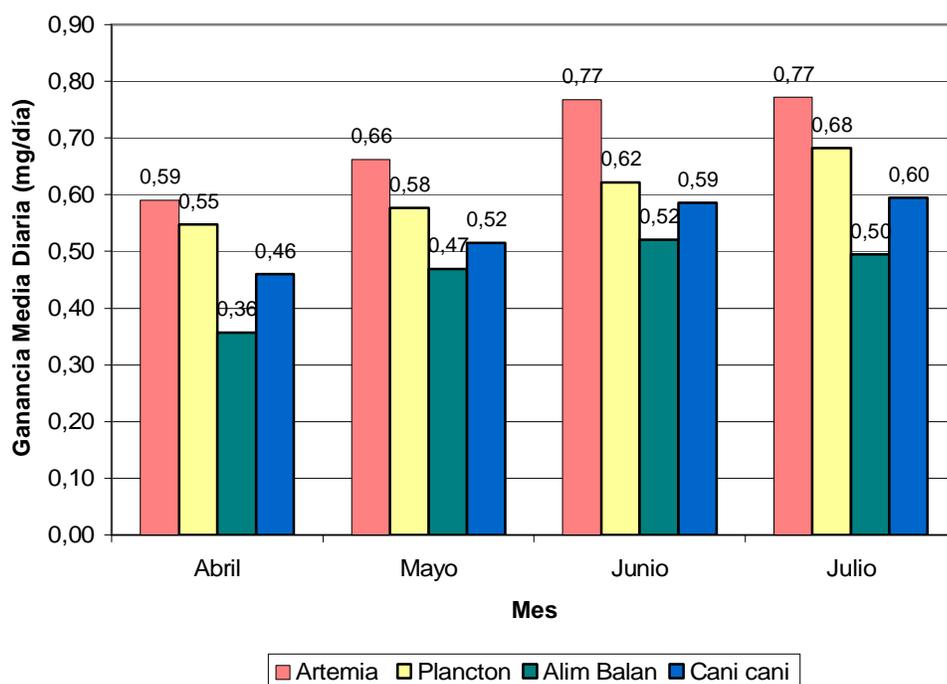
De la figura 41, se concluye que las líneas de ajuste presentaron diferentes coeficientes de regresión lineal (pendiente) para cada tipo de alimento, siendo mayor el coeficiente de regresión para la artemia ( $b = 0,76$ ), lo que significa que habrá un incremento mayor de peso en el tiempo a diferencia de las rectas con menor pendientes como es el caso del alimento balanceado ( $b = 0,49$ ).

#### 4.3.5. Ganancia media diaria

Los resultados mostrados, condujeron a realizar un análisis del efecto de la composición de los nutrientes en términos de Ganancia Media Diaria ( $\text{mg}/\text{dia}^{-1}$ ), donde los nutrientes fueron determinados mediante el análisis bromatológico (anexo 25), realizado en el laboratorio de bromatología del CIDAB.

El análisis bromatológico fue realizado mediante el método Kjeldahl para proteína; la humedad, método desecación por estufa; las cenizas, método de calcinación (anexo 26).

En la figura 42, anexo 22, se muestra el comportamiento de los cuatro tratamientos que tuvo cada 30 días, esta ganancia media diaria para Alcázar (1997), es una variable de respuesta muy útil para evaluar los alevinos como también a su lote, el mismo, evalúa el cambio de peso del pez en el tiempo que dura el proceso de evaluación.



**Figura 42. Ganancia media diaria de peso**

El tratamiento con artemia logró una ganancia 0,59 mg. por día, resultando mayor entre los demás tratamientos; y a los 120 días fue de 0,77 mg/día, siendo la diferencia en incremento de 0,18 mg durante el periodo de estudio.

Lo cual evidencia un incremento ascendente de ganancia media diaria, que esta relacionado con el desarrollo corporal del pez. Similar comportamiento se logró con los otros alimentos, aunque en menores ganancias de peso, como en el alimento balanceado de 0,38 mg/día en abril a 0,50 mg/día en julio.

### Resultados del análisis bromatológico (Nutrientes en base seca)

	% Lípidos	% Cenizas	%Proteínas	% Carbohidratos
<b>Artemia</b>	23,7748	4,7574	63,0602	8,4076
<b>Balanceado</b>	6,8055	12,0826	55,0752	26,0367
<b>Plancton</b>	2,4159	6,8426	51,4327	39,3087
<b>Cani canis</b>	2,8705	31,1765	45,8254	20,1276

Según los resultados de la composición de proteínas, los tratamientos de artemia y plancton, lograron pesos y longitudes de similar comportamiento, donde alcanzaron un rango de 63% y 51% respectivamente, por lo tanto, el nivel aproximado de proteínas para el suche estaría en un rango del 57%.

Al respecto CAICYT (1987), asevera que los peces son capaces de obtener mayor proceso de metabolismo a partir de la síntesis de proteínas y mayor energía a partir de los lípidos.

Matty (1985), indica que una de las causas para que los alimentos inertes tengan un desarrollo menor, se deba a las fuentes de proteínas de origen vegetal (pues están presentes en una proporción del 30%), donde los peces no asimilan o tardan en ser digeridas a diferencia de las proteínas de origen animal.

Los requerimientos de lípidos aumentan con la disminución de la temperatura, además la deficiencia de estos produce una disminución del desarrollo corporal del pez. Los lípidos son reservorios de energía que sirven para mantener la estructura e integridad de las membranas celulares de los peces (CAICYT, 1987).

#### 4.4. Ganancia relativa del peso (%)

Esta variable de respuesta permitió expresar el crecimiento en peso como porcentaje del peso inicial considerando los resultados obtenidos (anexo 18).

En el cuadro 14, se presenta los análisis de varianza para la ganancia relativa de peso (GRP), para cada periodo de evaluación.

**Cuadro 14. Análisis de varianza mensual para la GRP del suche**

FV	GL	1er Mes		2do Mes		3ro Mes		4to Mes	
		Pr > F	Signif.						
Tratamiento	3	0,0001	**	0,0001	**	0,0001	**	0,0001	**
Error	8								
Total	11								
C.V.		2,30 %		4,48 %		1,00 %		1,56 %	

El cuadro 14, anexo 20, muestra que el análisis de varianza determinó que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en estudio, lo que representa que el aumento porcentual del peso de los alevinos tratados con los cuatro alimentos no es similar en un mismo tiempo. Además con referencia a los coeficientes de variación, estos indicaron que el experimento se realizó en condiciones favorables, por lo cual los resultados son confiables.

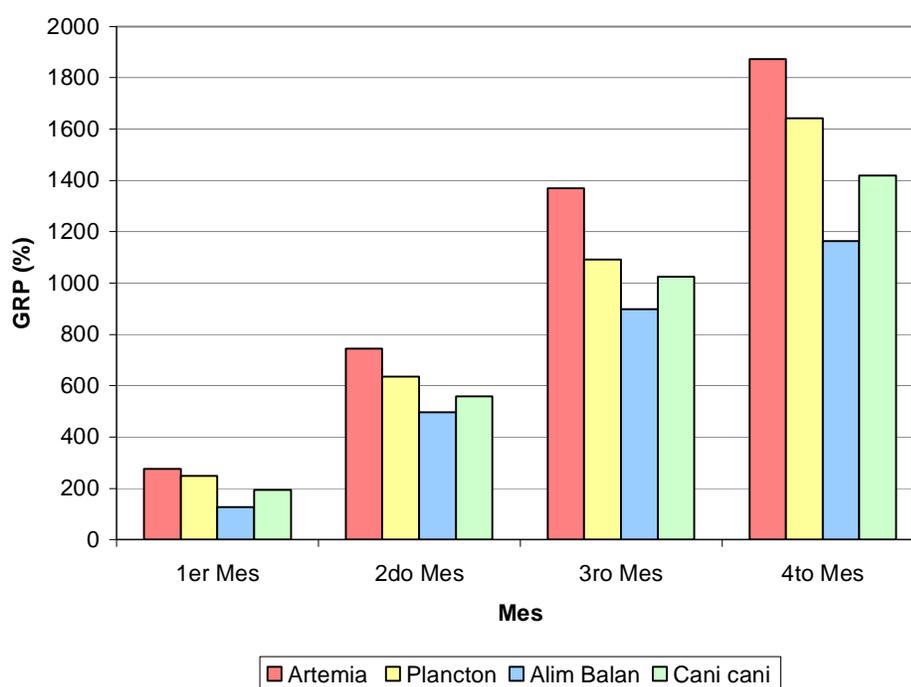
Para un mejor análisis se realizó las comparaciones de las medias de la ganancia relativa de peso, donde los resultados se mostraron en el cuadro 15.

**Cuadro 15. Comparaciones de medias mensuales para la GRP (%) del suche**

Tipos de alimentos	1er Mes		2do Mes		3ro Mes		4to Mes	
	Peso (%)	Prueba Duncan						
Artemia	276,59	a	744,68	a	1370,21	a	1873,05	a
Plancton	249,65	b	636,88	b	1092,20	b	1641,84	b
Canis canis	194,32	c	557,44	c	1024,11	c	1419,15	c
Alim. bal.	128,37	d	497,87	c	897,87	d	1163,12	d

Según la prueba de Duncan para la GRP, nos reflejó que existió diferencias significativas donde los tratamientos con artemia y plancton presentaron valores superiores con referencia a los demás tratamientos, siendo mayor la diferencia para los tratamientos del alimento balanceado y triturado de cani cani, mostrando similar comportamiento en cada periodo de evaluación a un nivel de significancia del 5% (anexo 21).

A excepción del segundo mes donde los tratamientos del triturado de cani cani y alimento balanceado fueron estadísticamente iguales en su GRP con 557,44% y 497,87% respectivamente esto se atribuye a que los alimentos presentaron una constitución nutritiva similar, ya que ambos alimentos son inertes y se los suministró en forma pulverizada.



**Figura 43. Variación mensual de la ganancia relativa de peso (%)**

En la figura 43, anexo 19, nos muestra el comportamiento de la GRP del suche para cada periodo de evaluación existe un comportamiento creciente para cada alimento, donde al final de la evaluación la artemia mostró una GRP mayor 1873,05%, luego el plancton con 1641,84%, el triturado de cani cani con 1419,15%, y con una menor GRP el alimento balanceado con 1163,12 %.

#### 4.5. Factor de condición

Esta expresión permitió cuantificar en forma numérica el grado de bienestar nutricional de los alevinos al final de la evaluación (anexo 23). Para ello se utilizó la expresión matemática de Stevenson (1985).

**Cuadro 16. Relación de la proporción del factor de condición (%) a los 120 días**

Tipo de Alimento	Delgado (%)	Normal (%)	Gordo (%)
Nauplios de artemia	100,00	0,00	0,00
Plancton	85,70	14,30	0,00
Alimento balanceado	0,00	0,00	100,00
Cani cani	42,90	42,90	14,20

Los resultados del cuadro 16, nos muestra que el tratamiento con artemia determinó una condición delgada del 100 %, lo cual no indica que con este alimento sean realmente delgados, sino desarrollaron en longitud corporal, lo que determinó su mayor peso respecto a los demás tratamientos, como se puede evidenciar en las variables evaluadas.

El tratamiento con plancton determinó una condición delgada del 85 % logrando desarrollar una mayor longitud corporal.

El tratamiento con alimento balanceado presentó que el 100 % de los alevinos en estudio, corresponden a la condición de gordura, que aparentemente son los que podrían tener mayor peso corporal, siendo la realidad diferente, que al no crecer en longitud son pequeños con un perímetro torácico proporcional a su tamaño, siendo los que resultaron con menor peso.

Los alevinos tratados con triturado de caní caní mostraron una condición entre normal y delgada, lo cual contrastando con los resultados hallados en peso y longitud menores, se puede indicar que estos alevinos no lograron desarrollos significativos en las variables mencionadas, manteniendo en gran medida una condición física normal.

#### 4.6. Análisis económico de los alimentos.

El análisis económico del estudio, no consideró el cálculo de beneficio neto y la relación Beneficio/Costo, debido a la naturaleza del estudio que fue de carácter netamente investigativo; Por lo que no se llegaron a etapas de comercialización.

Donde se consideró únicamente los costos de producción para cada alimento. En el cuadro 17, anexo 27, se muestra los costos de producción total para cada alimento. Donde la producción de artemia fue la más costosa, con un costo total 430,04 \$us; seguido de la producción del alimento balanceado con 347,58 \$us, luego el triturado de caní caní con 304,40 \$us y con un costo bajo el plancton con 260,20 \$us.

**Cuadro 17. Análisis económico de costos de producción, en \$us.**

Trat.	DESCRIPCIÓN	Costos parciales (\$us)				Costo Total (\$us)
		Abr	May	Jun	Jul	
T1:	Elaboración de nauplios de artemia	143,54	95,5	95,5	95,5	430,04
T3:	Producción del alimento balanceado	121,7	75,3	75,3	75,3	347,58
T4:	Elabor. del triturado de caní caní	93,5	70,3	70,3	70,3	304,40
T2:	Recolección del pláncton	80,2	60,0	60,0	60,0	260,20

La producción de artemia mostró un costo inicial de 143,54 \$us disminuyendo a 95,50 \$us, valor que se mantuvo constante cada 30 días, donde el costo por alevino se cotizó en 0,57 \$us. (Anexo 28).

La producción del alimento balanceado fue la segunda mas de 121,70 \$us, disminuyendo a 75,30 \$us, valores que se mantuvieron constantes por cada 30 días, donde cada alevino se cotizó en 0,48 \$us (Anexo 29).

La elaboración del triturado de caní caní resultó económico, alcanzando un costo inicial de 93,50 \$us para el primer mes, disminuyendo a 70,30 \$us, valores que se mantuvieron constantes por cada 30 días, donde el costo por alevino se cotizó en 0,37 \$us (Anexo 30).

El alimento más económico fue el plancton, con 80,2 \$us para el primer mes, disminuyendo a 60,0 \$us, valores que se mantuvieron constantes para cada 30 días donde el costo por cada alevino se cotiza en 0,32 \$us (Anexo 31).

Considerando los costos de producción de artemia y alimento balanceado resultaron los más caros, al respecto Pillay (2002), indica que los costos de adquisición de quistes de artemias son elevados, pero garantizan el desarrollo corporal de los peces en su estado larval. Además la elaboración para producir alimentos artificiales asciende en un 40 a 60% de los costos de producción, cuando se realizan alimentos completos.

La alimentación artificial es uno de los principales medios que existen en piscicultura para aumentar y asegurar la producción en granjas piscícolas empero los costos de producción también se elevan debido a los costos de los insumos como la harina de pescado por contener un alto contenido proteico Huet (1998).

El alimento del triturado de caní caní (*Hyalella sp.*), resultó ser otra alternativa como alimento para criar a esta especie en condiciones de cautiverio, logrando resultados superiores al alimento balanceado

Con referencia a los alimentos de la artemia y el alimento balanceado requieren de procesos de transformación, mediante equipos y diferentes maquinarias.

Evaluando los resultados obtenidos en las variables de sobrevivencia, crecimiento y en los costos de producción el tratamiento con plancton es sin duda el más aconsejable para esta investigación que esta referido a la recuperación y conservación del suche.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Durante los 120 días de evaluación los alevinos de suche, demostraron su capacidad de sobrevivir en ambientes ajenos a su hábitat demostrando resistencia frente al manipuleo en los acuarios.
2. Hasta los 120 días de evaluación los alevinos tratados con alimentos vivos artemia (T1) y plancton (T2) alcanzaron las mayores tasas de sobrevivencia a diferencia de los tratados con alimentos inertes como el triturado de canis canis (T4) y alimento balanceado (T3).
3. Los alevinos tratados con alimentos inertes; alimento balanceado (T3) y triturado de canis canis (T4), mostraron una tasa de mortalidad moderadamente alta del 20,13%, 15,07% respectivamente, esto debido a la manipulación, a la falta de desarrollo del tracto digestivo, ó a la falta de adaptabilidad a este tipo de alimento.
4. El crecimiento en peso y longitud para los alevinos tratados con artemia (T1) y plancton (T2), mostraron un desarrollo corporal más acelerado a diferencia de los tratados con alimento balanceado (T3) y triturado de canis canis (T4).
5. Considerando que los tratamientos de artemia (T1) y plancton (T2), lograron pesos y longitudes de similar comportamiento, y que la composición de proteína alcanzó un rango de 63% y 51% respectivamente, se concluye que el nivel aproximado de proteínas para los alevinos de suche estaría en un rango del 57%.

6. Al final de la evaluación la ganancia relativa de peso, demostró que los tratamientos con alimento vivo; artemia (T1) y plancton (T2), fueron superiores a los tratamientos inertes; triturado de canis canis (T4) y alimento balanceado (T3).
7. El Factor de Condición, determinó que el tratamiento con artemia mostró una condición delgada del 100%; el alimento balanceado mostró que el 100% alcanzó una condición de gordura; los tratados con triturado de canis canis, mostraron una condición normal del 43%; el plancton mostró una condición delgada del 85% de su población.
8. Económicamente el tratamiento con artemia resultó la más costosa de la evaluación con 430,04 \$us; el alimento balanceado fue el segundo más costoso 347,58 \$us; el triturado de canis canis fue de 303,40 \$us y finalmente el plancton resultó ser el más económico con 260.2 \$us de los alimentos.
9. Al final de la evaluación el tratamiento con artemia mostró valores superiores en las diferentes variables de respuesta, demostrando ser el alimento más eficiente, donde los costos de producción resultaron ser los más elevados.
10. Considerando los resultados obtenidos en las diferentes variables de respuesta, se concluye que el tratamiento con plancton es el alimento más aconsejable y viable de esta evaluación.

## 5. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones realizadas, se recomienda lo siguiente:

1. Considerando que las investigaciones respecto al suche son muy escasos y limitados, además por estar catalogado como especie vulnerable a la extinción se recomienda: realizar trabajos de recuperación enfocados a la fecundación, nutrición y domesticación de esta especie endémica con el fin de conservar la biodiversidad del Lago.
2. Para la crianza de esta especie en cautiverio se recomienda una estricta limpieza y desinfección de los acuarios antes de introducirlos y durante su estadía, con el fin de proteger del contagio de cualquier patógeno y así garantizar el desarrollo normal de los alevinos.
3. Con el fin de obtener la mayor probabilidad de sobrevivencia de los alevinos se recomienda utilizar reproductores mayores a los 29 cm de longitud, pues éstos garantizan obtener ovas maduras y por ende alevinos resistentes y saludables.
4. Los alevinos criados en cautiverio, se recomienda liberarlos, en las zonas donde fueron capturados sus progenitores; después de 40 – 50 días de la eclosión, pues a esta edad los alevinos ya se encuentran lo suficientemente fuertes para retornar a su hábitat.

5. Desarrollar más técnicas de cultivo del zooplancton en laboratorio, como una alternativa de alimento para esta especie en su etapa inicial de alevinaje.
6. El suministro de alimentos inertes, debe realizarse introduciendo el mismo a la base de los acuarios y así conseguir una mejor asimilación.
7. De acuerdo a la información obtenida, se debe establecer las necesidades nutricionales para esta especie en su estado de alevino, juvenil y adulto.

## 8. LITERATURA CITADA

- ALCAZAR, J. 1997. "Bases para la alimentación y la formulación manual de raciones" Producciones gráficas Génesis. La Paz – Bolivia. 157 p.
- ALT. 2002. Autoridad Binacional Autónoma del sistema hídrico Titicaca – Desaguadero – Poopó "III Congreso Latinoamericano de manejo de cuencas hidrográficas". La Paz – Bolivia. p. 9-11
- ALT. 2003. Autoridad Binacional Autónoma del sistema hídrico Titicaca – Desaguadero – Poopó "Informes de la regulación de los niveles del Lago Titicaca y de los caudales del río desaguadero" marzo, 2003. La Paz – Bolivia. 10 p.
- AMAT, F. 1985. "Biología de Artemia". Informe técnico. Instituto de Investigación Pesquera. s. l.; s. n. 60 p.
- ATENCIO y ALFARO. 2000. "Serie sinopsis de especies nativas". Publicación nº 171. Mes de diciembre. Publicaciones QOLLA. Puno, Perú.
- ATENCIO, S. 1998. "Aportes a la sistemática de la ictiofauna nativa del Lago Titicaca. Trabajo investigativo. Puno, Perú.
- BARNABÉ, G. 1996. "Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura". Trad. Por Eduardo Cunchillos Martínez . Zaragoza, España. Acribia. P. 307-399.
- CAICYT. 1987. "Alimentación en acuicultura". Madrid, España. Primera edición. Industrias gráficas España S. L. 303 p.
- CALZADA, B. 1970. "Experimentación Agrícola". Ediciones Agro. Ganaderas, S.A. Lima – Perú. 215 p.

- CASTAÑON, V. 1994. "Evaluación de técnicas de desove e incubación artificial para *Orestias luteos*". Tesis de grado, UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. p 30-69.
- CASTAÑON, V. 2002. "Piscicultura". Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. Comunicación personal.
- CASTAÑON, V. FLORES, T., LIMACHI J., 2003. Manual pesquero para el repoblamiento del Lago Titicaca con peces nativos. Prefectura del Departamento de La Paz. Unidad de Pesca y Acuicultura.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO ACUÍCOLA BOLIVIANO. 2002. proyecto "Conservación de la biodiversidad en la cuenca del Lago Titicaca". La Paz, Bolivia. s.n. p. 2-5.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO ACUÍCOLA BOLIVIANO. 2004. proyecto 3 "Conservación de la biodiversidad en especies nativas en la cuenca del Lago Titicaca". La Paz, Bolivia. s.n. p. 35.
- CISANA. 1996 "I Curso internacional Sobre Alimentación y Nutrición Animal " Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú Ed. Universitaria .p 10 – 30.
- COWEY, C.B. 1980. Protein metabolism in fisch. In Protein Deposition in Animals. (Edited by Buttery, P.J. and Lindsay, D.B.). pp 271-288. Butterworths, London.
- CUENCA y GARCIA. 1985. "Demand – feeding behaviour of Trout". 7th. Conferene Fish Cultura. Barcelona. B5 - 15
- DAZA, L. 2002. "Evaluación de tres tipos de alimento en alevino de carachi (*Orestias agassii*) en condiciones de cautiverio" Tesis de grado, UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. p 38-48.

- DEJOUX C. 1988 Panorama de la Fauna Béntica del Altiplano Boliviano, Congreso Iberoamericano del Caribe sobre la Pesca y la Acuicultura Venezuela 13 p. multigr.
- DEJOUX C., ILTIS A., 1991 El Lago Titicaca, Síntesis del conocimiento limnológico actual. ORSTOM - HISBOL La Paz - Bolivia.
- ERGUETA P. MORALES C. 1996. Libro Rojo de los vertebrados de Bolivia, Producido por el "Centro de Datos Para la Conservación" Impresiones: Editorial Offset Boliviana EDOBOL. La Paz Bolivia.
- FLORES, O. 1997. "Apoyo a las actividades pesqueras y de acuicultura en la cuenca del Lago Titicaca. Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT).
- HAMAMITSU 2002 Reproducción Artificial y hábitos alimenticios de la trucha Arco Iris, Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB-JICA).
- HEPHER, B 1993 Nutrición de peces comerciales en estanques. 1era edición México Edit. LIMUSA 406 P.
- HUET, M. 1998. "Tratado de piscicultura". Edit. Aedos S.A. Ediciones Muni Prensa. Madrid – España. 733 p.
- IMAKI, A. 1987. "Introducción a la crianza de Trucha Arco Iris". Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. Centro de Desarrollo Pesquero. Ediciones CIMA. Impreso en Bolivia. 79 p.
- INFANTE, A. 1998. El plancton de las Aguas Continentales. Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C. 109 p.
- LAGLER, K., BARDACH, J. MILLER, R y MAY PASSINO, D. 1984. "Ictiología" 1ra Edición. Mexico. Editorial AGT. Editor S.A. 162 p.

- LAUZANE, L. 1996. "Especies nativas del Lago Titicaca" Publicación de investigación científica
- LIDEMA. 1997. Liga de defensa del medio Ambiente "Proyecto de estudio de la calidad de agua en el Lago Titicaca para el uso en acuicultura" La Paz – Bolivia. 50 p.
- LOUBENS, G. 1989 Observations sur les poisson de la partie bolivienne du lac Titicaca. *Salmo gairdneri* et problemes d'amenagement Rev. Hydrobiol. trop 21 (2) 157, 177
- LOUBENS, G. 1992. "Especies introducidas *Salmo gairdneri*; en el Lago Titicaca". Editorial HISBOL – ORSTOM. Primera edición. 580 p.
- LOUBENS, G., OSORIO, F. 1990 "Observations sur les poisson de la partie bolivienne du lac Titicaca. *Orestias spp* Rev. Hydrobiol. trop 21 (2)
- LOUBENS, G. OSORIO, F. SARMIENTO, J. 1996 "Observations sur les poisson de la partie bolivienne du lac Titicaca. Milieux et peuplement. rev. Hydrobiol. 153-161.
- MARTINEZ. I. 1987. Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación practica. Alimentación acuícola Editorial De Los monteros. Madrid – España FEUGA, 295 – 307 p.
- MATTY, A. 1985. "The Hormonal control of metabolism and feeding". En "Fish energetics New perspectives". Ed. Por Tytler, P. y Callow., P. Croom Helm Ltd. Londres. pp. 185 – 209.
- MICROSOFT ENCARTA. 2005. Enciclopedia Encarta. Reservados todos los derechos.
- MONTOYA, S. 1989. "Estudio de parámetros de la Bioecología del género *Trichomycterus* (mauri) en el Lago Titicaca" Tesis UNA, Puno. 101 p.

- MONTES DE OCA, I. 1997 Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. La Paz Bolivia 247 – 251 p.
- NORTHCATE, M. 1991. “Contaminación en el Lago Titicaca”. Informe investigativo. UNA. Puno, Perú.
- OSORIO, F. 2004. “Biología - Ictiología” Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Biología. La Paz, Bolivia. Comunicación personal.
- PAGGI, J.C. 1995. *Crustácea, Cladóceros*. Lopretto. E.C. XG Tell “Ecosistemas de Aguas Continentales”, Mitologías para su estudio III Ed. Sur, La Plata 909 – 951 p.
- PASCUALI, J. 2004. “Diseños Experimentales” Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. Apuntes de clases.
- PILLAY, T.V.R. 2002 Principios y Prácticas en Acuicultura Editores Noriega, LIMUSA (Roma – Italia), México, España, Colombia. 699 p.
- PELT. 1995. (PROYECTO ESPECIAL DEL LAGO TITICACA). “Evaluación de los impactos ambientales primera fase reconocimiento del medio natural”. Plan director nacional de protección – prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del Lago Titicaca, río desaguadero, Lago Poopó y salar de Coipasa. Vol. A-B. (215-315 p).
- PELT. 2002. (PROYECTO ESPECIAL DEL LAGO TITICACA). “Reproducción y siembra de las especies Icticas nativas de la cuenca del Titicaca”
- PELT. 2004. (PROYECTO ESPECIAL DEL LAGO TITICACA). “Estudio geográfico y localización de los peces nativos de la cuenca del Titicaca”
- POLANCO, E. 2000. “La acuicultura” Biología , regulación , fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial. Fundación Alfonso Martín Escudero. España Madrid. 246 p.

- REYES, P. 1999. "Diseños de Experimentos aplicados" Editorial Trillas S:A. México. 345 p.
- RODRÍGUEZ, J. 1991. "Métodos de investigación pecuaria". Editorial Trillas. Primera edición. 205 p.
- SARMIENTO, J. 2004. "Biología - Ictiología" Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Biología. La Paz, Bolivia. Comunicación personal.
- SARMIENTO, J., AZABACHE, L. e HINOJOSA A. 1987. "Sinopsis biológica de las principales especies ícticas del Lago Titicaca". Editorial IMARPE. Primera edición. 173 p.
- SIMENSTAD, C. 1982. "Fish food habits studies". ED. Por Calliet, G. Washington Sea Grant Public., Seattle. pp. 33 – 46
- STEVENSON, J. 1985. "Manual de crías de la Trucha". Editorial Acribia. Madrid España. 145 p.
- ZUÑIGA G. *et al.* 1984. Estudio preliminar sobre la bioecología del *Trichomycterus sp.* en los alrededores del Lago Titicaca. Trabajo investigativo UNA. Puno, Perú.

# ANEXOS

## Anexo 1. Aminoácidos más requeridos

Aminoácidos Esenciales		Aminoácidos no Esenciales	
Arginina	Arg	Alanina	Ala
Histidina	His	Asparagina	Asn
Isoleucina	Ile	Aspartato	Asp
Leucina	Leu	Cisteina	Cys
Lisina	Lys	Glutamato	Glu
Fenilalanina	Phe	Glutamina	Gln
Metionina	Met	Glicina	Gly
Triptófano	Trp	Prolina	Pro
Valina	Val	Tirosina	Tyr

Fuente: CAICYT (1987)

## Anexo 2. Requerimiento de minerales en alevinos

Mineral	Cantidad
Calcio	0,20 a 1,0 %
Fósforo	0.45 %
Magnesio	0,05%
Hierro	30 mg/kg
Zinc (1)	150 mg/kg
Yodo	0,6 a 1,1 mg/g
Selenio (2)	0,25 mg/kg
Cobre (2)	5,00 mg/kg
Manganeso	2,4 mg/kg

Fuente: CISANA (1996)

### Anexo 3. Requerimiento de Vitaminas para alevinos

<b>Vitaminas H.</b>	<b>Requerimiento</b>
Tiamina	10,0 mg.
Riboflavina	20,0 mg
Niacina	150,0 mg.
Piridoxina	10,0 mg.
Vitamina B12	0,02 mg.
Ac. Pantoténico	40,0 mg.
Ac. Fólico	5,0 mg.
Biotina	0,1mg.
Vitamina C	100,0 mg.
Inositol	400,0 mg.
Colina	3,000,0 mg.
<b>Vitaminas L.</b>	<b>Requerimiento</b>
Vitamina A	2,,500 UI
Vitamina D3	2,400 UI
Vitamina E	30 UI
Vitamina K	10 mg

Fuente: CISANA (1996)

### Anexo 4. Formulación de dietas para alevinos de trucha

(Ver hoja adjunta)

Fuente: CIDAB 2005

## Anexo 5. Dosificación de Benzocaina



Figura 44. Solución de Benzocaina (F-100)

Su dosis es de 1 cc. de solución de benzocaina por cada 10 lt., su nombre comercial 4 - Allyl - 2 - methoxyphenol

## SOBREVIVENCIA Y MORTALIDAD

### Anexo 6. Resultados del % de sobrevivencia y mortalidad de los alevinos del suche, para cada alimento

Alimentos	% SOBREVIVENCIA Y MORTALIDAD				
	Pobl. Total Inicio	Nº vivos Final	Nº muertos	% de vivos	% mortalidad
Artemia S.	250	242	8	96,8	3,2
Artemia S.	250	242	8	96,8	3,2
Artemia S.	250	243	7	97,2	2,8
Plancton	250	235	15	94	6
Plancton	250	235	15	94	6
Plancton	250	237	13	94,8	5,2
Alim. Balan.	250	194	56	77,6	22,4
Alim. Balan.	250	201	49	80,4	19,6
Alim. Balan.	250	204	46	81,6	18,4
Cani cani	250	210	40	84	16
Cani cani	250	212	38	84,8	15,2
Cani cani	250	215	35	86	14
<b>Promedio</b>		<b>222,5</b>	<b>27,5</b>	<b>89</b>	<b>11</b>
<b>Desv. Est.</b>		<b>18,2</b>	<b>18,2</b>	<b>7,28</b>	<b>7,28</b>
<b>Mediana</b>		<b>225</b>	<b>25</b>	<b>90</b>	<b>10</b>

**Anexo 7. Registro de la población total de sobrevivencia y mortalidad de los alevinos del suche para cada alimento.**

Tipo de alimento	Población Total (Inicio)	Población Viva (Final)	Mortalidad (Unidades)	% de sobreviven	% de mortalidad
Nauplios artemia	750	727	23	96,93	3,07
Plancton	750	707	43	94,27	5,73
Alimento balanc.	750	599	151	79,87	20,13
Cani cani	750	637	113	84,93	15,07

**Anexo 8. Análisis de varianza para el porcentaje de sobrevivencia**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	571,89	190,63	138,81	0,0001	**
Error	8	10,98	1,37			
Total	11	582,88				

CV = 1,32

**Anexo 9. Comparación de medias para el porcentaje de sobrevivencia**

Tipos de alimentos	Media de Vivos (%)	Prueba Duncan (0,05)
Artemia	96,93	a
Plancton	94,27	b
Cani cani	90,00	c
Alimento balanc.	86,40	d

## CRECIMIENTO EN LONGITUD

### Anexo 10. Resultados de las variaciones mensuales de longitud (mm) para el suche

Alimentos	Longitud estándar (mm)			
	1er MES	2do MES	3er MES	4to MES
Artemia S.	12,77	17,03	20,35	24,5
Artemia S.	12,61	16,03	19,78	25,08
Artemia S.	12,80	16,68	20,52	25,51
Plancton	11,78	15,77	17,81	21,69
Plancton	11,90	15,67	17,78	21,83
Plancton	11,61	15,82	17,65	21,88
Alim. Balan.	9,47	10,85	12,97	15,74
Alim. Balan.	9,38	10,77	13,11	15,14
Alim. Balan.	9,64	11,01	12,97	16,05
Cani cani	10,48	13,68	16,61	19,52
Cani cani	10,42	13,64	16,94	19,58
Cani cani	10,61	13,94	16,62	19,98
<b>Promedio</b>	<b>11,12</b>	<b>14,24</b>	<b>16,93</b>	<b>20,54</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>1,28</b>	<b>2,21</b>	<b>2,60</b>	<b>3,42</b>
<b>Mediana</b>	<b>11,11</b>	<b>14,81</b>	<b>17,30</b>	<b>20,84</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 11. Resultados de los promedio mensuales de longitudes para cada tipo de alimento

Alimento	Inicio	Longitud (mm)			
		1er Mes	2do Mes	3ro Mes	4to Mes
Artemia	7,7	12,73	16,58	20,22	25,03
Plancton	7,7	11,76	15,75	17,75	21,80
Alim Balan	7,7	9,50	10,88	13,02	15,64
Cani cani	7,7	10,5	13,75	16,72	19,69

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 12 (a, b, c, d).**

**Anexo 12 (a). Análisis de varianza para la longitud del suche a los 30 días.**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	18,03	6,01	410,76	0,0001	**
<b>Error</b>	8	0,11	0,01			
<b>Total</b>	11	18,15				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 1,09 %

Media general = 11,12 mm

**Anexo 13 (a, b, c, d).**

**Anexo 13 (a). Comparación de medias para la longitud (mm) del suche a los 30 días.**

Tipos de Alimentos	1er Mes	
	Longitud (mm)	Prueba Duncan
Artemia	12,73	a
Plancton	11,76	b
Cani cani	10,50	c
Alim. bal.	9,50	d

**Anexo 12 (b). Análisis de varianza para la longitud del suche a los 60 días.**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	57,94	19,31	253,47	0,0001	**
<b>Error</b>	8	0,60	0,07			
<b>Total</b>	11	58,55				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 1,94%

Media general = 14,24 mm

**Anexo 13 (b). Comparación de medias para la longitud (mm) del suche a los 60 días.**

Tipos de Alimentos	2do Mes	
	Longitud (mm)	Prueba Duncan
Artemia	16,58	a
Plancton	15,75	b
Cani cani	13,75	c
Alim. bal.	10,88	d

**Anexo 12 (c). Análisis de varianza para la longitud del suche a los 90 días.**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	80,47	26,83	538,58	0,0001	**
<b>Error</b>	8	0,39	0,05			
<b>Total</b>	11	80,87				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 1,31%

Media general = 16,92 mm

**Anexo 13 (c). Comparación de medias para la longitud (mm) del suche a los 90 días.**

Tipos de Alimentos	3ro Mes	
	Longitud (mm)	Prueba Duncan
Artemia	20,22	a
Plancton	17,75	b
Canis canis	16,72	c
Alim. bal.	13,02	d

**Anexo 12 (d). Análisis de varianza para la longitud del suche a los 120 días.**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	139,32	46,44	342,01	0,0001	**
<b>Error</b>	8	1,09	0,14			
<b>Total</b>	11	140,41				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 1,79 %

Media general = 20,54 mm

**Anexo 13 (d). Comparación de medias para la longitud (mm) del suche a los 120 días.**

Tipos de Alimentos	4to Mes	
	Longitud (mm)	Prueba Duncan
Artemia	25,03	a
Plancton	21,80	b
Canis canis	19,69	c
Alim. bal.	15,64	d

## VARIACION EN PESO

Anexo 14. Resultados de las variación del peso (mg) para los alevinos del suche.

Alimentos	Peso (mg)			
	1er MES	2do MES	3er MES	4to MES
Artemia S.	17,4	39,6	68,7	91,3
Artemia S.	17,8	39,4	69,5	94,8
Artemia S.	17,9	40,1	69,1	92,1
Plancton	16,2	34,6	55,4	82,0
Plancton	16,4	34,5	56,7	81,7
Plancton	16,7	34,8	56,0	81,9
Alim. Balan.	10,7	33,5	47,3	59,7
Alim. Balan.	11,0	25,9	47,1	58,1
Alim. Balan.	10,5	24,9	46,3	60,3
Cani cani	13,9	31,9	52,9	72,0
Cani cani	13,7	30,6	53,2	70,9
Cani cani	13,9	30,2	52,4	71,3
<b>Promedio</b>	<b>14,68</b>	<b>33,33</b>	<b>56,22</b>	<b>76,34</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>2,79</b>	<b>4,98</b>	<b>8,50</b>	<b>12,95</b>
<b>Mediana</b>	<b>15,05</b>	<b>34,00</b>	<b>54,30</b>	<b>76,85</b>

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15. Resultado de los promedios mensuales del peso (mg) para cada tipo de alimento

Alimento	Inicio	Peso (mg)			
		1er Mes	2do Mes	3ro Mes	4to Mes
Artemia	4,70	17,70	39,70	69,10	92,70
Plancton	4,70	16,40	34,60	56,00	81,90
Alim Bal.	4,70	10,70	28,10	46,90	59,40
Cani cani	4,70	13,80	30,90	52,80	71,40

Fuente: Elaboración Propia

Anexos 16 (a, b, c, d).

Anexos 16 (a). Análisis de varianza para el peso del suche a los 30 días.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	85,46	28,49	542,62	0,0001	**
<b>Error</b>	8	0,42	0,52			
<b>Total</b>	11	85,88				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 1,56 %

Media general = 14,67 mg

Anexo 17 (a, b, c, d).

Anexo 17 (a). Comparación de medias para el peso (mg) del suche a los 30 días.

Tipos de Alimentos	1er Mes	
	Peso (mg)	Prueba Duncan
Artemia	17,70	a
Plancton	16,43	b
Cani cani	13,83	c
Alim. bal.	10,73	d

Anexo 16 (b). Análisis de varianza para el peso del suche a los 60 días.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	226,60	75,53	30,63		*
Error	8	19,73	2,47			
Total	11	246,33				

\*\* Significativo al nivel de 1 % CV = 4,71 % Media general = 33,33 mg

Anexo 17 (b). Comparación de medias para el peso (mg) del suche a los 60 días.

Tipos de Alimentos	2do Mes	
	Peso (mg)	Prueba Duncan
Artemia	39,70	a
Plancton	34,63	b
Cani cani	30,90	c
Alim. bal.	28,10	c

Anexo 16 (c). Análisis de varianza para el peso del suche a los 90 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	792,78	264,26	1029,59	0,0001	**
Error	8	2,05	0,26			
Total	11	794,83				

\*\* Significativo al nivel de 1 % CV = 0,90 % Media general = 56,22 mg

**Anexo 17 (c). Comparación de medias para el peso (mg) del suche a los 90 días.**

Tipos de Alimentos	3ro Mes	
	Peso (mg)	Prueba Duncan
Artemia	69,10	a
Plancton	56,03	b
Cani cani	52,83	c
Alim. bal.	46,90	d

**Anexo 16 (d). Análisis de varianza para el peso del suche a los 120 días.**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	1035,35	611,78	490,41	0,0001	**
<b>Error</b>	8	9,98	1,25			
<b>Total</b>	11	1845,33				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 1,46 %

Media general = 76,34 mg

**Anexo 17 (d). Comparación de medias para el peso (mg) del suche a los 120 días.**

Tipos de Alimentos	4to Mes	
	Peso (mg)	Prueba Duncan
Artemia	92,73	a
Plancton	81,87	b
Cani cani	71,40	c
Alim. bal.	59,37	d

## GANANCIA RELATIVA DE PESO (GRP)

**Anexo 18. Resultados de las variaciones mensuales de la GRP (%), para los alevinos del suche.**

Alimentos	GRP (%)			
	1er MES	2do MES	3er MES	4to MES
Artemia S.	270,21	742,55	1361,70	1842,55
Artemia S.	278,72	738,30	1378,72	1917,02
Artemia S.	280,85	753,19	1370,21	1859,57
Plancton	244,68	636,17	1078,72	1644,68
Plancton	248,94	634,04	1106,38	1638,30
Plancton	255,32	640,43	1091,49	1642,55
Alim. Balan.	127,66	612,77	906,38	1170,21
Alim. Balan.	134,04	451,06	902,13	1136,17
Alim. Balan.	123,40	429,79	885,11	1182,98
Cani cani	195,74	578,72	1025,53	1431,91
Cani cani	191,49	551,06	1031,91	1408,51
Cani cani	195,74	542,55	1014,89	1417,02
<b>Promedio</b>	<b>212,23</b>	<b>609,22</b>	<b>1096,10</b>	<b>1524,29</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>59,45</b>	<b>105,94</b>	<b>180,86</b>	<b>275,58</b>
<b>Mediana</b>	<b>220,21</b>	<b>623,40</b>	<b>1055,32</b>	<b>1535,11</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 19. Variación mensual de la ganancia relativa de peso, en porcentaje**

Alimento	GRP (%)			
	1er Mes	2do Mes	3ro Mes	4to Mes
Artemia	276,60	744,68	1370,21	1872,34
Plancton	248,94	636,17	1091,49	1642,55
Alim Balan	127,66	497,87	897,87	1163,83
Cani cani	193,62	557,45	1023,40	1419,15

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20 (a, b, c, d).

Anexo 20 (a). Análisis de varianza para la GRP del suche a los 30 días.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	38689,06	12896,35	542,61	0,0001	**
Error	8	190,14	23,77			
Total	11	38879,19				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 2,29 %

Media general = 212,23 %

Anexo 21 (a, b, c, d).

Anexo 21 (a). Comparación de medias para la GRP (%), del suche a los 30 días.

Tipos de Alimentos	1er Mes	
	Peso (%)	Prueba Duncan
Artemia	276,59	a
Plancton	249,65	b
Cani cani	194,32	c
Alim. bal.	128,37	d

Anexo 20 (b). Análisis de varianza para la GRP del suche a los 60 días.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	102582,40	34194,13	30,63	0,0001	**
Error	8	8930,12	1116,27			
Total	11	111512,52				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 5,84 %

Media general = 609,22 %

**Anexo 21 (b). Comparación de medias para la GRP (%), del suche a los 60 días.**

Tipos de Alimentos	2do Mes	
	Peso (%)	Prueba Duncan
Artemia	744,68	a
Plancton	636,88	b
Cani cani	557,44	c
Alim. bal.	497,87	c

**Anexo 20 (c). Análisis de varianza para la GRP del suche a los 90 días.**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	358883,69	119627,88	1029,75	0,0001	**
Error	8	929,37	116,17			
Total	11	359813,07				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 0,98 %

Medi a general = 1096,09 %

**Anexo 21 (c). Comparación de medias para la GRP (%), del suche a los 90 días.**

Tipos de Alimentos	3ro Mes	
	Peso (%)	Prueba Duncan
Artemia	1370,21	a
Plancton	1092,20	b
Cani cani	1024,11	c
Alim. bal.	897,87	d

**Anexo 20 (d). Análisis de varianza para la GRP del suche a los 120 días.**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Tratamiento	3	830846,66	276948,88	490,39	0,0001	**
Error	8	4517,97	564,74			
Total	11	835364,64				

\*\* Significativo al nivel de 1 %

CV = 1,55 %

Media general = 1524,29 %

**Anexo 21 (d). Comparación de medias para la GRP (%), del suche a los 120 días.**

Tipos de Alimentos	4to Mes	
	Peso (%)	Prueba Duncan
Artemia	1873,05	a
Plancton	1641,84	b
Cani cani	1419,15	c
Alim. bal.	1163,12	d

**Anexo 22. Ganancia Media Diaria de peso.**

Alimentos	Ganancia Media Diaria (mg/día)				Promedio
	Abril	Mayo	Junio	Julio	
Artemia	0,59	0,66	0,77	0,77	<b>0,70</b>
Plancton	0,55	0,58	0,62	0,68	<b>0,61</b>
Alim Balan	0,36	0,47	0,52	0,50	<b>0,46</b>
Cani cani	0,46	0,52	0,59	0,60	<b>0,54</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,49</b>	<b>0,56</b>	<b>0,62</b>	<b>0,64</b>	<b>0,58</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 23. Resultados de los promedios de longitud y peso para determinar el índice de % del factor de condición (FC).**

Alimentos	Peso (mg)	Longitud (mm)	FC (%)
Artemia S.	91,30	24,50	0,62
Artemia S.	94,80	25,08	0,60
Artemia S.	92,10	25,51	0,55
Plancton	82,00	21,69	0,80
Plancton	81,70	21,83	0,79
Plancton	81,90	21,88	0,78
Alim. Balan.	59,70	15,74	1,53
Alim. Balan.	58,10	15,14	1,67
Alim. Balan.	60,30	16,05	1,46
Cani cani	72,00	19,52	0,97
Cani cani	70,90	19,58	0,94
Cani cani	71,30	19,98	0,89
<b>Promedio</b>	<b>76,34</b>	<b>20,54</b>	<b>0,97</b>
<b>Desv. Estándar</b>	<b>12,95</b>	<b>3,57</b>	<b>0,38</b>
<b>Mediana</b>	<b>76,85</b>	<b>20,84</b>	<b>0,85</b>

**Anexo 24. Resultados en % para el factor de condición (FC), para cada tipo de alimento.**

<b>Alimentos</b>	<b>Peso (mg)</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>FC (%)</b>
Artemia	92,7	25,03	0,59
Plancton	81,9	21,8	0,79
Alim Balan	59,4	15,64	1,55
Cani cani	71,4	19,69	0,94

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 25. Análisis Bromatológico (Realizado en el Laboratorio del CIDAB)**

(Ver hojas adjunto)

Fuente: CIDAB 2004

## **Anexo 26. (a,b,c,d).**

### **Anexo 26 (a). Metodología para análisis bromatológico de proteína.**

#### **1.1 Digestión**

- Ø Pesar con precisión 0.5 a 1 g de muestra homogénea en un papel libre de nitrógeno, envolver e introducir dentro de un tubo de digestión Kjeldahl.
- Ø Paralelamente se debe poner en marcha un ensayo sin muestra (blanco).
- Ø Agregar 3 g de catalizador (  $K_2SO_4 : CuSO_4$  9:1) y 10 ml. de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado al tubo. Realizando una digestión moderada en el digestor a una  $T^{\circ} = 250$  °C por 30 min. A 1 hora.
- Ø Promover la digestión vigorosa, calentando por 3 a 4 horas, hasta que la solución adquiera una coloración verde durante 30 min.
- Ø Enfriar y diluir hasta 100 ml. en un matraz aforado.

#### **1.2 Destilación**

- Ø En un matraz Erlenmeyer (F), se debe colocar 10 ml. de  $H_2SO_4$  a 0.05 N y dos gotas de indicador de ácido/base (rojo de metilo o azul de metileno), debajo del tubo de descarga, de tal forma que la punta esté inmersa en el líquido.
- Ø Incorporar 5 ml. de la solución muestra al recipiente de destilación (D), esto mediante un embudo (C).
- Ø Agregar 100 ml. de solución de hidróxido de sodio  $NaOH$  al 30%, esto debe estar dirigido al recipiente de destilación mediante el embudo (C), previo lavado del embudo con agua destilada.
- Ø Llevar a ebullición el contenido del frasco (A), y se debe mantener durable por lo menos generado en el recipiente de destilación (D).



**Figura 45. Análisis bromatológico de proteína.**

- A.** Generador de vapor
- B.** Tampa de vapor
- C.** Embudo
- D.** Recipiente para destilación
- E.** Condensador
- F.** Matras erlenmeyer
- G.** Grapas



Figura 46. Determinación de proteínas por el método Kjeldahl.

#### Anexo 26 (b). Humedad

##### Método de desecación por estufa

- Ø Calentar en el horno el recipiente destapado a 110 °C por una hora.
- Ø Enfriar el recipiente tapado en una campana de desecación por 30 min. hasta que tenga la temperatura ambiente.
- Ø Luego se procede a pesar con precisión el frasco más su tapa en g.
- Ø Adicionar 1 g de muestra homogénea y tomar el dato en g → **(A)**
- Ø Calentar el recipiente destapado en horno a 110 °C, durante dos horas.
- Ø Enfriar el recipiente tapado en un desecador hasta que alcance una temperatura ambiente.
- Ø Pesar el recipiente tapado con la muestra. → **(B)**
- Ø Repetir el calentado y enfriado hasta que el peso sea constante
- Ø Se registrara el último peso. → **(C)**

##### CALCULO:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(B - C)}{(B - A)} \times 100$$

**Anexo 26 (c). Ceniza.**

- Ø Calentar el crisol con tapa en mufla a 600°C por 1 hora.
  - Ø Dejar durante la noche para que enfrié hasta 110°C.
  - Ø Enfriar el crisol con tapa en un desecador por 30 minutos.
  - Ø Pesar con precisión el crisol con tapa.
- 

**(A)**

- Ø Adicionar 1 – 2 gramos de la muestra homogénea y pesar
- 

**(B)**

- Ø Calentar el crisol con tapa en mufla a 600°C.
- Ø Dejar durante la noche.
- Ø Enfriar el crisol tapado en un desecado hasta temperatura ambiente.
- Ø Pesar el crisol tapado con la muestra.

**(C)**

**CALCULO**

$$\% \text{ CENIZA} = \frac{(C - A)}{(B - A)} \times 100$$



Figura 47. Determinación de cenizas por el método de calcinación

**Anexo 26 (d). Lípido (Extracto etéreo).**

- Ø Secar el frasco de extracción en horno a 110°C por 1 hora, enfriar en un desecador por 30 minutos, luego pesar.
  - Ø Repetir el proceso.
- 

**(A)**

- Ø Pesar 1 – 2 gramos de la muestra homogénea desmenuzada en un tubo filtro (tarado), añadir 15 gramos Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y cubrir con algodón.
- 

**(B)**

- Ø Secar en horno a 90 – 100°C durante 2 horas.
  - Ø Colocar el tubo filtro con la muestra seca en la cámara de extracción (Figura 48).
  - Ø Conectar el condensador y el frasco de extracción, conteniendo 100 ml de éter.
  - Ø Calentar el frasco de extracción a 60°C por 16 horas.
  - Ø Retirar el tubo filtro de la cámara de extracción.
  - Ø Evaporar el éter del frasco de extracción y recuperarlo en la cámara de extracción.
  - Ø Secar el frasco de extracción en horno de 110 °C.
  - Ø Enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y obtener peso constante.
- 

**(C)**

**CALCULO**

$$\% \text{ LIPIDOS} = \frac{(C - A)}{(B)} \times 100$$



Figura 48 Cámara de extracción Soxhlet

**Anexo 27. Análisis económico de costos de producción (\$us).**

Trat.	DESCRIPCIÓN	Costos parciales (\$us)				Costo Total (\$us)
		Abr	May	Jun	Jul	
<b>T1:</b>	Elaboración de nauplios de artemia	143,54	95,5	95,5	95,5	430,04
<b>T3:</b>	Producción del alimento balanceado	121,7	75,3	75,3	75,3	347,58
<b>T4:</b>	Elabor. del triturado de cani cani	93,5	70,3	70,3	70,3	304,40
<b>T2:</b>	Recolección del plancton	80,2	60,0	60,0	60,0	260,20

**Anexo 28. Costos de producción para la elaborar nauplios de artemia (\$us).**

CONCEPTO	T I E M P O (Dias)				COSTO TOTAL FINAL
	30	60	90	120	
Huevos de artemia	30,5	30,5	30,5	30,5	
Botella de zoug	6,3				
Acuario	6,05				
Termómetros	11,5				
Calentadores	5,4				
Manguera distribución	0,45				
Piedra difusora	0,7				
Aireador	3,7				
Balanza de precisión	5,7				
Vaso precipitado	4,37				
Cloruro de sodio	0,57				
Consumo de energía	15,0	15,0	15,0	15,0	
Pipeta	3,3				
Costo del operador	50,0	50,0	50,0	50,0	
Costo Total (\$us)	<b>143,54</b>	<b>95,5</b>	<b>95,5</b>	<b>95,5</b>	<b>430,04</b>
Costo p/c alevino (\$us)	<b>0,57</b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>	

**Anexo 29. Costos de producción para el alimento balanceado (\$us).**

CONCEPTO	T I E M P O (\$us)				Costo Total Final
	30	60	90	120	
Alimento	1,33				
Mezcladora	5,1				
Molino	7,7				
Peletizadora	15,7				
Balanza digital	5,7				
Contenedor del alimento	3,2				
Bandejas de secado	3,5				
Ambiente para secado	4,5				
Energía	15,3	15,3	15,3	15,3	
Costo del operador	60,0	60,0	60,0	60,0	
Costo Total (\$us)	<b>121,68</b>	<b>75,3</b>	<b>75,3</b>	<b>75,3</b>	<b>347,58</b>
Costo p/c alevino (\$us)	0,48	0,30	0,30	0,30	

**Anexo 30. Costos de producción para la elaboración del triturado de canis canis (*Hyaella sp*) (\$us).**

CONCEPTO	T I E M P O (Días)				Costo Total Final
	30	60	90	120	
Tamos	4,5				
Baldes	3,5				
Lancha	10,3	10,3	10,3	10,3	
Recipientes	2,5				
Horno	9,5				
Mortero	3,5				
Costo del operador	60,0	60,0	60,0	60,0	
Costo Total (\$us)	<b>93,5</b>	<b>70,3</b>	<b>70,3</b>	<b>70,3</b>	<b>304,40</b>
Costo por cada alevino	0,37	0,28	0,28	0,28	

**Anexo 31. Costos de producción para la recolección del plancton (\$us).**

CONCEPTO	T I E M P O (Días)				Costo Total Final
	30	60	90	120	
Malla planctónica	5,5				
Tamos	2,8				
Baldes	2,5				
Aireadores	1,7				
Tamices	6,2				
Vaso precipitado	1,5				
Costo del operador	60,0	60,0	60,0	60,0	
Costo Total (\$us)	<b>80,2</b>	<b>60,0</b>	<b>60,0</b>	<b>60,0</b>	<b>260,20</b>
Costo p/c alevino (\$us)	0,32	0,24	0,24	0,24	

**Anexo 32. Batimetría del Lago Titicaca.**

(Ver hoja adjunta)

Fuente: ALT – SIG 2003