

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



**“EVALUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL E INCUBACIÓN
ARTESANAL *in situ* DEL SUCHE (*Trichomycterus rivulatus*) EN LA BAHÍA
DE ANCORAIMES, PROVINCIA OMASUYOS”**

HUGO RAUL MARIN IBAÑEZ

La Paz – Bolivia

2006

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

“EVALUACIÓN DE LA REPRODUCCION ARTIFICIAL E INCUBACIÓN
ARTESANAL *in situ* DEL SUCHE (*Trichomycterus rivulatus*) EN LA BAHÍA
DE ANCORAIMES, PROVINCIA OMASUYOS”

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

HUGO RAUL MARIN IBAÑEZ

Tutor:

Ing. Franklin Tarqui

Asesor:

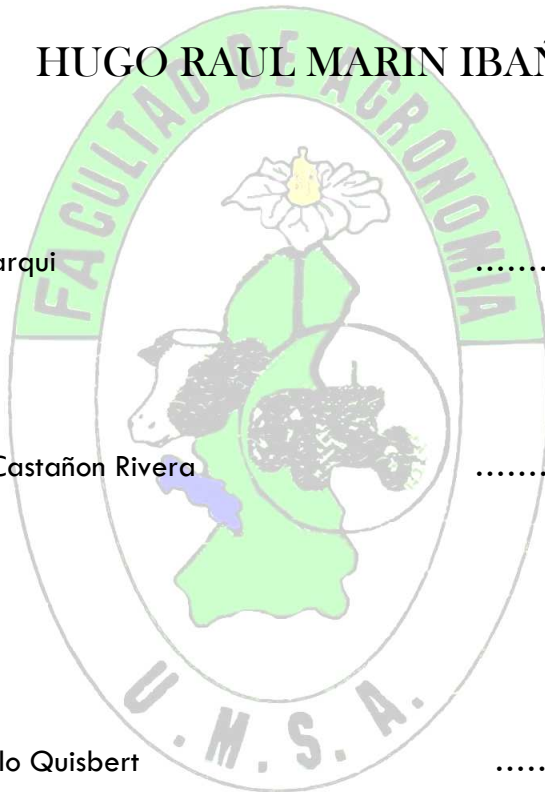
M.S.c. Víctor Castañon Rivera

Comité Revisor:

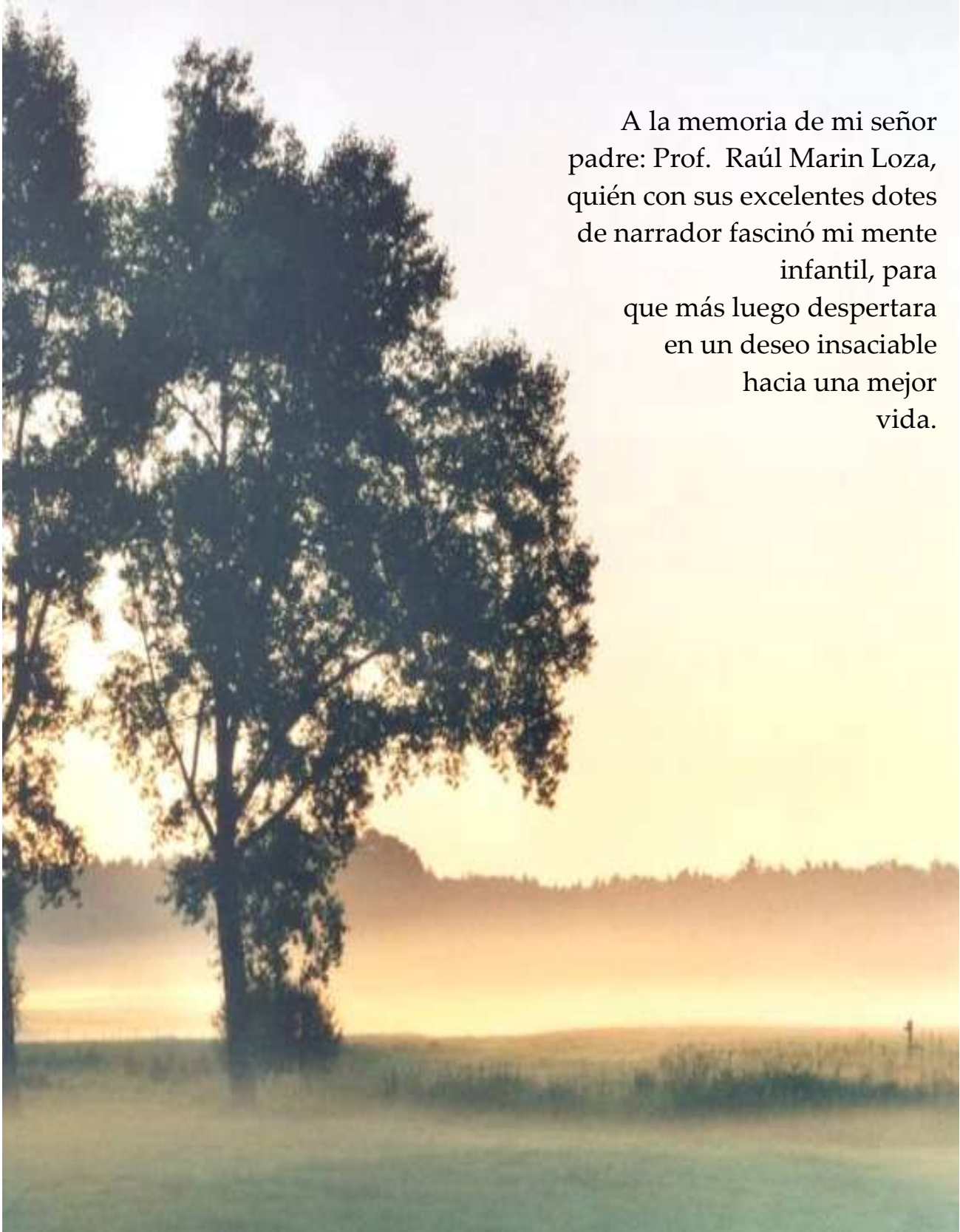
Ing. Víctor Mollo Quisbert

Ing. Fanor Antezana Loayza

Decano:



APROBADA



A la memoria de mi señor
padre: Prof. Raúl Marin Loza,
quién con sus excelentes dotes
de narrador fascinó mi mente
infantil, para
que más luego despertara
en un deseo insaciable
hacia una mejor
vida.

Dedicatoria:

A Jehová: *creador y hacedor de la vida y del amor.*

A mis padres: (Raúl (†), Aída) *“Por todo el apoyo, amistad y confianza que depositaron en mí, porque gracias a su interés y constante motivación, mis esfuerzos son recompensados con la alegría que causa en ellos el presente trabajo. Todo su ejemplo para un destino mejor para mi persona.. Llevo dentro de mí el infinito agradecimiento”.*

A mis hermanos: Carmen, Elizabeth, Martha, Rolando, Marcelo y Fernando, *por la unidad que hemos mantenido a base del cariño que ha existido desde siempre, en los momentos difíciles y gratos de la vida. Por la unidad y confianza que han sabido cultivar nuestros padres.*

A mis queridos sobrinos: Juan Pablo, Paola, Gabriela, Walter, Julio Cesar, Nicolle, Raulito, Rolandito, *por la alegría que refrescan todo momento de nuestro existir.*

A Oscar “Yuyo” Montes, *por su ejemplo de poeta y soñador, fuente de sabiduría y sensible experiencia en la vida.*

“Al ser que con su apoyo y cariño que me brinda, sirve de constante motivación para mi superación personal. Gracias por ser como eres y hacerme sentir tan bien”.

*Detrás de cada línea de llegada, hay una de partida.
Detrás de cada logro, hay otro desafío.
Si extrañas lo que hacías, vuelve a hacerlo.
Sigue aunque todos esperen que abandones.
No dejes que se oxide el hierro que hay en ti.*

A todos aquellos que hicieron posible la confección y elaboración de este trabajo:

A mi director de tesis Víctor Castañon Rivera por su enseñanza, su amistad y apoyo constante.

A Víctor Mollo Quisbert por sus implacables sugerencias, correcciones y ejemplo de profesionalidad que nunca he olvidado.

A Franklin Tarqui que contribuyo en gran manera para priorizar el presente documento y hacerlo realidad.

A Fanor Antezana Loayza, por su colaboración y gran amplitud de palabra.

A Félix Rojas Ponce por su amistad demostrada en todo momento y su apoyo constante dentro y fuera del ciclo universitario.

A la Comunidad pesquera de Lojrocachi por su colaboración desinteresada y su eterno sentimiento de confraternidad.

A las Instalaciones del CIDAB (Tiquina) que albergó en mí su nutrie de experiencia.

A Leandro Chacalluca que indirectamente o a propósito trató de impedir esta tesis y me hizo redoblar esfuerzos.

A las distintas instituciones como el LIDEMA, ADEPESCA, CIDAB, etc. que escasamente demostraron el interés por trabajar con esta especie (*T. rivulatus*) haciendo omisión a su razón de ser.

A todos mis compañeros queridos cuyo placer por conocerlos ha sido una señal en mi vida.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 <i>Justificación</i>	2
1.2 <i>Objetivos</i>	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
II. REVISION BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 <i>Generalidades</i>	4
2.2 <i>Distribución del orden Siluriformes en Suramérica</i>	4
2.3 <i>El "Sucho" Trichomycterus rivulatus</i>	6
2.3.1 <i>Características taxonómicas</i>	7
2.3.2 <i>Taxonomía</i>	7
2.3.3 <i>Morfología</i>	8
2.3.4 <i>Hábitos alimenticios</i>	10
2.3.5 <i>Habitad</i>	10
2.3.5.1 <i>El Lago Titicaca, generalidades</i>	10
2.3.6 <i>Aspectos ecológicos</i>	12
2.3.6.1 <i>Depredación</i>	12
2.3.6.2 <i>Sobre pesca</i>	12
2.3.6.3 <i>Depredación del habitad</i>	13
2.3.6.4 <i>Baja fecundidad</i>	13
2.3.6.5 <i>Legislación pesquera</i>	13
2.3.7 <i>Información Biológica</i>	14
2.3.7.1 <i>Escala de madurez sexual</i>	14
2.3.7.2 <i>Talla de madurez sexual (TMS)</i>	14
2.3.7.3 <i>Índice Gonado Somático (IGS)</i>	14
2.3.7.4 <i>Reproducción artificial</i>	15
2.3.7.5 <i>Incubación</i>	15
2.3.7.6 <i>Importancia económica</i>	16
2.3.7.7 <i>Situación actual en la población de sucho en el Lago Titicaca</i>	17
III. LOCALIZACIÓN	18
3.1 <i>Área de estudio</i>	18
3.2 <i>Características climáticas</i>	20

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1 <i>Materiales utilizados</i>	21
4.1.1 <i>Materiales de campo</i>	21
4.1.2 <i>Material biológico</i>	21
4.1.3 <i>Equipo de transporte de ovas y su manipuleo</i>	22
4.2 <i>Métodos</i>	22
4.2.1 <i>Construcción de incubadoras artesanales</i>	22
4.2.2 <i>Obtención de reproductores</i>	23
4.2.3 <i>Caracterización biológica (Biometría)</i>	23
a) <i>Estructura de tallas</i>	25
b) <i>Relación longitud total – peso</i>	25
c) <i>Factor de condición K_n</i>	26
d) <i>Sex – ratio</i>	26
e) <i>Talla media de madurez sexual ($Lm_{50\%}$)</i>	27
f) <i>Índice Gonado Somático (IGS)</i>	27
g) <i>Fecundidad</i>	28
4.2.4 <i>Método de incubación</i>	29
4.2.5 <i>Selección de reproductores</i>	29
4.2.6 <i>Traslado de reproductores</i>	30
4.2.7 <i>Fecundación artificial</i>	30
4.2.7.1 <i>Reproducción artificial de <i>Trichomycterus rivulatus</i></i>	30
4.2.8 <i>Incubación</i>	31
4.2.9 <i>Análisis experimental</i>	31
4.2.10 <i>VARIABLES DE RESPUESTA</i>	31
4.2.10.1 <i>Proceso de reproducción e incubación artificial</i>	31
4.2.10.2 <i>Aspectos biológicos</i>	32
4.2.10.3 <i>Aspectos económicos</i>	32
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
5.1 <i>Fecundidad y porcentaje de fecundación</i>	33
5.2 <i>Porcentaje de eclosión</i>	34
5.3 <i>Tiempo de incubación</i>	35
5.4 <i>Fases de incubación</i>	38
5.5 <i>Porcentaje de mortalidad</i>	40
5.6 <i>Causas de mortalidad de las ovas</i>	40
5.6.1 <i>Problemas ictosanitarios</i>	40
5.7 <i>Características biométricas generales del suche</i>	42
5.7.1 <i>Caracterización fenotípica y morfométrica</i>	42
5.7.1.1 <i>Caracteres fenotípicos</i>	42
5.7.1.2 <i>Caracteres meristémicos</i>	45
5.7.1.2.1 <i>Características biométricas</i>	45
5.7.1.2.2 <i>Estructura de tallas</i>	47
a) <i>Estructura de tallas para hembras</i>	48
b) <i>Estructura de tallas para machos</i>	49

5.7.1.2.3	Relación longitud – peso	49
	a) Relación longitud – peso (hembras)	50
	b) Relación longitud – peso (machos)	52
5.7.2	Factor fisiológico de condición (Kn)	53
	a) Factor fisiológico de condición (Kn) para hembras	54
	b) Factor fisiológico de condición (Kn) para machos	55
	c) Comparación del factor de condición Kn entre sexos	56
5.7.3	Sex –Ratio	61
	a) Sex – Ratio por clases de tamaño	61
	b) Sex – Ratio del total de ejemplares muestreados	61
5.7.4	Madurez sexual	62
5.7.4.1	Talla media de madurez sexual (Lm _{50%})	65
	a) Talla de madurez sexual (Lm _{50%}) en hembras	65
	b) Talla de madurez sexual (Lm _{50%}) en machos	66
5.7.5	Índice gonado somático (IGS)	67
5.8	Características generales de los productos sexuales	68
	a) Las ovas de las hembras	68
	b) El semen en los machos	68
5.8.1	Número de ovas por reproductor hembra	68
5.8.2	Peso y diámetro de las ovas maduras	70
5.9	Características morfológicas de los alevines	70
5.10	Análisis del agua en el sector de Lojrocachi.....	71
5.11	Estudio económico estático para la producción de alevines	72
	a) Presupuesto de inversiones	72
	b) Adquisición de reproductores	73
	c) Necesidades de personal	73
	d) Análisis de rentabilidad	74
	e) Estudio dinámico	76
	f) Análisis de sensibilidad	76
	g) Elección final de alternativa de venta	77
5.12	Distribución actual del <i>T. rivulatus</i> en el lago Titicaca	77
5.13	Época de captura del Suche en el sector de Lojrocachi, Ispaya y Sisasani	81
VI.	CONCLUSIONES	82
6.1	De la reproducción e incubación <i>in situ</i>	82
6.2	De las características biológico – pesqueras	83
6.3	De la distribución actual de <i>T. rivulatus</i>	84
VII.	RECOMENDACIONES	85
VIII.	LITERATURA CITADA	86
IX.	APÉNDICE	

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Estadístico grupal de la fecundación	33
2. Cálculo del porcentaje de fecundación	34
3. Índice de mortalidad y supervivencia de alevines	35
4. Parámetros bionormáticos en la etapa de incubación	35
5. Fases de desarrollo de la ova fecundada y temperatura	36
6. Resumen del modelo (días de fecundación vs. temperatura del agua ..	36
7. Detalle de mortalidad de ovas en el proceso de incubación	40
8. Parámetros biométricos del <i>T. rivulatus</i>	45
9. Estadístico grupal para la longitud estándar entre machos y hembras	46
10. Prueba de T-student para muestras independientes	46
11. Clases de tamaño para la población total (machos y hembras)	47
12. Histograma de frecuencias – estructura de tallas (Ls; población: hembras)	48
13. Histograma de frecuencias – estructura de tallas (Ls; población: machos)	49
14. Cuadro estadístico para estructura de tallas (Población mixta)	50
15. Expresión matemática: relación longitud – peso (población: hembras).....	50
16. Expresión matemática: relación longitud – peso (población: machos	52
17. Valores promedio del factor de condición Kn (población: total)	54
18. Histograma de frecuencias para el factor de condición Kn (hembras)	54
19. Histograma de frecuencias para el factor de condición Kn (machos)	55
20. Parámetros estadísticos para el factor de condición Kn	58
21. Prueba de t –Studen para muestras independientes para el factor de condición Kn entre machos y hembras	58
22. Histograma de frecuencias por clases de tamaño (distribución sexual)	61
23. Proporción de sexos y prueba de Chi-cuadrado para el periodo de estudio	62
24. Resumen del modelo logístico a la fracción de hembras maduras por clases de tallas	65
25. Resumen del modelo logístico a la fracción de machos por clases de tallas	66
26. Cantidad de ovas según reproductores de <i>T. rivulatus</i>	69
27. Características morfológicas del alevín de <i>suche</i>	70
28. Propiedades del agua (sector Lojrocachi)	71
29. Coste total de inversión y coste unitario de inversión	72
30. Cantidad y precio de adquisición de reproductores	73
31. Necesidades del personal	74
32. Estudio económico estático de las alternativas de producción	75
33. Resumen del estudio económico de las alternativas de venta	76
34. Relación costo beneficio (C/ B)	76
35. Detalle de las zonas donde habitaba y habita el <i>T. rivulatus</i>	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Pág.
1. Curva de incubación vs. Temperatura del agua (<i>Trichomycterus rivulatus</i>)	37
2. Proporción sexual de la población muestral de suche	48
3. Grafica de regresión no lineal - (diagrama de dispersión y curva ajustada) Relación longitud estándar (mm) – peso total (gr; hembras)	51
4. Grafica de regresión no lineal - (diagrama de dispersión y curva ajustada) Relación longitud estándar (mm) – peso total (gr; machos)	52
5. Factor fisiológico de condición Kn (machos – hembras)	57
6. Talla de madurez sexual (hembras)	65
6. Talla de madurez sexual (machos)	66
7. Promedio del índice gonádico	67

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Especies del orden Siluriformes, presentes en Sur América	5
2. <i>Trichomycterus rivulatus</i> “suche”	9
3. Detalle parte de la cabeza (<i>T. rivulatus</i>)	9
4. Desarrollo del huevo fertilizado	16
5. Distribución del <i>Trichomycterus rivulatus</i> a principio de siglo	17
6. Poblaciones pesqueras en las márgenes del lago mayor Titicaca	19
7. Vista general, bahía litoral de Lojrocachi	20
8. Artesa para la incubación de flujo horizontal	23
9. Esquema de las características biométricas del <i>T. rivulatus</i>	24
10. Obtención de ovas de <i>Trichomycterus rivulatus</i> ; ovas maduras de suche	30
11. Desarrollo de huevo fertilizado del <i>T. rivulatus</i>	39
12. Huevo y embrión atacados por hongos (<i>saprolegnia sp.</i>)	41
13. Vista comparativa entre mauri y suche	43
14. <i>Trichomycterus rivulatus</i> , morfología externa	44
15. Aspecto fenotípico del <i>T. rivulatus</i> hembra y macho	60
16. Alevín de suche, características morfológicas	71
19. Distribución geográfica de la población de <i>T. rivulatus</i> , 2005	79

SUMMARY.

The Andes of Sur América are characterized for the presence of specieses in small and big fonts of eau in any way whatever the del case *Trichomycterus* genus, of enlarges distribution in the neotrópico (Pinna 1992), particularly in the Andean region of the Titicaca lake, in any way whatever the case of the *Trichomycterus* usually denominate rivulatuses "Suche" and del unique genus of the trichomycteruses family whose chat surpasses at present the 37 cm. The present study is concentrated in developing the technique of artificial fecundation and artesanal incubation in situ, as halfback for the conservation of this fishing resource. parse a sampling of 68 reproducing producer (30 bruising and 38 female), the weight and the longitude related through the $W=aL^b$ equation, the species present a relative in the air growth alometrico, the chat of ripeness of 50% of the population is determined for wrapped grafica representation to a logistic equation, the of importance calculated factor concerned your more high extreme those of 1.82 , that is related with the time of playback major; the fecundity oscillates between 42 and 3708 ovocitoses, the FR= estimated went of 10 ovas/ knead of fish, the total time from the fecundation to the budding of the alevineses of white frangipani went de16 days to an average temperature of 11.8 °C and 35.4 U.T.A " s; Of a total of 34.416 it lays eggs fecundated, the mortality that it is found not exceeded 0.3%, demonstrating so the efficiency in the applied methodology for the incubation in Suche the bay of Ancoraimas (community Lojrochachi).

RESUMEN.

Los Andes de Sur América se caracterizan por la presencia de especies en pequeñas y grandes fuentes de agua como es el caso del género *Trichomycterus*, de amplia distribución en el neotrópico (Pinna 1992), particularmente en la región andina del Lago Titicaca, como es el caso del *Trichomycterus rivulatus* comúnmente denominado "Suche" y del único género de la familia *trichomycterus* cuya talla supera en la actualidad los 40 cm. El presente estudio se concentro en desarrollar la técnica de fecundación artificial e incubación artesanal *in situ*, como medio para la conservación de este recurso pesquero. Se analizó una muestra de 68 reproductores (30 machos y 38 hembras), el peso y la longitud se relacionaron a través de la ecuación $W=a*L^b$, la especie presentó un crecimiento relativo en peso alometrico, la talla de madurez del 50% de la población se determinó por representación grafica ajustada a una ecuación logística, el factor de condición calculado fue en su extremo más alto el de 1.82, que se relaciona con la época de mayor reproducción; la fecundidad oscilo entre 42 y 3708 ovocitos, la FR= estimada fue de 10 ovas/ gramo de pez, el tiempo total desde la fecundación hasta la eclosión de los alevines de suche fue de16 días a una temperatura promedio de 11.8 °C y 35.4 U.T.A's; De un total de 34.416 ovas fecundadas, la mortalidad que se encontró no sobrepasó el 0.3%, demostrando así la eficiencia en la metodología aplicada para la incubación del suche en la bahia de Ancoraimas (comunidad Lojrochachi).

I. INTRODUCCIÓN

El lago Titicaca, es sin duda una de las fracciones más representativas dentro del sector andino en cuanto a población íctica se refiere, de hecho, en la actualidad se pueden encontrar especies del Género orestias (pices, *Cyprinodontidae*) y por un par del Género *Trichomycterus* (pices, *Trichomycterus*) además de especies que se han introducido a esta porción del lago en los años treinta, como han sido la trucha (*Salmonidae*) y el pejerrey (*Atheridae*). Es precisamente el Género *Trichomycterus*, del cual no existen reportes actualizados sobre la sistemática y su taxonomía, además de aspectos desconocidos con respecto a su biología (Sarmiento *et al*, 1987).

En la actualidad el *Trichomycterus. rivulatus* conocido con el nombre común de Suche, se encuentra en un proceso acelerado de extinción, dicha afirmación es evidente al no existir reportes de esta especie en comunidades pesqueras donde su extracción era en el pasado una importante fuente de ingresos económicos.

Existen antecedentes como el Umanto (*O. cuvieri*) y la Boga (*O. pentlandii*) cuyas poblaciones están consideradas extintas, al menos en la sección boliviana del lago. En tal contexto, el Suche podría no ser la excepción en el futuro, debido a factores como la introducción de especies depredadoras o ictiófagas, a la extracción selectiva y al empleo de sistemas más eficaces de pesca (redes agalleras) (Forno y Baudoin, 1991).

Es una meta imprescindible el preservar la biodiversidad y promover un desarrollo sostenible, en cuanto a los recursos pesqueros. Al considerar el hecho de que la actividad piscícola es una fuente importante de ingresos económicos para los pobladores de las comunidades circundantes al lago más alto del mundo.

1.1 Justificación

En la actualidad la biocinesis¹ del Lago Titicaca y en particular la población íctica nativa, se expone a factores que van en detrimento de esta; Por lo tanto, se debe realizar trabajos orientados a preservar, repoblar y recuperar la ictiofauna nativa, principalmente de especies que se encuentran en franca tendencia de agotamiento como es el caso del *Trichomycterus rivulatus*, denominado comúnmente como suche.

Sin embargo el hecho de presentar un acelerado proceso de extinción de esta especie, y el riesgo de que en un futuro deje de existir de la cuenca del Lago Titicaca, hoy por hoy las instituciones que tienen a su cargo el preservar, investigar y desarrollar las medidas suficientes para preservar la biodiversidad, dan poca prioridad y se han conformado con solo mencionar la lamentable situación.

No existen documentos bibliográficos actualizados y confiables con respecto a esta especie, hasta la fecha no existe un programa serio que vaya en pró de la conservación de las especies ícticas en franca tendencia de extinción.

Estos hechos representan la principal inquietud para poder desarrollar una técnica de fecundación artificial *in situ*, de bajo costo económico y/o de inversión y que esté al alcance de los mismos pescadores.

Mediante la reproducción artificial, se pretende demostrar que se puede trabajar en un ultimo esfuerzo por mantener el recurso “suche”, aprovechando la población escasa hasta hoy existente del *T. rivulatus*.

¹ Biocinesis: Formación de vida en un ecosistema cerrado, Enciclopedia Americana, 1987.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar la reproducción artificial y desarrollar la técnica de incubación *in situ* del Suche (*Trichomycterus rivulatus*), como medio práctico para la conservación de este recurso en la bahía de Ancoraimés en la provincia Omasuyos, del departamento de La Paz.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar el porcentaje de fecundación *in situ* para el Suche.
2. Establecer el tiempo de incubación, desde la fecundación hasta la reabsorción del saco vitelino.
3. Determinar las causas de la mortalidad en la etapa de incubación con sus respectivos porcentajes de mortalidad.
4. Determinar las características de biometría, biológico pesqueras y ecológicas de esta especie (fecundidad, IGS, sex – ratio).
5. Establecer un mapeo de distribución histórica y actual de la población de Suche (*T. rivulatus*).
6. Realizar los flujos económicos para la producción de alevinos *in situ* de Suche.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades de género Siluriformes

El orden correspondiente a los siluriformes es denominado también Nematognathi, su distribución es a nivel mundial, exceptuando las regiones frías siendo sus límites geográficos los paralelos 45° 50' en el hemisferio norte y las zonas más australes más allá del paralelo 45° de latitud sur. La paleontología pudo evidenciar la presencia de fósiles correspondientes a bagres de torrente de Neoterciario (15 millones de años), con rasgos similares a los siluriformes actuales, conceptuando a la familia de este a denominarlos Austro americano o autóctonos geocentro de nuevas formas de vida (Arrátia, 1987).

2.2 Distribución del orden Siluriformes en Suramérica

Arrátia *et al*, 1983, hacen mención a que en toda la franja de la cordillera de los Andes y regiones de Sur América se caracterizan por la presencia de especies que se han desarrollado en pequeñas fuentes de agua, como es el caso del Género *Trichomycterus*, de amplia distribución en el geotrópico. Los siluriformes son representativos de la ictiofauna suramericana y de los taxones denominados loticos, los antecedentes sobre su hábitad y los ciclos de vida son escasos o casi nulos y generales, lo cual se hace imprescindible su estudio para predecir sus respuestas a cambios drásticos de las poblaciones.

El género *Trichomycterus* clasificado por Valenciennes (1833) y mencionado por Chermavin, 1944, agrupa a más de 77 especies descritas, siendo el género con mayor diversidad entre la Familia *Trichomycteridae*.

La mayoría de las especies del género son reofílicas, es decir de hábitos generalmente crípticos y nocturnos. Habitan en ríos torrentosos de montaña (hasta

4500 m.s.n.m.) y de tierras bajas. Presentan una distribución neotropical muy amplia, tanto en la vertiente atlántica como pacífica y probablemente la cordillera andina representa el área de mayor distribución. (Chermavin, 1944)

Dahin (1971), afirma que los *Trichomycterus* poseen hábitos predominantemente nocturnos, durante las horas de luz, esta especie se esconde entre las piedras o simplemente se entierran en las superficies arenosas.

Entre los géneros existentes en el continente tenemos al *Diplomystes* (*Diplomystes viedmensis* Nv. Otuno), y al género *Trichomycterus* con las especies *T. aerolatus*, *T. caliense*, *T. dispar*, *T. rivulatus*, citados estos nombres científicos entre las especies mas representativas (Figura 1).

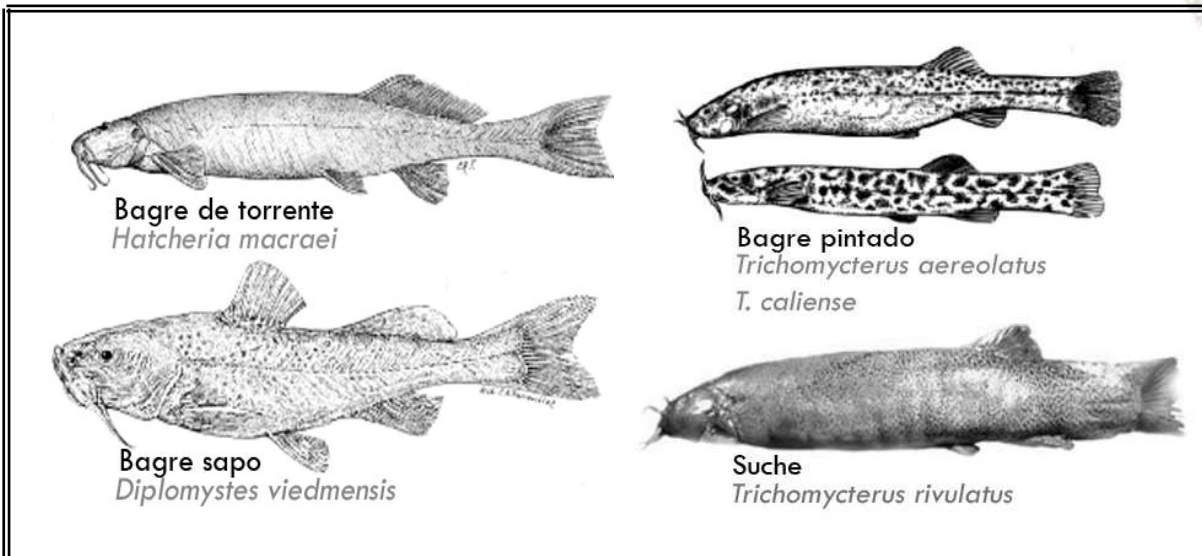


Figura 1. Especies del Orden Siluriformes presentes en Sur América (los más representativos)

El bagre de torrente habita desde la provincia de Mendoza hasta el río Negro y sus afluentes en Chile. El bagre pintado ó bagrecito, se encuentra a ambos lados de los Andes desde el extremo norte del continente suramericano hasta la Argentina.

Mientras que el bagre sapo tiene su distribución en el Norte de Argentina, oeste de la Rioja, San Juan de Mendoza (cuena del río Tunuyán y cuena del río Atuel), río Negro superior hasta la provincia de Santa Cruz.

Finalmente el suche, se desarrolla en la cuena del Lago Titicaca, desde el río suches hasta ocupar la costa norte del lago (Dahin, 1971).

2.3 El Suche (*Trichomycterus rivulatus*)

El *Trichomycterus rivulatus* comúnmente denominado suche, es una especie que habita en la porción correspondiente al lago Titicaca; a lo largo de los años la población se a reducido a un mínimo, asumiendo su casi extinción a factores como la sobre pesca además de la introducción de especies depredadoras que generaron a través de los años un desequilibrio en el habitat del Titicaca².

El *Suche* esta clasificado entre la familia de los Siluriformes; Bagres, surubíes, mandubíes, y otros peces de agua dulce integran el orden de los siluriformes, un grupo zoológico cuyos representantes, pese a la diversidad de ámbitos ecológicos en que aparecen además de sus distintos hábitos alimentarios que manifiestan, tienen una serie de rasgos en común (Arratia, 1987).

Se trata de peces primitivos, en los cuales sus aletas poseen radios generalmente blandos articulados, aunque es usual que el primer radio de las aletas pectorales y dorsales sean osificado, punzante e incluso aserrado, son las vulgarmente llamadas “púas” de los bagres y otros siluriformes (Ringuelet *et al*, 1967).

Este grupo en particular carece de escamas y su cuerpo aparece completamente desnudo o cubierto parcialmente por placas óseas, una característica principal es la presencia de uno a cinco pares de barbos mas o menos desarrollados,

² Castañon, (2001)

que se disponen en los maxilares y/o en la región nasal. Los dientes de estos peces generalmente sobre el pre-maxilar y la mandíbula, siendo sus dientes del tipo viliformes en algunos casos (Zúñiga *et al*, 1984).

2.3.2 Características taxonómicas del suche

En 1944 Tchenavin, examinó más de 300 ejemplares, en su mayoría recolectados en el lago Titicaca, haciendo una comparación y posterior diferenciación, llegó a identificar cinco especies entre los *Trichomycterus*: *T. rivulatus*, *T. dispar* (Tschudii), *T. punctatum* (Valenciennes), *T. vitatus* (Regan) y *T. taczanowski* (Valenciennes).

Al analizar Tchenavin las 5 especies de *Trichomycterus* de Valenciennes, señala que la especie más grande es la que corresponde al *Trichomycterus rivulatus*, son ejemplares más grandes en contra posición al *Trichomycterus dispar*, *T. gracilis*, *T. barbatula* y *T. incae*, cuyas longitudes oscilan alrededor de los 80 mm tratándose de especies conocidas como huita y mauri. (Tchernavin, 1944)

En la ictiofauna del lago Titicaca, existe otro siluro como mauri, que se confunde con el suche que es el *Trichomycterus rivulatus*, pareciendo que el mauri corresponde al *Trichomycterus dispar*. (Canales, 1982)

2.3.2 Taxonomía

Phylum	:	<i>Chordata</i>
Súper clase	:	<i>Peces</i>
Clase	:	<i>Osteichthyes</i>
Sub clase	:	<i>Actinopterygy</i>
Orden	:	<i>Siluriformes</i>
Sub orden	:	<i>Siluroide</i>
Familia	:	<i>Trichomycteridae</i>
Genero	:	<i>Trichomycterus</i> (Humboldt, 1811)
Especie	:	<i>Trichomycterus rivulatus</i> (Valenciennes, 1833), Tchenavin, 1944)
Nombre vulgar	:	“suche”

Fuente: Holden (1975)

2.3.3 Morfología

La familia *Trichomycteridae*, se caracteriza por poseer la vejiga natatoria escasamente desarrollada, careciendo de aleta adiposa; las aletas impares son cortas, y carecen de armadura externa, es decir no tienen escamas, el cráneo está cubierto por un panículo muscular y la piel es desnuda. Los dientes son viliformes (forma de vellosidad), la aleta dorsal no se halla unida al cráneo por ninguna placa ósea. Están adaptados para escarbar y sostener, por lo que las aletas están bien implementadas hacia atrás. (Zúñiga, 1984)

Sarmiento (1987), hace referencia a que el suche al igual que el mauri son peces netamente bentónicos, para lo cual su cuerpo y algunos órganos están adaptados funcionalmente como se menciona a continuación:

Cuerpo. La forma del cuerpo es deprimido, característico en peces de fondo, no presenta escamas, su coloración es gris, con manchas irregulares en todo el cuerpo incluido el vientre, presenta una línea longitudinal oscura que se extiende desde el origen de la aleta pectoral hasta la aleta caudal; la cabeza es grande en comparación al “mauri”, sufre presiones producidas por el gran volumen de agua que soportan, por lo cual presenta un cuerpo aplanado dorsoventralmente en los dos tercios anteriores y lateralmente en el tercio posterior, aun más todo el vientre es aplanado lo que demuestra que al moverse en el fondo, lo hacen deslizándose sobre la superficie de contacto (Zuñiga *et al*, 1984).

Atencio y Alfaro, (2000), manifiestan que la forma de su cuerpo es deprimido dorso centralmente en los 2/3 anteriores, carecen de escamas y alcanzan tallas de 35 a 45 cm con unos 500 a 600 gr. en peso total, y vejiga natatoria atrofiada.



Figura 2. *Trichomycterus rivulatus* "suche"

Ojos. Al encontrarse en aguas profundas, y al carecer esta de luz, sus ojos presentan poco desarrollo, los opérculos están presentes en posición lateral (ver figura 6).

Barbos. Presentan seis barbos filamentosos en la base de la mandíbula superior, en contacto con la superficie en que nadan, y un par encima de la mandíbula,

estos barbos cumplen la función de visión y tacto en el fondo, siendo órganos complementarios sumamente sensibles.

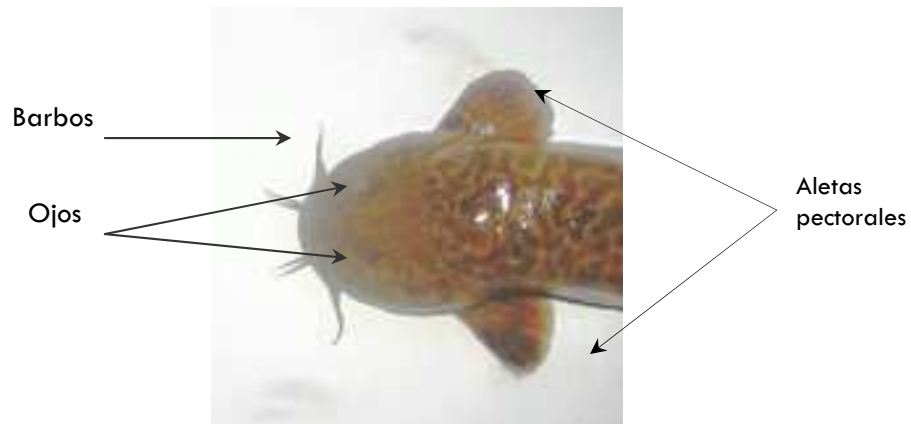


Figura 3. **Detalle parte de la cabeza (*T. rivulatus*)**

2.3.4 Hábitos alimenticios

Esta especie en su estado de alevinaje se alimenta de fitoplacton y zooplancton, cuando esta especie alcanza la madurez la preferencia en cuanto a su alimentación es de carácter carnívoro y/o carroñero, dicha afirmación es evidente al analizar el contenido estomacal hallándose organismos como: *Hyaellas*, *Chironómidos*, *Odonatas*, Moluscos, ovas yalgas³.

En la actualidad la población de “Suche” ha ido en un proceso de decadencia, siendo reducidas las zonas donde aun se pueden hallar especímenes pertenecientes al *Trichomycterus rivulatus*; es precisamente en la porción del lago mayor del Titicaca perteneciente al lado boliviano, entre las provincias Omasuyos y Camacho, donde aun en algunas comunidades pesqueras y ferias del lugar, se puede observar algunos ejemplares. Pobladores del sector pesquero de “Sisasani” comunidad pesquera, afirman que en el pasado su distribución se encontraba en todo el margen del lago mayor y en sectores del lago donde la profundidad era lo suficiente para albergar especímenes de hasta 50 cm de longitud.

2.3.6 Habitación

2.3.6.1 El Lago Titicaca, generalidades

El lago titicaca, es el mayor reservorio de agua dulce presente en América Latina, se ubica a una altitud de 3810 m.s.n.m. y su extensión es de 8300 Kilómetros cuadrados, extendiéndose por más de 190 Km. Del noroeste al sudoeste; la cuenca del Lago .

Sus aguas son de carácter límpido y sólo levemente salobres, su salinidad oscila entre 5,2 y 5,5 partes por mil y la temperatura promedio superficial es de

³ Toda esta información fue recabada en base al estudio biológico alimenticio del *T. rivulatus* en el laboratorio perteneciente al CIDAB, con especímenes sujetos a reproducción artificial en ambientes controlados, 2002.

14°C, a partir de la termoclina a unos 20m la temperatura desciende a 11°C en el fondo. Los análisis muestran cantidades mensurables de cloruro de sodio, sulfato de sodio, sulfato de calcio y sulfato de magnesio en el agua.

En el lago Titicaca existen dos géneros nativos: el ciprinodontino *Orestias* y el Trichoycterido *Trichomycterus*; Tchenavin (1944) en su revisión del genero *Orestias* citó 20 especies, y para el genero *Trichomycterus* cito solo dos especies, *Trichomycterus rivulatus* y *Trichomycterus dispar*. (Northacate, 1991)

La cuenca hidrográfica del Lago Titicaca, alberga a especies icticas nativas de los géneros *Orestias* (carachi, ispi, boga) , y *Trichomycterus* (suche y mauri), así como también a especies introducidas al ecosistema de los géneros *Basichthys* (pejerrey), *Salmo* y *Oncorhynchus* (truchas). De las especies nativas; el Umanto (*Orestias cuvieri*), la boga (*Orestias pentlandii*) están considerados extintos; mientras que el suche *Trichomycterus rivulatus* están en una etapa acelerada de extinción.

Sarmiento 1987, hace referencia a la fauna existente en el Lago Titicaca, citando las siguientes especies:

Zooplankton: Copepoda (*Boeckella titicacae*, *Microcyclops leptopus*), cladocera (*Bosmina hagmanni*), Rotifera (*Asplanchna* sp.).

Bentos: *Taphius* spp., *Littoridina* spp.

Peces: *Orestias agassii*, *O. luteus*, *O. pentlandii*, *Trichomycterus rivulatus*, *T. dispar*, *Salmo gairdnerii*, *Basilichthys bonariensis*.

Anfibios: *Telmatobius* spp. “sapo acuático” y *Bufo espinolosus* “sapocomún”.

Aves: “Kele” *Centropelma micropteron*, un zambullidor endémico el Lago Titicaca; flamencos de las zonas alto andinas y Sudamérica (*Phoenicopterus chilensis*); chorlos (charádridos) y playeros (scolopácidos) migrantes de Norte América; *Plegadis ridgwayi* (“yanavico”) y *Phalacrocorax brasilianus* (“cormorán”), utilizados por los pobladores del lugar con fines medicinales; patos (anátidos) y chocas

(rállidos) ampliamente utilizados en la alimentación con fines de subsistencia por los pobladores Uros⁴.

Los especímenes adultos se encuentran en aguas profundas, prefiriendo las zonas arenosas y con escasa luminosidad; los lechos rocosos en el fondo del lago les sirve principalmente de protección, su cuerpo se mimetiza perfectamente con el fondo del lago, siendo este factor otro medio para evitar a los depredadores.

2.3.6 Aspectos ecológicos

Con la introducción de especies ajenas al hábitat del lago Titicaca, en los años 30 y 40 del pasado siglo, existió un desequilibrio ecológico, medrando algunas poblaciones de especies icticas nativas. En la actualidad este hecho se va incrementando gracias a otros factores que a continuación se menciona:

2.3.6.1 Depredación

Tanto el pejerrey como la trucha⁵, considerados entre su hábitat como especies lctiófagas (depredadoras), mermaron con los años poblaciones importantes de especies originarias del lago Titicaca, como ser el caso del Umanto y Boga.

2.3.6.2 Sobre pesca

La actividad pesquera con los años se fue perfeccionando, pasando de una actividad netamente artesanal a una actividad cada vez mas eficaz, el uso de redes agalleras y la utilización de mallas pesqueras para profundidades hacen posibles la extracción de las especies icticas del lago, en mayor número y mayor frecuencia.

⁴ <http://www.geocities.lagotiticaca/00012.biodiversidad.htm>

⁵ Especies introducidas en los años 30 y 40 del siglo XX; . (*Onchorhynchus myckiss*), (*Basilichthys bonariensis*).

2.3.6.3 Depredación del habitat

La actividad turística en el sector del Lago Titicaca, en los últimos años se ha incrementado, y junto a la expansión de construcciones a manera de Hoteles a orillas del lago, se encuentra la depredación de los llamados Totorales, fuente importante de protección y fuente de alimentación de los alevinos de la mayoría de las especies del Lago. Por otra parte la acumulación de residuos sólidos producto de las deposiciones propias de la presencia humana, realizan una labor de contaminación, siendo preocupante por ejemplo la acumulación de plásticos (polietileno), baterías de litio (pilas), etc. Cuyos residuos permanecerán en contaminación por los próximos siglos⁶.

2.3.6.4 Baja fecundidad

Este es un factor determinante para la conservación de la especie, y sin embargo es un factor cuya característica dentro de las especies icticas nativas es mas limitada, a diferencia de otras especies, la capacidad reproductiva de estos peces esta dada por la presencia de una sola gónada, por tanto es un numero reducido de ovas que se manifiestan por cada época de reproducción. (Sarmiento, 1986)

2.3.6.5 Legislación pesquera

La carencia de una Ley Pesquera en el sector del Lago Titicaca, hacen posibles muchos problemas que hoy se presentan y que se incrementan con el paso de los años, el preservar la biodiversidad y el ecosistema de esta cuenca es vital, como también la implementación de un sistema eficaz para el cumplimiento de la misma, y así evitar y conservar un medio de subsistencia para los distintos agentes de este ecosistema.

⁶ Periódico EL Diario, Contaminación en la cuenca del Titicaca, 5 de mayo de 2002, pag.12.

2.3.7 Información biológica

2.3.7.1 Escala de madurez sexual

Sarmiento *et al.*, (1987), sugiere que la escala de madurez sexual esta definida mediante el desarrollo gradual de los ovocitos, el mismo se manifiesta por presentar características marcadas para cada fase de desarrollo.

2.3.7.2 Talla de madurez sexual ($Tm_{50\%}$)

El análisis de la talla media de primera madurez sexual ($Lm_{50\%}$) se determinó sobre la base del criterio del 50% de la fracción de hembras maduras (Arancibia *et al.*, 1994) utilizando las siguiente ecuación logística:

$$Lm_{50\%} = \frac{1}{1 + e^{(a - b Lt)}}$$

Donde :

$Lm_{50\%}$ = Proporción de hembras sexualmente maduras a la longitud total

a y b = Constantes

2.3.7.3 Índice gonado somático (IGS)

Para poder determinar los periodos mas altos de reproducción, es necesario determinar el Índice Gonado Somático (IGS); Éste índice representa la relación entre el peso de la gónada sexual con respecto al peso total del espécimen, expresado porcentualmente. Mediante este índice es posible analizar el grado de madurez sexual (Le Creen, 1951).

La expresión matemática es la siguiente:

$$\text{IGS} = (\text{P.G./P.T.}) \times 100$$

Donde:

IGS = Índice Gonado Somático

P.G. = Peso de las Gónadas

P.T. = Peso Total del Individuo

2.3.7.4 Reproducción artificial

Castañon (1994), hace referencia a que el método seco es una excelente técnica para poder fecundar las ovas de los peces, dicha metodología fue desarrollada por Brasskij investigador ruso en el año 1856.

Este método consiste principalmente en la translocación, que no es más que realizar una presión leve en el vientre del pez, empezando de la parte pectoral con rumbo a la parte del poro genital.

En el caso de las hembras, se estimula a que pueda expulsar las ovas (las ovas maduras son expulsadas con mayor facilidad) e inmediatamente deben ser colectadas en un recipiente limpio.

Por otra parte, en el caso de especímenes machos la estimulación favorece a la expulsión del líquido seminal. Una vez que se obtienen los dos productos sexuales, se procede a rociar el líquido seminal sobre las ovas, a continuación se homogeniza mediante una pluma, y seguidamente añadir agua, lo suficiente para permitir un espaciado para la fase de incubación (Castañon, 1994).

2.3.7.5 Incubación

Sparre *et al*, menciona que posterior a la fecundación artificial, la fase más delicada, es justamente la denominada "incubación"; El embrión debe tener un

tiempo de desarrollo, hasta que éste pueda liberarse de su saco embrionario y llegar a la etapa conocida como alevín.

Woynarovich y Horváth (1985), hacen una descripción esquemática del desarrollo del embrión, la figura 4 establece la evolución a partir de una ova fecundada, hasta la eclosión misma del embrión.



Figura 4. **Desarrollo del huevo fertilizado**

Huet (1978), considera tres etapas en particular, para la fase de incubación, el tiempo para el desarrollo dependerá de las condiciones abióticas, en especial la referida a la temperatura.

La duración del desarrollo embrionario se expresa en grados día, que indica el número de días que exigirá la incubación de los huevos de una especie de pez a la temperatura de 1° C , esta relación se denomina Unidades Térmicas Acumuladas (U.T.A.) (Bardach *et al*, 1986).

2.3.7.6 Importancia económica

El mercado de consumo de pescado exige en términos generales, especímenes de mayor tamaño, y carnosos, al ser el *Trichomycterus rivulatus*

(Sucho) una especie cuya característica principal es justamente de presentar escalas de crecimiento de hasta 42 cm. de longitud asintótica y poco más de 1125 gramos de peso, (constituyéndose la especie nativa de mayor desarrollo) hace posible un éxito económico⁷.

2.3.7.7 Situación actual de la población de sucho en el lago Titicaca

En la actualidad la población del espécimen *T. rivulatus*, “Sucho” a disminuido, es evidente la cada vez el menor porcentaje de captura con relación a otras especies que habitan en la zona del lago Titicaca; referencias de pobladores que en el pasado se dedicaban a la extracción de esta calidad de pez, declara la reducción gradual de su hábitad, la distribución correspondía históricamente desde la laguna Sucho (límite fronterizo entre Perú y Bolivia) y se extendía por todo el sector del lago Titicaca mediante el río “suchos”⁸ (ver figura 5).



Fuente: Alcedo, 1789. Antonio de. Diccionario geográfico-histórico de las Indias occidentales o América. 5 vols., 1786-1789, Madrid – España. (Adaptado a la población de *Trichomycterus rivulatus*)

Figura 5. Distribución del *Trichomycterus rivulatus* a principios de siglo

⁷ Programa Vonbit, para especies icticas aplicando la formulación según von Bertalanffy.

⁸ Los pobladores con mayor edad de las comunidades a orillas del lago Titicaca ayudaron a diseñar mediante sus relatos, la población existente de suches a principios del siglo XX; relatos manifiestan que este espécimen habitaba a lo largo del río “Suches”, y por medio de este río, se conectaba el Lago Titicaca y la laguna “Suches”. La pesca de este espécimen se realizaba utilizando una lanza mediana cuyo extremo constaba de varias puntas finamente dispuestas.

III. LOCALIZACIÓN

Área de estudio

La reproducción artificial y posterior trabajo de incubación *in situ*, se realizó en la zona del litoral de la comunidad Lojrocachi, conocido como Bahía de Ancoraimes, en los paralelos comprendidos entre los 15°55" y 15°46" Latitud Sur; perteneciendo al sector de la porción mayor del Lago Titicaca.

Las comunidades dedicadas a la pesca y donde hasta la fecha se pueden hallar ejemplares de *Trichomycterus rivulatus* completan un total de nueve, siendo la Comunidad de Lojrocachi, Sisasani, e Ispaya las más importantes.

La comunidad de Lojrocachi se encuentra a dos kilómetros de la población de Ancoraimes la segunda capital de la Provincia Omasuyos del departamento de La Paz. Las comunidades de Ispaya y Sisasani, se hallan a 6 y 8 kilómetros respectivamente de la población de Ancoraimes.

Laboratorios dependientes del Centro de Investigación para el Desarrollo Acuícola Boliviano, CIDAB ubicados en la Localidad de Tiquina, también se aprovecharon para realizar un estudio particular de las ovas en etapa de incubación. En la figura 8, se detallan las comunidades y la margen del lago donde se implemento la técnica de incubación mediante artesas de construcción artesanal.

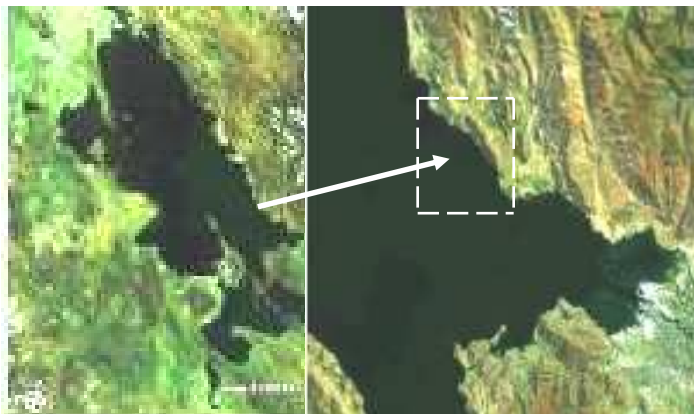


Figura 6. Poblaciones pesqueras en las márgenes del lago mayor Titicaca

3.2 Características climáticas

La comunidad de Lojrocachi, presenta una temperatura media de 16 grados centígrados, es un sector con temperaturas extremas que van desde los -18°C a una máxima extrema de 22, su clima es semi húmedo hasta árido en épocas estacionarias del año; la precipitación fluvial promedia entre los 650 y 800 mm al año⁹.

Al pertenecer esta comunidad al espacio abierto que otorga el Lago Mayor del Titicaca, presenta vientos fuertes, especialmente en las madrugadas y atardeceres de invierno.



Figura 7. **Vista general, bahía litoral de Lojrocachi**

⁹ Información proporcionada por la Honorable Alcaldía Municipal de Ancoraimés, 2003.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3 Materiales utilizados

4.3.1 Materiales de campo

- 3 baldes
- 3 bañadores
- 2 vasijas pequeñas y platos
- plumas de ave
- 3 ovillos de cordeles
- 8 artesas flotantes
- 2 jaulas rusticas
- 1 tamo
- ½ l. formol
- flexo metro
- jaulas portátiles para peces
- lancha
- 1 l. alcohol
- frascos
- lupa
- estuche de disección
- libreta de campo
- 1 cámara fotográfica
- 3 rollos de fotos
- silicona
- pintura anticorrosivo
- pistola eléctrica
- lector de *Ph*
- termómetro

4.1.2 Material biológico

Se recolectaron ejemplares a partir de la captura comercial realizada por los pescadores del lugar, los mismos fueron obtenidos durante el período de enero a abril de 2003 y 2004, totalizando 68 reproductores, (30 machos y 38 hembras).

Al ser una especie endémica y con escasos volúmenes de pesca y/o extracción, se consideró que los reproductores sean adultos y que presenten características propias para la reproducción, tales como ovas maduras (hembras) y presencia de esperma suficiente en el caso de los machos.

4.1.3 Equipo de transporte de ovas y su manipuleo

Los materiales empleados para el transporte y posterior manipuleo de los productos sexuales, fueron los que se mencionan a continuación:

Equipo de transporte:

- 2 recipientes de plástico con capacidad de 10 l. c.u.
- Una barca

Equipo de manipuleo de ovas:

- Bolsas negras de polietileno
- Pulverizador de malla fina (plástico)
- Arena fina del lago

4.2 Métodos

4.2.1 Construcción de incubadoras artesanales

Se construyó una artesa especialmente modificada, para albergar en su interior ovas fecundadas del *T. rivulatus*.

Las cajas fueron construidas de madera en la parte lateral y cubiertas exteriormente por una malla fina de plástico. La artesa estuvo dividida en dos partes iguales mediante otra sección de madera. Esta artesa fue de flujo horizontal y puede bien utilizarse para la reproducción artificial de varias especies ícticas nativas.

La artesa tuvo que reforzarse en su base, lo suficiente para resistir sin que se rompa una porción de arena, que sirvió principalmente como cama de protección

para las ovas fecundadas. La figura 8 señala las dimensiones y las características en su modificación.

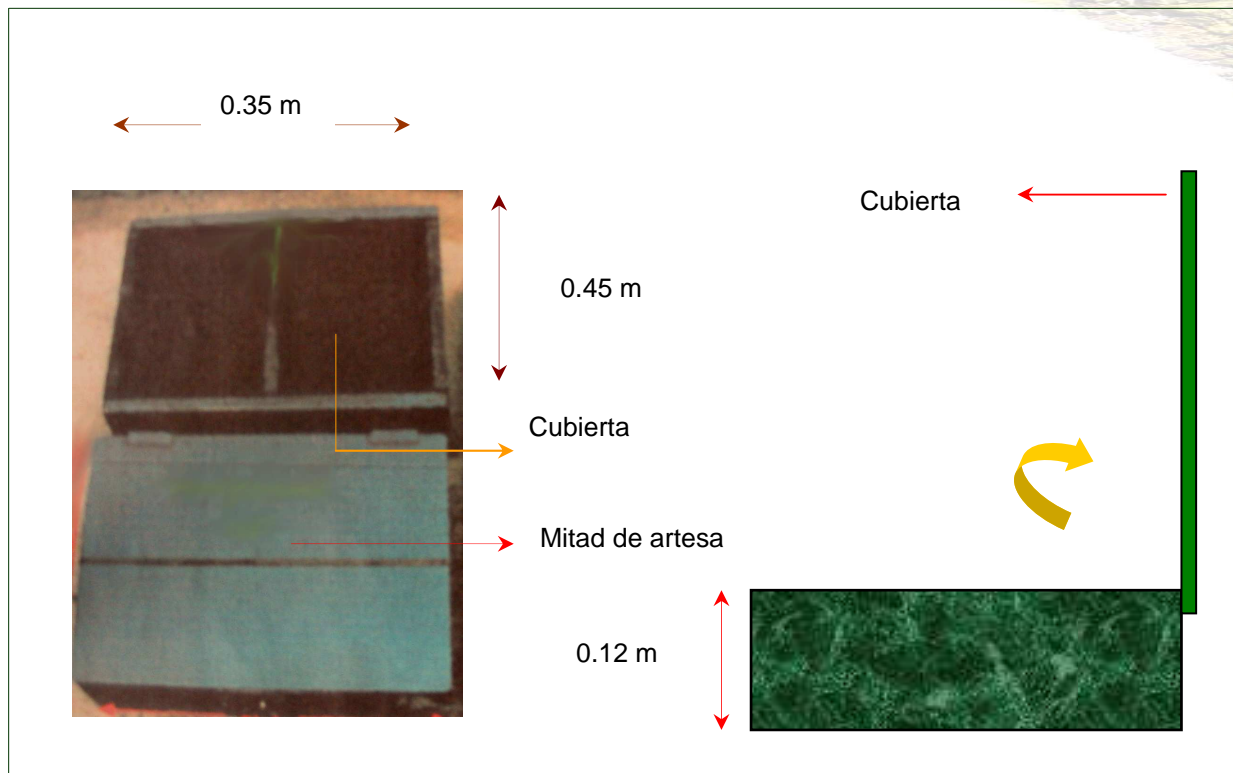


Figura 8. Artesa para la Incubación de flujo horizontal

4.2.2 Obtención de reproductores

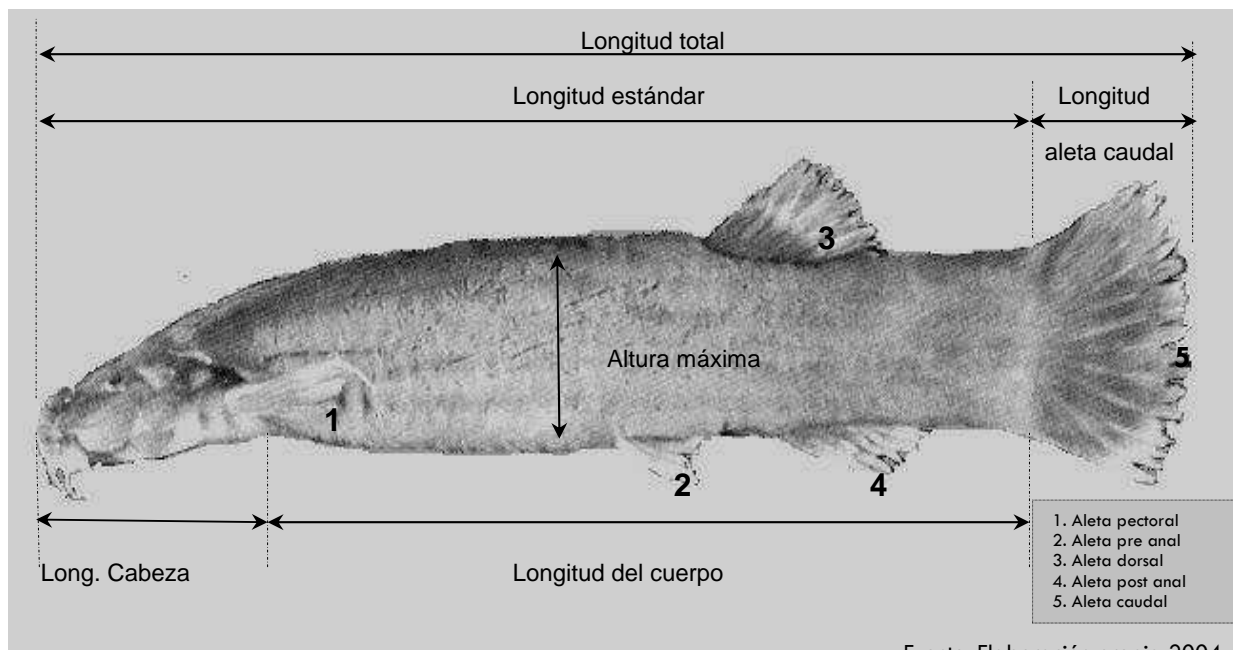
Se capturaron los ejemplares mediante redes agalleras a una profundidad de 8 m, dichas redes se colocaron en el lago entre las 16:00 a 18:00 hrs, para luego ser recogidas en un horario próximo a las 6 de la madrugada del día siguiente. Es muy importante que los peces estén vivos, para lo cual los especímenes capturados fueron alojados y/o recepcionados en un recipiente con agua.

4.2.3 Caracterización biológica (Biometría)

Posterior a la captura, los ejemplares se separaron entre machos y hembras, los especímenes fueron medidos usando un ictiómetro de 1.0 mm de apreciación,

para determinar su longitud total, y para el control del peso se utilizó una balanza digital de 1.0 g de aproximación. El sexo y la madurez sexual de cada ejemplar se determinaron de acuerdo a las características morfológicas externas y palpación del vientre del pez.

En la figura 9 se presentan los criterios biométricos de medición para el *T. rivulatus*.



Fuente: Elaboración propia 2004

Figura 9. Esquema de las características biométricas del *Trichomycterus rivulatus*

Los parámetros utilizados para el estudio fueron la longitud total y la longitud estándar expresados en milímetros.

Los aspectos biométricos de la especie fueron analizados en función a la composición por talla y peso y al factor de condición de los ejemplares.

a) Estructura de tallas

Se realizó la diferenciación de sexos (machos y hembras) para realizar independientemente la distribución de frecuencias entre clases en su longitud, para tal efecto se tomo como base la longitud estándar de los individuos.

b) Relación longitud total – peso

La longitud total y el peso de los ejemplares procesados permitieron determinar la composición por talla y peso de la muestra, determinándose los rangos mínimos y máximos, así como el promedio de cada parámetro por sexo.

La estimación de la relación longitud total (L_t) con el peso (W) para cada sexo se realizó mediante el ajuste de estos parámetros a la ecuación alométrica¹⁰:

$$W = a L^b$$

Donde:

- W = Peso (g)
- L = Longitud total (mm)
- a = Constante de regresión
- b = Coeficiente de alometría

Una prueba de t-Student a la constante “b”, permitió determinar el tipo de crecimiento de la especie (Zar, 1996). Si el valor de la constante “b” (pendiente) es igual a tres (b=3) el crecimiento es isométrico. Caso contrario el crecimiento es alométrico, mayormente (b>3) o minorante (b<3; Ricker, 1975).

Estos criterios sirven para medir la variación del peso esperado para un pez o grupos de peces, como indicador de las condiciones alimentarias y desarrollo gonadal (Le Cren, 1951; Sparre y Venema, 1995). Igualmente, la información de la

¹⁰ Ecuación que propone el biólogo Teissier el año 1948, citado por Le Cren (1951).

relación longitud-peso se utiliza para la comparación de grupos de peces, para estimar biomasa y evaluar stocks, entre otros.

c) Factor fisiológico de condición K_n

Este carácter en particular, denota el estado del espécimen o del conjunto de población de una especie ictica en particular. Para su cálculo se dispuso utilizar la ecuación que utiliza el Centro de Investigación para el Desarrollo Acuícola Boliviano, y se basa en el siguiente modelo propuesto por Fulton y modificada posteriormente por Frost y Brown, (1970):

$$K_n = 10^5 W / L^b$$

Donde:

- W = Peso (g)
- L = Longitud estándar (mm)
- K_n = Factor de condición
- b = Coeficiente de alometría resultante de la ecuación potencial (relación longitud-peso)

d) Sex – Ratio

Este carácter tiene que ver con la proporción sexual de una especie; para el cálculo se utilizó la distribución de frecuencias de machos y hembras (clase de tamaño) y aplicando la prueba de Chi cuadrado (X^2), la fórmula esta dada por:

$$X^2 = (O - E)^2 / E$$

Donde:

- X^2 = Chi cuadrado
- O = Frecuencia observada
- E = Frecuencia esperada

e) Talla media de madurez sexual ($L_{m50\%}$)

La talla media de madurez sexual se determinó bajo el criterio del 50% de hembras y machos maduros; Para tal efecto se consideraron aquellos ejemplares cuyas gónadas se encontraban en los estados IV y V (maduros) y IIP (post desove, regenerando la gónada al estado II).

A partir de las frecuencias absolutas de ejemplares maduros, se obtuvieron las frecuencias relativas acumuladas $S(l)$, dado que la curva de frecuencias relativas acumuladas resultante se asemeja a la curva de distribución normal acumulada (tipo sigmoideo).

Teniendo en cuenta que se presentan algunas discontinuidades en su conformación, para suavizarla se utilizó la expresión matemática más simple para describir este tipo de curvas que es la que corresponde a la llamada Curva Logística, cuya forma es:

$$S(L)' = \frac{1}{1 + e^{(S_1 - S_2 L)}}$$

Donde L es la longitud, $S(L)'$ es la frecuencia relativa acumulada corregida y S_1 y S_2 son constantes iguales al intercepto a y la pendiente b , obtenida respectivamente de la regresión lineal entre $\ln[1/S(L)-1]$ y L (Sparre *et al.*, 1989).

f) Índice gonado somático (IGS)

El índice gonado somático, establece una relación en variación existente entre el peso de la gónada (P_g) con respecto al peso total del pez (P_p), denota un patrón estacional de madurez, (Carrasco, 1998). Este carácter se basa en la siguiente fórmula:

$$IGS = (Pg/Pp) \times 100$$

Donde:

IGS = Índice gonado somático
Pg = Peso de la gónada (g)
Pp = Peso total del pez (g)

g) Fecundidad

La cantidad de ovocitos maduros, es una característica por la cual se puede hacer referencia a un carácter de fecundidad; para tal efecto, se dispuso hacer el conteo de las ovas producidas y que están en un estadio V ó VI, con capacidad de ser fecundados.

La expresión matemática para el cálculo de la fecundidad es la siguiente:

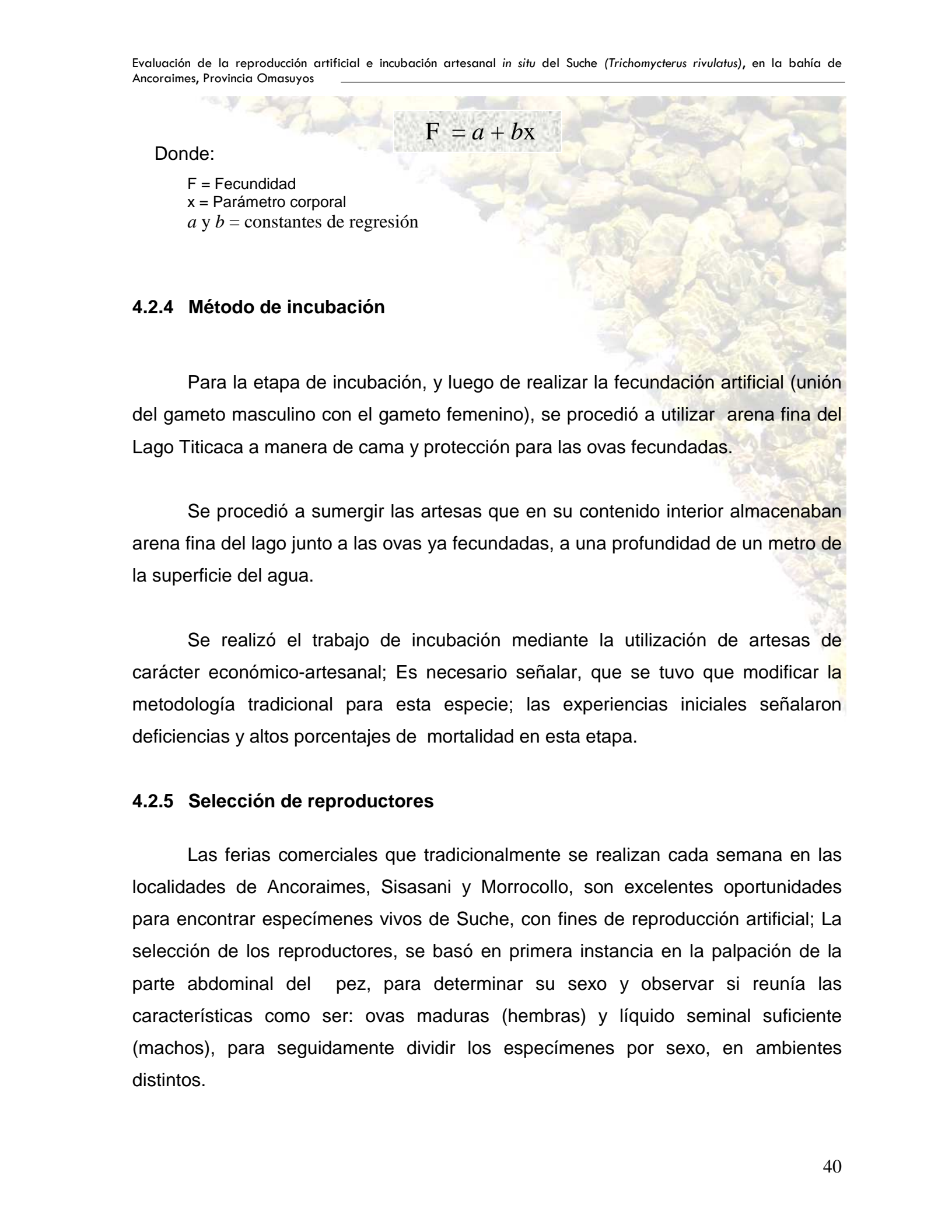
$$Co = \frac{PoT}{Ppo}$$

Donde:

Co = Cantidad de ovas
PoT = Peso total de ovas producidas (g)
Ppo = Peso promedio de ova (g)

La fecundidad también se relacionó con parámetros bio-normáticos corporales, tal es el caso de la longitud total, longitud estándar del cuerpo, peso total del cuerpo.

Su expresión se calculó mediante el análisis de regresión lineal, para asumir una relación directa o estrecha entre las variables; El modelo se expresa a continuación:


$$F = a + bx$$

Donde:

F = Fecundidad

x = Parámetro corporal

a y b = constantes de regresión

4.2.4 Método de incubación

Para la etapa de incubación, y luego de realizar la fecundación artificial (unión del gameto masculino con el gameto femenino), se procedió a utilizar arena fina del Lago Titicaca a manera de cama y protección para las ovas fecundadas.

Se procedió a sumergir las artesas que en su contenido interior almacenaban arena fina del lago junto a las ovas ya fecundadas, a una profundidad de un metro de la superficie del agua.

Se realizó el trabajo de incubación mediante la utilización de artesas de carácter económico-artesanal; Es necesario señalar, que se tuvo que modificar la metodología tradicional para esta especie; las experiencias iniciales señalaron deficiencias y altos porcentajes de mortalidad en esta etapa.

4.2.5 Selección de reproductores

Las ferias comerciales que tradicionalmente se realizan cada semana en las localidades de Ancoraimes, Sisasani y Morrocollo, son excelentes oportunidades para encontrar especímenes vivos de Suche, con fines de reproducción artificial; La selección de los reproductores, se basó en primera instancia en la palpación de la parte abdominal del pez, para determinar su sexo y observar si reunía las características como ser: ovas maduras (hembras) y líquido seminal suficiente (machos), para seguidamente dividir los especímenes por sexo, en ambientes distintos.

4.2.6 Traslado de reproductores

Después de la selección de los reproductores, éstos se dividieron en grupos por sexo, una vez que se tomaron los datos biométricos necesarios además del peso de cada uno de ellos, se realizó el traslado a orillas del lago a un ambiente con semi sombra construido para tal propósito.

4.2.7 Fecundación artificial

4.2.7.1 Reproducción artificial del *Trichomycterus rivulatus*

El método utilizado para la obtención de ovas fue el denominado método seco, que consistió en realizar una presión leve en el vientre del pez, comenzando desde la parte pectoral hasta la parte del poro genital. (figuras 10a. y 10b.)



Figura 10. **a. Obtención de ovas de *Trichomycterus rivulatus*, b. Ovas maduras de suche**

Los productos sexuales fueron las ovas y el semen, el contenido seminal de los reproductores machos y se obtuvo de la misma forma, el proceso de reproducción artificial en el suche se llevó a cabo inmediatamente.

El método utilizado para unir los dos productos sexuales está basado en la propuesta que desarrolló Brasky, que consiste en mezclar de las ovas y el semen en un recipiente bastante limpio. Para tal efecto se utilizó un plato artesanal de barro, estos productos deben ser mezclados con la ayuda de una pluma; seguidamente se

deja en reposo por el tiempo de 10 minutos, para la completa hidratación y fecundación de estas. La proporción con la que se ha trabajado, es de 1:1 lo que refleja un macho para cada hembra.

4.2.8 Incubación

Para la etapa de la incubación se utilizó como base de la artesa, arena fina del lago y ahí se procedió con colocar las ovas fecundadas, para luego literalmente enterrarlas en la base de la incubadora modificada. Una vez que se realiza la fecundación artificial, el embrión debe tener un tiempo de desarrollo, hasta que este pueda liberarse de su saco embrionario y llegar a la etapa conocida como alevín.

Para esta fase, se utilizó una metodología que imita en gran manera lo que se cree que ocurre con la incubación de las ovas de esta especie en la naturaleza.

4.2.9 Análisis experimental

Para el desarrollo y posterior interpretación de los resultados, se empleó herramientas de Bioestadística tales como la estadística descriptiva, medidas de variabilidad, análisis de regresión, y pruebas de t-student. Los datos corresponden a aspectos biológicos y parámetros que se relacionan con el proceso de reproducción e incubación artificial del *Trichomycterus rivulatus*.

4.2.10 Variables de respuesta

4.2.10.1 Proceso de reproducción e incubación artificial

- Porcentaje de fecundación
- Porcentaje de mortalidad de ovas
- Porcentaje de eclosión de ovas
- Tiempo desde la fecundación hasta la eclosión de ovas
- Unidades térmicas acumuladas (U.T.A.)

- Tiempo de duración de las tres etapas de incubación
- Porcentaje de sobrevivencia de las larvas.

4.2.10.2 Aspectos biológicos

- Longitud estándar (Ls)
- Relación: Longitud – peso
- Factor fisiológico de condición (K_n)
- Sex – Ratio
- Talla media de madurez sexual ($L_{50\%}$)
- Índice gonado somático (IGS)
- Número de ovas

4.2.10.3 Aspectos económicos

- Flujo de inversión
- Análisis de sensibilidad económica

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Fecundidad y porcentaje de fecundación

Se determinó la fecundidad para la población de hembras, el total de la muestra fue de 25, y la fecundidad media fue de 1377 ovocitos. El presente cuadro muestra los complementos estadísticos:

Cuadro 1. Estadístico grupal de la fecundidad

Parámetros Estadísticos	No. Ovas
	♀
Media	1377
σ poblacional	992,79
σ de la muestra	1013,26
N. observaciones	25
Valor mínimo	42
Valor máximo	3708
Mediana	1188
Moda	42

La fecundidad mínima expuesta fue de 42 ovocitos mientras que la fecundidad máxima alcanzada fue de 3708 ovas. La cantidad de ovocitos en esta especie es apreciable ya que su reproducción en cantidad implica en cierto grado una resistencia biológica-natural hacia los efectos externos que aceleran los procesos de extinción de las especies.

La fecundidad relativa calculada fue de :

$$FR = \frac{10 \text{ ovocitos}}{\text{g pez}}$$

El desvío estándar muestral fue de 5.88 ovas mientras que el desvío poblacional fue de 5.76 ovas.

El porcentaje de fecundación, se determinó por la relación existente entre las ovas fecundadas y el total de las ovas empleadas en la fase de la fecundación artificial. El cuadro siguiente detalla el número de fecundaciones realizadas en el período de estudio.

Cuadro 2. Cálculo del porcentaje de fecundación

No. repeticiones	Total de ovas	No. ovas fecundadas	No. ovas no fecundadas	Porcentaje de Fecundación (%)
1ra Fecundación	22.499	22.450	49	99,78
2da Fecundación	8.458	8.450	8	99,91
3ra Fecundación	3.417	3.417	0	100,0
Total	34.374	34.317	57	Prom. 99,90

Fuente: Elaboración propia, 2004

La tasa de fecundación en los trabajos de reproducción artificial, tuvieron un resultado por lo demás aceptable, el 99% manifiesta una validez en la metodología empleada, es decir, que el método seco propuesto por Brasky, es útil para la fecundación artificial *in situ* en la especie *T. rivulatus*.

Sin duda, un factor determinante para alcanzar valores máximos de fecundación, están ligados directamente al grado de madurez de los productos sexuales utilizados.

Poma (2005) alcanzó una tasa de fecundación para el Mauri (*T. dispar*) de 98%, los altos porcentajes de fecundación validan la metodología aplicada para estas dos especies, existiendo escasa diferencia entre los valores reportados en el presente estudio y los reportados para el Mauri.

5.2 Porcentaje de eclosión

El periodo en el que el saco vitelino fue reabsorbido fue de 2 a 3 días, por otra parte la supervivencia desde la etapa de incubación hasta la reabsorción del saco vitelino fue del 99.9% (cuadro 3).

Cuadro 3. Índice de mortalidad y supervivencia de alevines

Eclosión - reabsorción del saco vitelino	No.	Alevines	Alevines	Mortalidad	Sobrevivencia
	Alevines	Muertos	Vivos	(%)	(%)
	34233	32	34201	0,09	99.9

Fuente: Elaboración propia 2004

La tasa de mortalidad mediante los métodos tradicionales de incubación en laboratorio, mostraron alarmantemente altos niveles de muerte (14.358 ovas fecundadas solo 416 pudieron completar su desarrollo hasta la condición de alevinos (CIDAB, 2002); Poma (2005), alcanzó un promedio de 2.5% en la tasa de mortalidad, para el mauri.

Utilizando la cama de arena, como medio de protección para las ovas fecundadas y el embrión en desarrollo, se redujeron los índices de mortalidad por contagio de hongos, los cuales ocasionan la pérdida de un mayor número de ovas y embriones en desarrollo.

5.3 Tiempo de incubación

A continuación, se presenta el resumen de los parámetros bionormáticos, en la etapa de incubación:

Cuadro 4. Parámetros bionormáticos en la etapa de incubación

Proceso embrionario		Larvaje
(grados/día)	(días)	(días)

134 – 160

13 – 15

12 -15

Fuente: Elaboración propia 2004

En esta etapa se calculó las Unidades Térmicas Acumuladas (UTA), el desarrollo embrionario del pez dura tantos días que sean necesarios hasta acumular un número de grados/día de temperatura. Se realizó el cálculo desde el primer día de incubación, tomando como base la lectura tres veces al día de la temperatura, hasta el instante en que eclosionaron los embriones.

El cuadro 5, muestran los resultados determinados en campo con respecto a las Unidades Térmicas Acumuladas (UTA) en el proceso de incubación del *T. rivulatus*.

Cuadro. 5. Fases de desarrollo de la ova fecundada y temperatura

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Ova fecundada hasta la aparición de los ojos (fase 1; N°. días)	4	7	5,40	1,14
Aparición de los ojos hasta la reabsorción del saco vitelino (fase 2 N°. días)	7	9	8,00	0,82
Temperatura del agua en el proceso de incubación (promedio °C.)	10,7	12,5	11,48	0,70

Fuente: Elaboración propia 2004

Desde la fecundación hasta la eclosión se estableció en 14 días a una temperatura media de 11.48 °C, acumulando un promedio de 154.7 U.T.A.; A medida en que la temperatura aumenta la adaptabilidad de las ovas se hace mas notoria. En ambientes de laboratorio, se estableció un tiempo de 12 días a partir de la fecundación hasta la eclosión, y con una temperatura media establecida de 14 °C¹¹.

El siguiente modelo de ecuación ($Y = a + b X$) estima las variaciones del tiempo de incubación en función a la temperatura del agua:

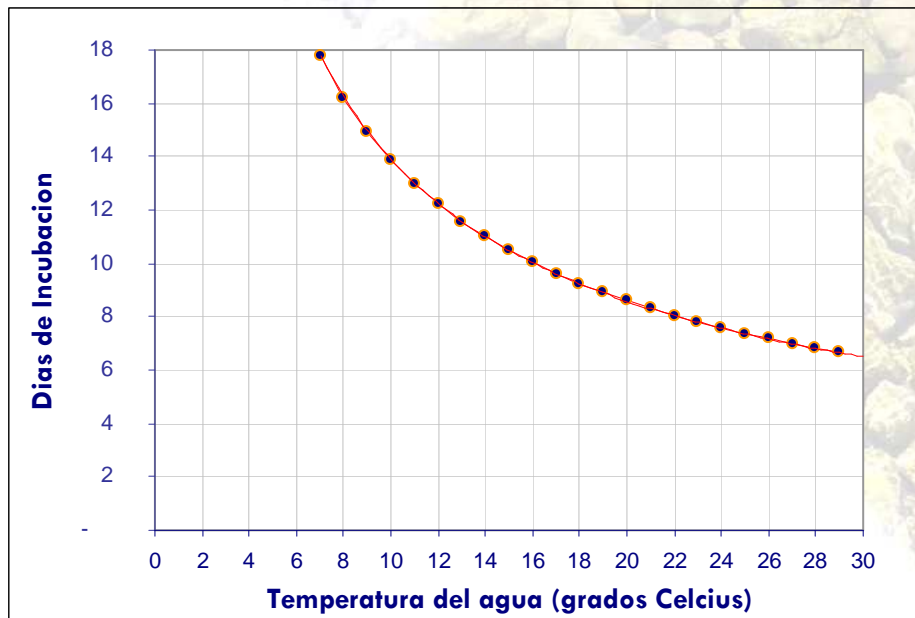
Cuadro 6. Resumen del modelo presentado

Y	a	X	b
Días de Incubación	68.442	Temperatura del agua	-0.6728

La siguiente gráfica muestra el modelo calculado, para establecer la relación entre los días de incubación y la temperatura reportada.

¹¹ Reproducción artificial de suche en ambientes controlados. CIDAB, marzo de 2002.

Grafico 1. Curva de días de incubación vs. temperatura del agua (*Trichomycterus rivulatus*)



El gráfico muestra a la variable temperatura (eje Y) y a los días de incubación (eje X). A un incremento racional de temperatura el tiempo de desarrollo en los seres vivos se hace mas corto. Ambas variables son determinantes para el desarrollo de un ser vivo, este factor (temperatura) es proporcional al tiempo, es decir: el tiempo de incubación dependerá estrechamente al rango de temperatura “racional” en el cual se desarrolla.

En ambientes controlados, es posible determinar el rango de temperatura óptima para así disponer de un tiempo corto de incubación, acelerando de esta manera la repoblación de la especie.

La etapa de Incubación presentó en ambientes naturales un proceso más largo, debido principalmente a las condiciones favorables con las que cuenta un laboratorio, llámese a la temperatura, calidad de agua, y control de problemas ictiopatológicos. Siendo posible una fase de incubación mas corta, reduciéndose en 2 a 3 días a lo mucho.

Poma (2005), reporta 182 UTA a una temperatura de 14°C estableciendo 13 días el ciclo desde la fecundación hasta el alevinaje para el mauri. Existiendo similitud en las conclusiones con respecto a la influencia de la temperatura y el desarrollo del embrión.

5.4 Fases de incubación

El óvulo fecundado del *Trichomycterus rivulatus* se desarrolla y completa su ciclo (ova fecundada-embrión) en el transcurso de 12 -15 días en ambientes naturales, en condiciones de laboratorio su ciclo es de 10-12 días.

Las etapas de la incubación fueron estudiadas gracias a los esquemas que se pudieron observar mediante microscopio, en ellos se puede apreciar las distintas etapas de formación del embrión.

En todo el desarrollo del embrión se distinguieron dos fases en particular, la fase 1 comienza a partir de una ova fecundada hasta la aparición de los ojos (ova hidratada, mórula, blástula y gástrula). La segunda etapa de desarrollo fue a partir de la aparición de los ojos hasta la reabsorción del saco vitelino (Cierre del blastoporo, desarrollo de la cola y la cabeza, alevín; figura 11).

El desarrollo alcanzado por el suche, es similar al hallado en su pariente más común como lo es el mauri, cuyo ciclo de desarrollo está entre los 12 a 16 días (CIDAB, 2002).



Figura 11. Desarrollo del huevo fertilizado del *T. rivulatus*

5.5 Porcentaje de mortalidad

El porcentaje de mortalidad alcanzado en el proceso de incubación fue de apenas de 0.1 a 0.3% en los tres ensayos de incubación. A continuación se detalla la tasa de mortalidad y supervivencia en el proceso de incubación en artesas modificadas, para el suche.

Cuadro 7. **Detalle de mortalidad de ovas en el proceso de incubación**

Etapas de Incubación	total ovas	ovas	ovas muertas	ovas vivas	mortalidad (%)	supervivencia (%)
Desde la fecundación hasta la aparición de los ojos	34416	34359	No determinado	34359	-	99
Desde la aparición de los ojos hasta la eclosión		34359	126	34233	0.36	99.63
TOTAL	34416		126	34233	0.3	99.7

Fuente: Elaboración propia 2004

El porcentaje de mortalidad alcanzó un promedio de de 0.33% muy por debajo del 2.5% reportado por Poma (2005), para el Mauri (*T. dispar*) y los reportados por el CIDAB (2002) que corresponden al 45% para esta misma especie.

5.6 Causas de mortalidad de las ovas

5.6.1 Problemas ictosanitarios

Durante la incubación, no se presentó problemas ictosanitarios, los antecedentes evidenciaron que las altas tasas de mortalidad en la etapa de incubación son debida principalmente a la proliferación del agente causal micófito acuático denominado *saprolegnia sp.*. Los huevos fertilizados se desarrollan normalmente cuando las condiciones tales como oxígeno, temperatura, y la eliminación de desechos por ejemplo.

En la práctica, sin embargo, sucede a menudo que las ovas mueren tras un breve período de desarrollo, bien durante el estadio de mórula o antes de su eclosión misma (Vegas , 1997).

A un principio las ovas parecen sanas en su integridad, sin embargo al paso de unas horas algunas se volvieron de color blanquecinas u opacas, generalmente ocurre este efecto al no ser ovas fecundadas, o tal vez debido a daños en la manipulación de estas. Las ovas fertilizadas y en normal estadio presentan un color naranja muy vivo y su contenido es claro, es recomendable separar las ovas que se desarrollan normalmente.

Las esporas microscópicas de los hongos acuáticos, como *Saprolegnia* (Figura 12), se encuentran en todas partes. Se pudo observar que los huevos maleados o ya muertos en que se desarrollan con rapidez, atacan a los huevos sanos que quedan enredados en los densos filamentos de los hongos. Los huevos infectados se adhieren unos a otros y terminan por morir.

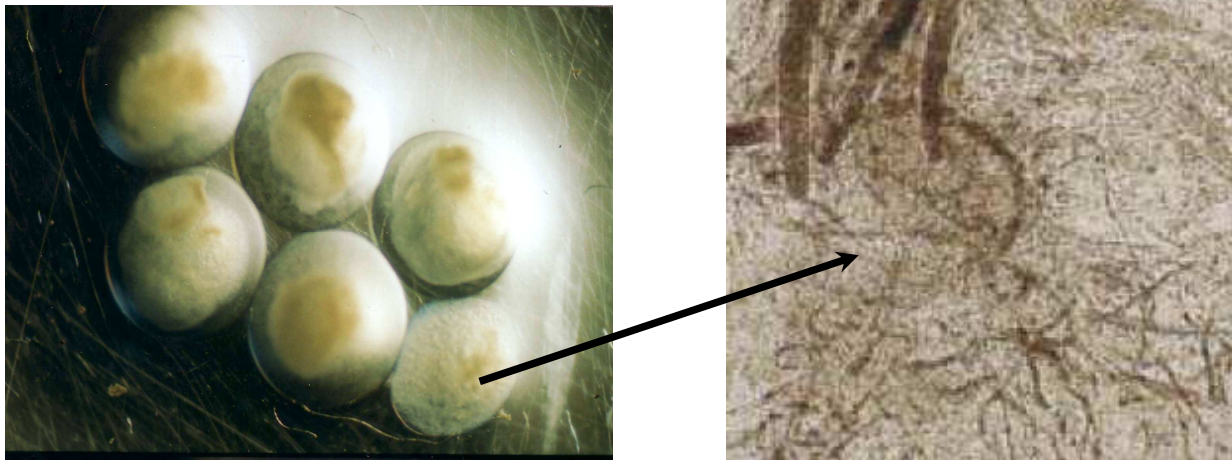


Figura 12. Huevo y embrión atacados por hongos (*Saprolegnia sp.*)

5.7 Características biométricas generales del suche

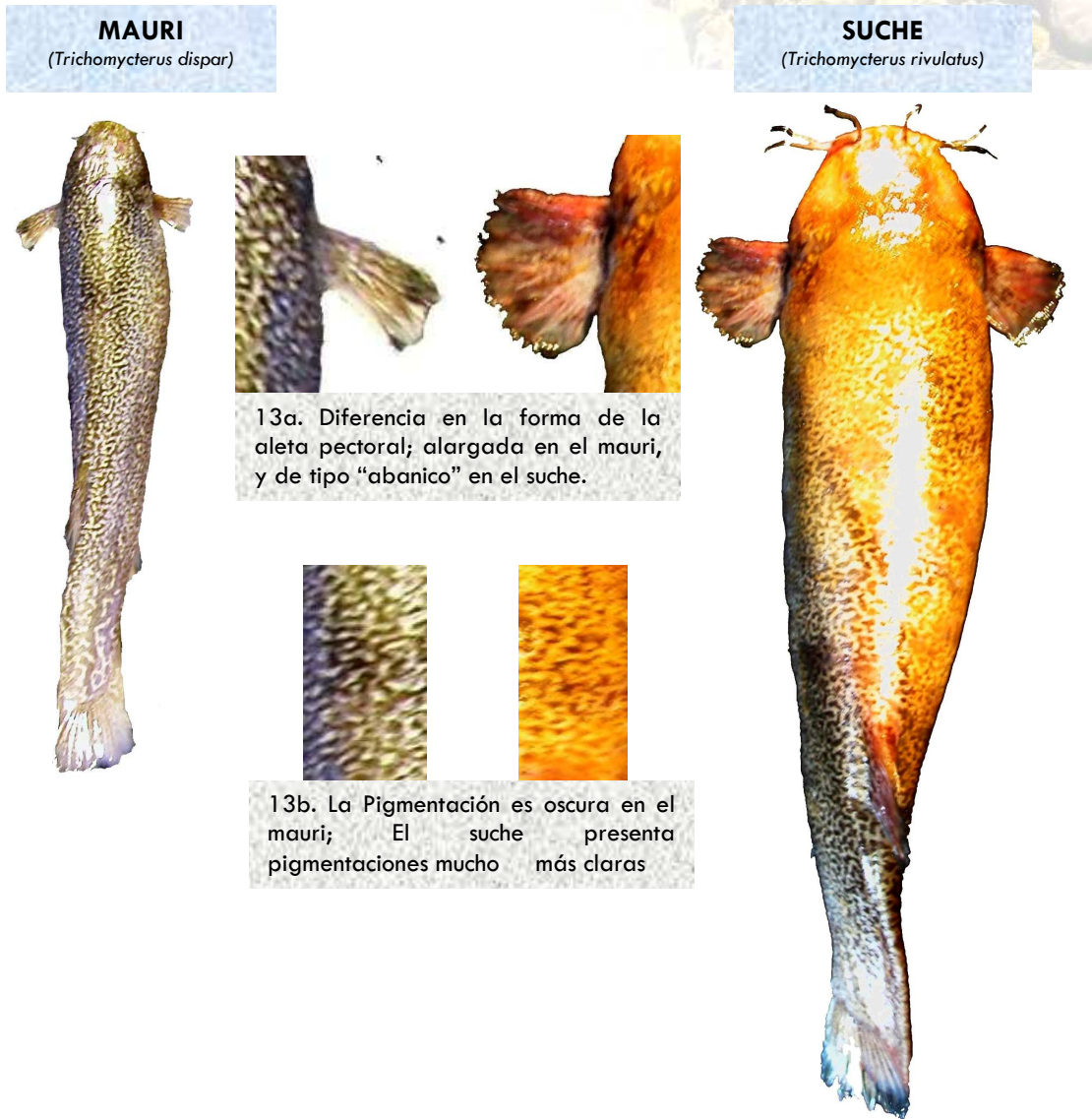
5.7.1 Caracterización genotípica y morfométrica

5.7.1.1 Caracteres fenotípicos

Entre las características más peculiares del suche en sus rasgos fenotípicos, se encontraron que:

- Tienen los ojos poco desarrollados y dispuestos en la parte frontal de la cabeza.
- Presentaron un cuerpo liso y sin escamas, la aleta dorsal es corta, y la aleta caudal es bifurcada
- Exhibieron dos aletas pectorales (su forma es de tipo “abanico” es su medio de sustentación locomotora y característica singular entre los *trichomycterus*) ver figura 13a. Dos aletas anales (su función principal es de protección a los órganos de reproducción), y una aleta caudal (sirve para el desplazamiento)
- Su pigmentación era de un carácter oscuro en toda la porción del cuerpo, exceptuando el abdomen. Su color fué de carácter “vivo” y que abarca una tonalidad que va desde un amarillo pálido hasta un color café oscuro, la cobertura a modo de camuflaje de su piel, es fácilmente imperceptible en su habitad (figura 13b).
- Presentaron seis barbillones sensitivos peri bucales, cuya función principal fue la locomoción e identificación de alimento en escenarios con escasa luz (figura 14a).
- La disposición de la boca estuvo orientada hacia abajo, considerado que este tipo de animal se desarrolla en la superficie del suelo arenoso.
- El tamaño máximo hallado corresponde a 34.26 cm de longitud total, siendo los peces nativos del Titicaca en la actualidad de mayor tamaño (figura 13).

A diferencia del otro siluro él *T. dispar* (mauri), él suche, a simple vista alcanza tallas mucho más grandes, otra característica radica en su tonalidad. El mauri tiene un color grisáceo a marrón oscuro, mientras que el suche tiene una coloración mas “viva” asumiendo tonalidades desde amarillo claro, hasta el café claro (figura 13c).



13c. El mauri en comparación al suche, presenta menor tamaño y peso.

Figura 13. **Vista comparativa entre mauri y suche**

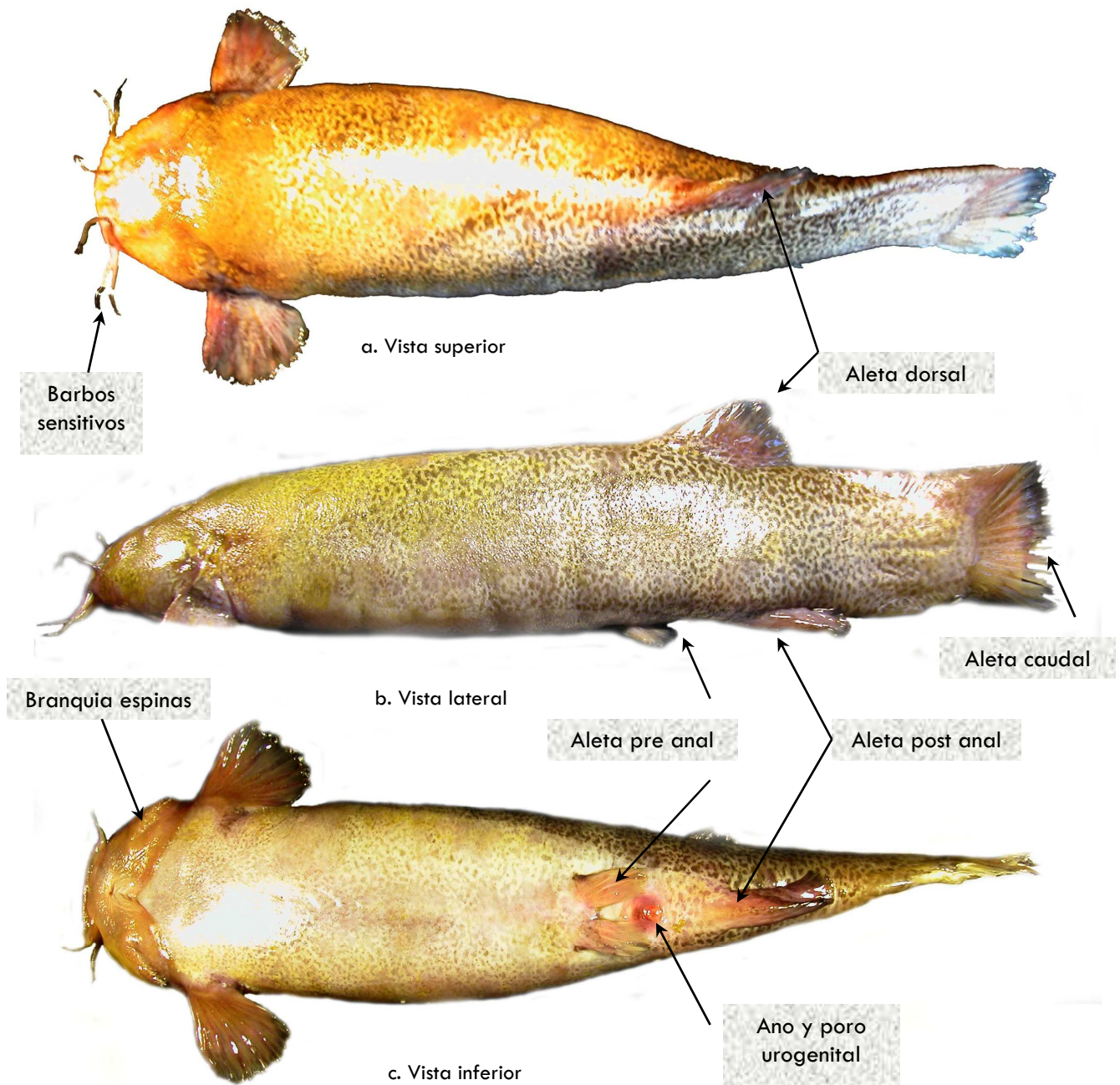


Figura 14. *Trichomycterus rivulatus*, morfología externa

5.7.1.2 Caracteres meristémicos

Se realizó un estudio particular sobre la estructura ósea, pudiéndose observar la presencia de 40 vértebras, la estructura de la cabeza esta formada en base a cartílago. Un carácter que no se puede pasar por alto es que la boca esta dispuesta de manera ínfera pro táctil con dientes, este hecho es importante y se atribuye a que éste pez es de tipo omnívoro¹².

El intestino observado era de tamaño intermedio, branquiespinas filamentosas y no abundantes, pero tampoco cortas y que cumplen funciones de sujeción y masticación, presenta una vejiga natatoria atrofiada.

5.7.1.2.1 Características biométricas

Como un complemento a las características en la morfología de este espécimen, se detalla patrones que corresponden a los datos biométricos útiles para el análisis estadístico, como base de estudio.

Cuadro 8. **Parámetros biométricos del *T. rivulatus***

Parámetros estadísticos	Longitud (mm) hembras		Longitud (mm) machos	
	total	estándar	total	estándar
Media	223,13	195,89	216,73	191,13
σ poblacional	27,38	23,79	18,39	17,09
σ de la muestra	27,75	24,11	18,70	17,38
N. observaciones	38,00	38,00	30,00	30,00
Valor Mínimo	177,00	154,00	192,00	167,00
Valor Máximo	283,00	240,00	270,00	243,00
Mediana	220,00	190,50	214,50	188,50
Moda	198,00	189,00	207,00	188,00

σ = Desvió Estándar

Fuente: Elaboración propia 2004

¹² Del latín *ovnis*, todo y *vorare*, comer; Que se alimenta de toda clase de sustancias orgánicas, tanto vegetales como animales.

a) Prueba de T Student, para comparar longitudes Estándar (mm) entre machos y hembras:

Se empleó la prueba estadística de t-Student para muestras independientes, el análisis se basa en la hipótesis nula :

$$H_0: LS_{\text{♀}} = LS_{\text{♂}}$$

Cuadro 9. Estadístico grupal para la longitud estándar entre machos y hembras

	Género de los individuos muestreados	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Longitud estándar del pez, (Ls mm.)	Machos	30	191,1333	17,38357	3,17379
	Hembras	38	196,9576	23,07669	3,74353

Fuente: Elaboración propia 2004

Cuadro 10. Prueba de T-student para muestras independientes (longitud estándar del pez)

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Ls (mm)	Se asumió varianzas iguales	4,988	,029	-1,148	66	,255	-5,8243	5,07227	-15,95142	4,30282
	No se han asumido varianzas iguales			-1,187	65,88	,240	-5,8243	4,90785	-15,62347	3,97487

Cuadro de salida: SPSS v. 11.5

Fuente: Elaboración propia 2004

El valor de significancia resultante en la prueba de T-student para muestras independientes, tuvo como resultado 0.029 (Sig.<0.05), por lo tanto se rechaza la igualdad de medias para la longitud estándar entre machos y hembras.

Por lo tanto, se acepta la diferencia entre longitudes estándar (**Ls**) entre las poblaciones de machos y hembras, a un nivel de confianza del 95% y un criterio de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$).

5.7.1.2.2 Estructura de tallas

En el cuadro 11, se presenta la estructuración de tallas (clase de tamaño) con respecto a la longitud estándar (**Ls**) para la población total de suche.

Cuadro 11. Clases de tamaño para la población total (machos y hembras)

Clase	Desde mm	Hasta mm	Frecuencia absoluta	Marca de clase	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	promedio		Proporción sexual	
							Longitud estándar (mm)	Peso (gr.)	machos	hembras
1	161	177	16	169	23,53	23,53	194,75	85,14	7	9
2	178	194	27	186	39,71	63,24	213,48	108,18	15	12
3	195	211	10	203	14,71	77,94	229,80	147,67	3	7
4	212	228	8	220	11,76	89,71	245,50	166,54	4	4
5	229	245	7	237	10,29	100,00	269,43	228,27	1	6
			68		100,00				30	38

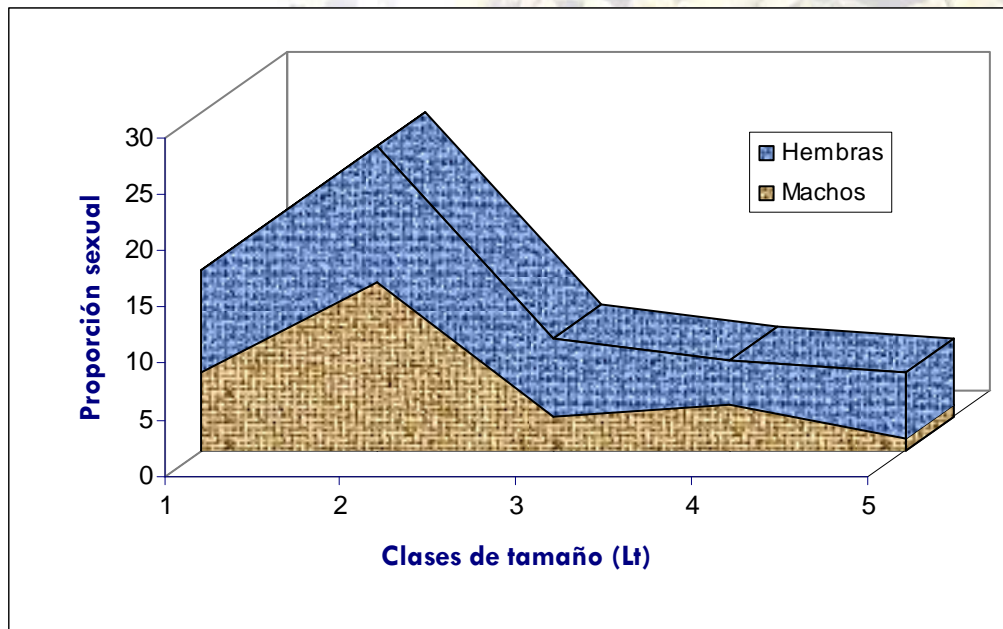
Fuente: Elaboración propia 2004

El tamaño de intervalo de clase es de 16 mm para la longitud total, estructurando así cinco grupos o clases muestrales, cuyo número de individuos con mayor presencia están distribuidos entre los 166-177mm (clase 1; 23,53%) y 178-194 mm (clase 2;39.71%).

Los peces jóvenes cuya talla se encuentra entre los 161 mm. a 211 mm en su longitud, representan los especímenes con los volúmenes de mayor extracción. Considerando él hecho de que los suches de tallas superiores habitan en el sector béntico del lago, su extracción es menos frecuente dada la dificultad en el empleo de redes de mayor capacidad de profundidad.

La distribución entre machos y hembras se presenta a continuación (gráfico 2). De un total de 68 especímenes, 30 correspondieron a machos en capacidad para la reproducción, mientras que la población de hembras fue de 38.

Gráfico 2. Proporción sexual de la población muestral de suche



a) **Estructura de tallas para hembras.** La población muestral de hembras fue establecida por cinco clases o tamaños, en las clases 2 y 3 el número de especímenes fue mayor con respecto a las demás clases. El total muestral establece 38 individuos adultos, y las tallas para la longitud estándar correspondieron a valores comprendidos entre los 161mm y 245mm de longitud estándar (cuadro 12).

Cuadro 12. Histograma de frecuencias - estructura de tallas (Ls; población: hembras)

	Desde	Hasta	Frecuencia Absoluta	Marca de Clase	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Longitud estándar (mm)	Peso (gr.)
1	161	177	9	169	24	23,68	169,56	86,74
2	178	194	12	186	32	55,26	187,37	106,63
3	195	211	7	203	18	73,68	202,57	147,68
4	212	228	4	220	11	84,21	220,00	162,19
5	229	245	6	237	16	100,00	235,33	237,27
Total			38		100			

Fuente: Elaboración propia 2004

b) Estructura de tallas para machos. La población de machos fue menor en comparación a la de las hembras, totalizando 30 individuos. Se clasificaron según su longitud estándar en cinco clases muestrales, la clase 2 (53.33% de la población de machos) mostró un mayor número de especímenes, la distribución de frecuencias tiene como talla mínima a individuos mayores a 167mm , y como un máximo a un individuo de 243mm , estableciendo como promedio general en longitud (Ls) de 222mm (cuadro 13).

Cuadro 13. Histograma de frecuencias - estructura de tallas (Ls; población: machos)

Clase	Desde	Hasta	Frecuencia absoluta	Marca de clase	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Longitud estándar (mm)	Peso (gr.)
1	167	182	7	174,5	23,33	23,33	271,43	83,08
2	183	198	16	190,5	53,33	76,67	168,63	112,84
3	199	214	4	206,5	13,33	90,00	207,50	151,46
4	215	230	2	222,5	6,67	96,67	221,50	178,20
5	231	246	1	238,5	3,33	100,00	243,00	174,32
<i>Total</i>			30		100			

Fuente: Elaboración propia 2004

5.7.1.2.3 Relación longitud –peso

La relación longitud–peso presentó variabilidad entre la especie, dicha variabilidad fue atribuible al sexo, la edad, el grado de madurez sexual, época de año, características físicas del hábitat, etc., como lo confirma Barros, (1995).

En el cuadro 14 se detalla los parámetros estadísticos, tomados sobre la totalidad de la población muestreada, señalando individualmente machos y hembras.

Cuadro 14. Cuadro estadístico para estructura de tallas (Población mixta)

Parámetros estadísticos	Machos		Hembras	
	Longitud estándar (Ls)	Peso (W)	Longitud estándar (Ls)	Peso (W)
	♂	♂	♀	♀
Media	191,13	117,46	195,89	133,77
σ poblacional	17,09	32,39	23,79	56,06
σ de la muestra	17,38	32,95	24,11	56,82
N. observaciones	30	30	38	38
Valor Mínimo	167	74,4	161	64,7
Valor Máximo	243	190,1	240	271,1
Mediana	188,5	107,69	190,5	117,92
Moda	188	74,4	189	44,7

σ = Desvío estándar

Fuente: Elaboración propia 2004

El número de observaciones correspondieron a especímenes, siendo 30 observaciones correspondientes a la población de machos y 38 a la población de hembras. La longitud estándar mínima entre machos y hembras fue de 161mm, y la talla mayor de la muestra corresponde a un macho cuya longitud estándar fue de 243mm.

Se obtiene un promedio general de la longitud estándar de 193.51mm, el peso promedio de las muestras de machos y hembras fue de 155.65 gramos. Los valores máximos y mínimos que correspondieron a 64.70 gr. y 117.6 gr. fueron para la población de hembras.

a) Relación longitud – peso (hembras). El peso está en función de su longitud, en el cuadro 15 se muestran los valores correspondientes a la estructura elemental y con los valores resultantes de los cálculos para una regresión de tipo potencial.

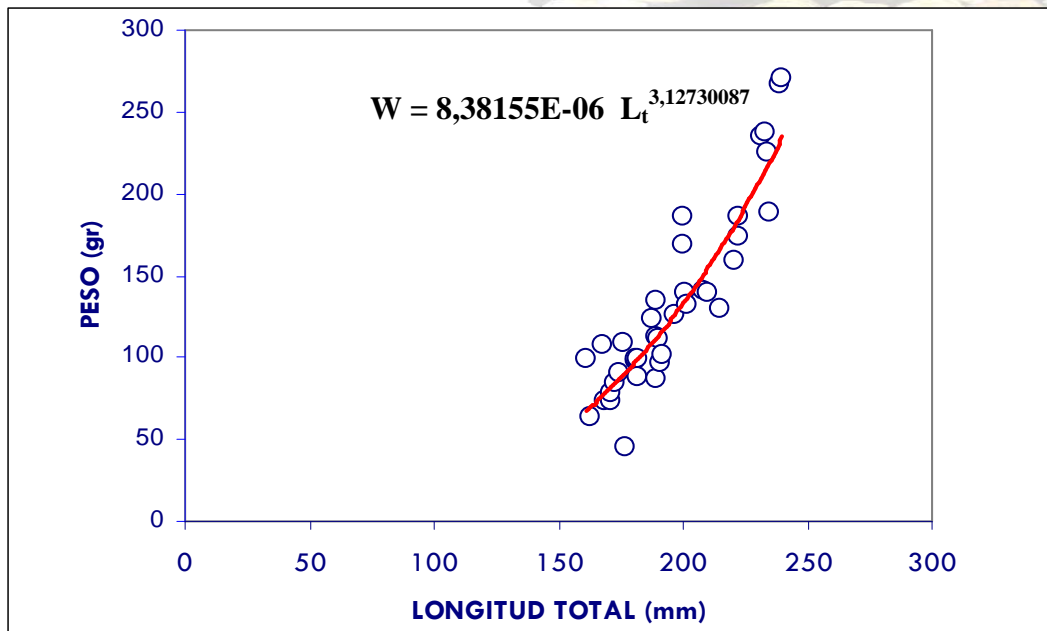
Cuadro 15. Expresión matemática: relación longitud – peso (población hembras)

Clase de Ls (mm)	186 – 269
No. Observaciones	38
a	8,38155E-06
b	3,12730087
Expresión potencial $W = a L^b$	$W = 8,38155E-06 L^{3,12730087}$
Expresión logarítmica	$\log W = \log -5,0766758 + 3.12730087 \log L$
Coefficiente de correlación r^2	0,917112166
Coefficiente de determinación	0,841094724

Fuente: Elaboración propia 2004

W = Peso en gramos / L = Longitud total expresado en milímetros

Gráfico 3. **Gráfica de regresión no lineal (diagrama de dispersión y curva ajustada)**
Relación: longitud total (mm) – peso total (g)



La gráfica 3 corresponde al ajuste de los parámetros longitud-peso a la ecuación alométrica $W=a*L_t^b$ (Teissier, 1948; Ricker, 1975). La pendiente “b” determina el tipo de crecimiento, en este caso el tipo de crecimiento que se atribuye a las hembras de *T. rivulatus* fue de tipo alométrico mayormente ($b = 3.12 > 3$).

El valor de $b>3$ ($P<0.025$) en la ecuación común fue indicativo de un crecimiento relativo en peso alométrico mayormente, que no obedece a la ley del cubo establecida por Rousenfell y Everhard (1962) y corroborada por Weatherley y Gill (1987).

El crecimiento en la longitud de las hembras conforme al paso del tiempo se hizo menos notorio. Por el contrario su peso experimentó un incremento paulatino, esto se explica al carácter reproductivo de las hembras, que manifiestan un incremento en peso, gracias al desarrollo de sus óvulos.

b) Relación longitud – peso (machos). En el cuadro 16, se presenta un resumen los criterios para el análisis de la relación longitud – peso para la población de machos de suche.

Cuadro 16. Expresión matemática: relación longitud estándar – peso total (machos)

Clase de Ls (mm)	192 – 270
No. observaciones	30
a	7,42718E-05
b	2,71236
Expresión potencial $W = a L^b$	$W = 7,42718E-05 L^{2,71236}$
Expresión logarítmica	$\text{Log } W = -4,778224 + 2,71236 \text{ Log } L$
Coefficiente de correlación r^2	0,90149
Coefficiente de determinación	0,81268

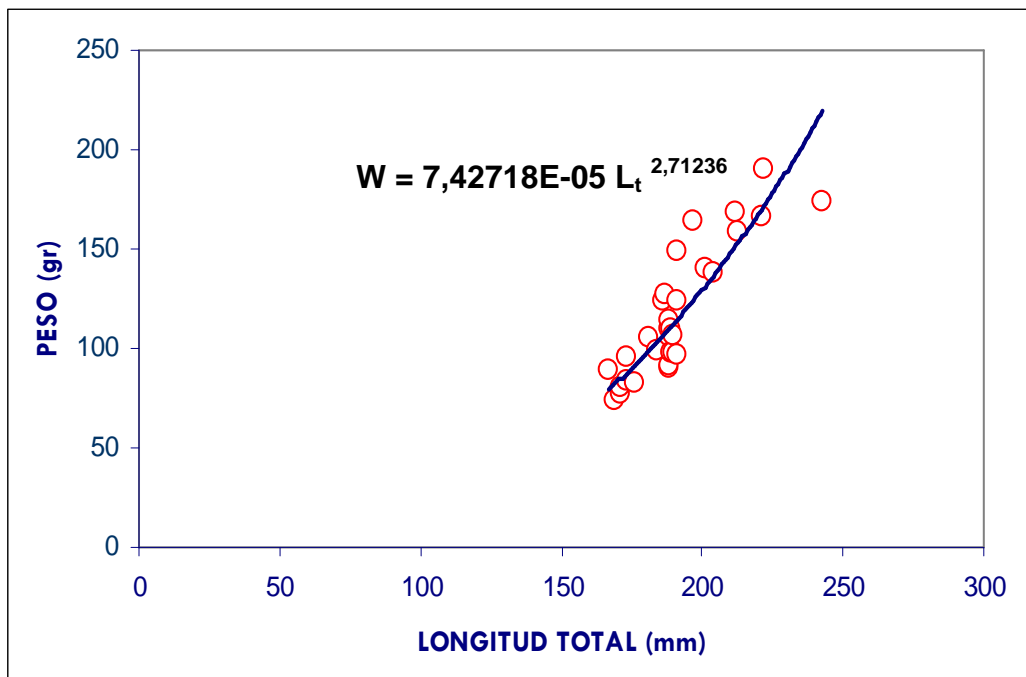
Fuente: Elaboración propia 2004

W = Peso en gramos

L = Longitud total expresado en milímetros

El gráfico 4, muestra la relación longitud total y el peso total para machos del *T. rivulatus*, la ecuación de tipo de crecimiento fue potencial denominándose también como ecuación de alometría.

Gráfico 4. Gráfica de regresión no lineal - (diagrama de dispersión y curva ajustada) relación: longitud total (mm) – peso total (gr)



El coeficiente de alometría “b” en los machos fue inferior a 3 ($b=2.71 < 3$), lo que permitió establecer un crecimiento de tipo alométrico minorante. El crecimiento que experimentan los machos en el transcurso del tiempo según la gráfica, es sostenido no necesariamente proporcional para las dos variables (longitud-peso).

La comparación de las dos pendientes ($t\text{-Student}=3.12$; $P>0.05$) e interceptos ($t\text{-Student}=5.99$; $P>0.05$), indicó que existen diferencias significativas entre las ecuaciones para hembras y para machos, por lo que no se estimó una ecuación común para ambos sexos.

Estudios realizados por el C.I.D.A.B. (2002), sobre la relación longitud – peso de las especies ícticas nativas del Lago Titicaca, reflejaron crecimientos de tipo alométrico en su mayoría (*Orestias agassii*, $b=1.74$; *Orestias luteus* $b=1.98$; *Orestias olivaceus*, $b=2.57$; *Orestias ispi* (*Ispi*), $b=2.96$; *Trichomycterus dispar*, $b=2.26$), mientras que define al *T. rivulatus* con un tipo de crecimiento isométrico ($b = 3.13$).

Si bien los valores de b no difieren significativamente entre los reportes aquí presentados y los expuestos por el CIDAB, el tipo de crecimiento está ligado estrechamente al valor de b. Se afirma que el crecimiento es isométrico cuando el valor “b” es igual a 3 ($2.95 - 3.05$; $P=0.05$), y un crecimiento alométrico cuando éste valor “b” es distinto a 3 (minorante cuando es < 3 , y mayormente cuando es > 3). Por lo tanto se puede afirmar que el tipo de crecimiento relativo en peso que experimenta el suche, es de tipo alométrico (minorante para machos y mayormente para hembras).

5.7.2 Factor fisiológico de condición (Kn)

El factor fisiológico de condición (Kn) en peces varía con la influencia de los factores fisiológicos y ambientales, siendo conocidas sus fluctuaciones durante un ciclo reproductivo. Su implicancia radica en la mejor condición en la que se encuentra un pez con respecto a variables como la longitud y peso. En el cuadro 17, se vé

reflejado los valores promedios del factor de condición (Kn), según la formulación ya establecida, para cada clase de tamaño.

Cuadro 17. Valores promedio del factor de condición Kn (población total)

clase	desde Ls mm	hasta Ls mm	frecuencia absoluta	marca de clase	frecuencia relativa	frecuencia acumulada	Kn según Frost y Brown (1970)
1	161	177	16	169	23,53	23,53	1,15
2	178	194	27	186	39,71	63,24	1,09
3	195	211	10	203	14,71	77,94	1,23
4	212	228	8	220	11,76	89,71	1,13
5	229	245	7	237	10,29	100,00	1,16
			68		100,00		

Fuente: Elaboración propia 2004

Los promedios hallados del factor fisiológico de condición, para cada clase de tamaño, establece un comportamiento regular, asumiendo un estado de condición del pez, aceptable, dado que los valores promedios sobrepasan el valor 1 que se toma como base para establecer con una mejor precisión la condición del pez.

a) Factor fisiológico de condición (Kn) para *T. rivulatus* hembras. El factor fisiológico de condición que se pudo calcular para la población de hembras, a continuación se resume en promedios establecidos, para cada clase de tamaño, de acuerdo a la ilustración del cuadro 18.

Cuadro 18. Histograma de frecuencias para el factor de condición Kn (hembras)

clase	desde mm	hasta mm	frecuencia absoluta	marca de clase	frecuencia relativa	frecuencia acumulada	Kn según Frost y Brown (1970)
1	161	177	9	169	24	23,68	1,18
2	178	194	12	186	32	55,26	1,08
3	195	211	7	203	18	73,68	1,23
4	212	228	4	220	11	84,21	1,06
5	229	245	6	237	16	100,00	1,20
			38		100		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 18 se aprecian los valores que fueron calculados, para determinar la condición de las hembras en su estado fisiológico. La clase de tamaño 4 ($Kn = 1.06$) presenta un valor promedio bajo en comparación a las demás clases muestrales, mientras que el factor de condición mas alto registrado corresponde a la clase de tamaño 3 ($Kn = 1.23$).

Las muestras que sirvieron de base para el cálculo del factor de condición, fueron de 38 ejemplares. Es necesario mencionar que un criterio de selección fue la recolección de hembras adultas y con presencia de ovas para la reproducción, descartándose individuos con un grado de madurez sexual inferior a lo señalado.

Mediante la prueba de t-Student y con la ayuda del procesador estadístico SPSS v.11.5, se estableció que no existen diferencias significativas del factor de condición Kn entre las clases de tamaño en hembras (nivel de significancia 5% y un nivel de confianza del 95%), dando por aceptado la igualdad de medias entre clases.

b) Factor fisiológico de condición (Kn) para *T. rivulatus* machos. En el cuadro 19 se establecen los promedios calculados para el factor fisiológico de condición para cada clase de tamaño, que corresponde a la muestra.

Cuadro 19. Histograma de frecuencias para el factor de condición Kn (machos)

Clase	Desde	Hasta	Frecuencia Absoluta	Marca de Clase	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	<i>Kn según Frost y Brown (1970)</i>
1	167	182	7	174,5	23,33	23,33	1,11
2	183	198	16	190,5	53,33	76,67	1,12
3	199	214	4	206,5	13,33	90,00	1,20
4	215	230	2	222,5	6,67	96,67	1,15
5	231	246	1	238,5	3,33	100,00	0,89
Total			30		100		

Fuente: Elaboración propia 2004

Al analizar los valores del factor de condición K_n , se aprecia un comportamiento similar al ocurrido con la población de hembras. Es decir, son apenas décimas las variaciones que se establecen entre las clases de tamaño.

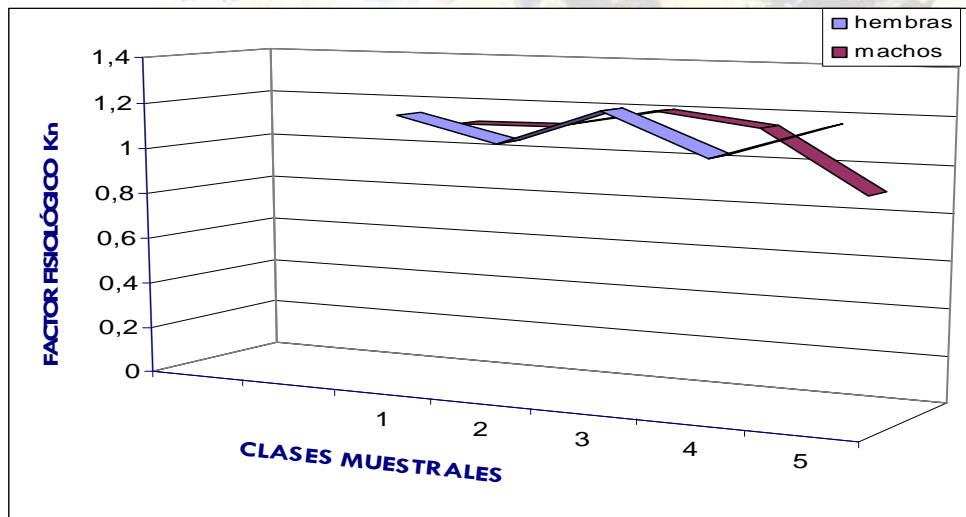
El valor máximo de K_n calculado, se encuentra en la clase muestral número 3 ($K_n = 1.20$). Por el contrario existe un solo individuo (clase 5) cuyo factor fisiológico de condición refleja el más bajo ($K_n = 0.89$).

Estadísticamente no se halló diferencias significativas entre los promedios de K_n entre las clases de tamaño (Sig. 6.25; $\alpha = 0.05$), por lo se asume un estado de condición modesto dado que los valores están en su mayoría por encima del valor uno.

La muestra estudiada, determinó un factor de condición superior al valor "1", al estar las especies con valores por debajo de este número, se asume un estado de condición apenas suficiente para garantizar un completo desarrollo fisiológico y reproductivo, por el contrario si los valores están por encima de este valor, las condiciones fisiológicas y reproductivas desde el punto de vista biológico están por demás garantizadas.

c) Comparación del factor fisiológico de condición K_n entre sexos. El factor de condición K_n fue calculado para cada uno de los individuos que corresponden a la población de machos ($n=30$) y la población de hembras ($n=38$). Las diferencias entre los promedios por cada clase de tamaño entre las poblaciones de machos y hembras, mantienen en cierto grado un mismo rango, en el gráfico 5 se muestra a continuación la serie de comparación del factor de condición K_n para los individuos de ambos sexos.

Gráfico 5. Factor fisiológico de condición Kn (machos – hembras)



Si bien existe un rango similar en la condición de esta especie en las clases de tamaño 1, 2 y 3, se puede asumir un mismo estado físico de machos y hembras, principalmente debido a la necesidad de desarrollar al máximo los requerimientos fisiológicos, en especial los referidos a la reproducción.

La demanda energética para ambos grupos está en cierta manera cubierta, ya que los valores promedio del factor fisiológico están apenas por encima del valor mínimo aceptable ($K_n = 1$).

En la gráfica se puede apreciar un leve incremento en el valor K_n en las hembras (Clase 5; $K_n = 1.20$) y caso contrario ocurre con el factor fisiológico de condición en los machos (clase 5; $K_n = 0.89$).

Un descenso en el factor de condición “ K_n ” puede estar ligado directamente a la disponibilidad de alimento, al existir una demanda energética en el caso de los animales adultos y en una mayor actividad reproductiva, existe una competencia alimentaria principalmente en los machos. Las hembras al parecer presentan un dominio territorial y hacen que los machos migren a otros sectores donde la alimentación se hace escasa.

Reportes manifiestan que el factor de condición en las especies ícticas nativas en el lago Titicaca todavía no están bien definidas, y es por esta razón que no existen datos referenciales para indicar las condiciones de las especies nativas (CIDAB, 2002).

Para un mejor análisis, se presenta a continuación el resumen de los parámetros estadísticos iniciales, que ayudaron a establecer la prueba de t-Student para muestras independientes para establecer diferencias significativas del factor Kn entre los machos y hembras.

Cuadro 20. Parámetros estadísticos para el factor de condición Kn
Estadísticos de grupo

	GÉNERO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
FACTOR DE CONDICION K	macho	30	1,1310	,13384	,02444
	hembra	38	1,1429	,15542	,02521

Fuente: Elaboración propia 2004

Cuadro 21. Prueba de t – Student para muestras independientes para el factor de condición Kn entre hembras y machos

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
FACTOR DE CONDICION K	Se asumió varianzas iguales	,175	,677	-,333	66	,740	-,0119	-,08325	,05946
	No se han asumido varianzas iguales			-,339	65,463	,736	-,0119	-,08201	,05822

Fuente: Elaboración propia 2004

De acuerdo con la prueba t-Student, no se observaron diferencias o variaciones en el factor fisiológico de condición Kn entre el grupo de machos y hembras (Sig.=0.67>0.05).

Ambos sexos mostraron una dinámica similar en la condición fisiológica Kn, no obstante las hembras presentaron valores superiores en condición para el total de los ejemplares. Las hembras en los meses previos a la reproducción diciembre-febrero, presentaron un grado fisiológico de condición aceptable, mientras que los machos presentan una condición promedio con reducidos decrementos.

No existen reportes con respecto al factor fisiológico de condición de esta especie, por lo que se debe realizar un estudio mensual, para establecer las posibles variaciones del Kn. El período de estudio enmarco los meses de reproducción del *T. rivulatus* (enero, febrero, marzo), por lo que se puede estimar que los valores hallados del factor fisiológico de condición (Kn) sean los más altos, durante el año.

La figura 15, corresponde a individuos recolectados que a simple vista las diferencias en cuanto a su condición fisiológica son apenas evidentes. Estos presentaron características de haber pasado la etapa de reproducción, estimándose una edad aproximada de 3 años; Ambas figuras corresponden a los especímenes con mayor talla y peso de la muestra estudiada.

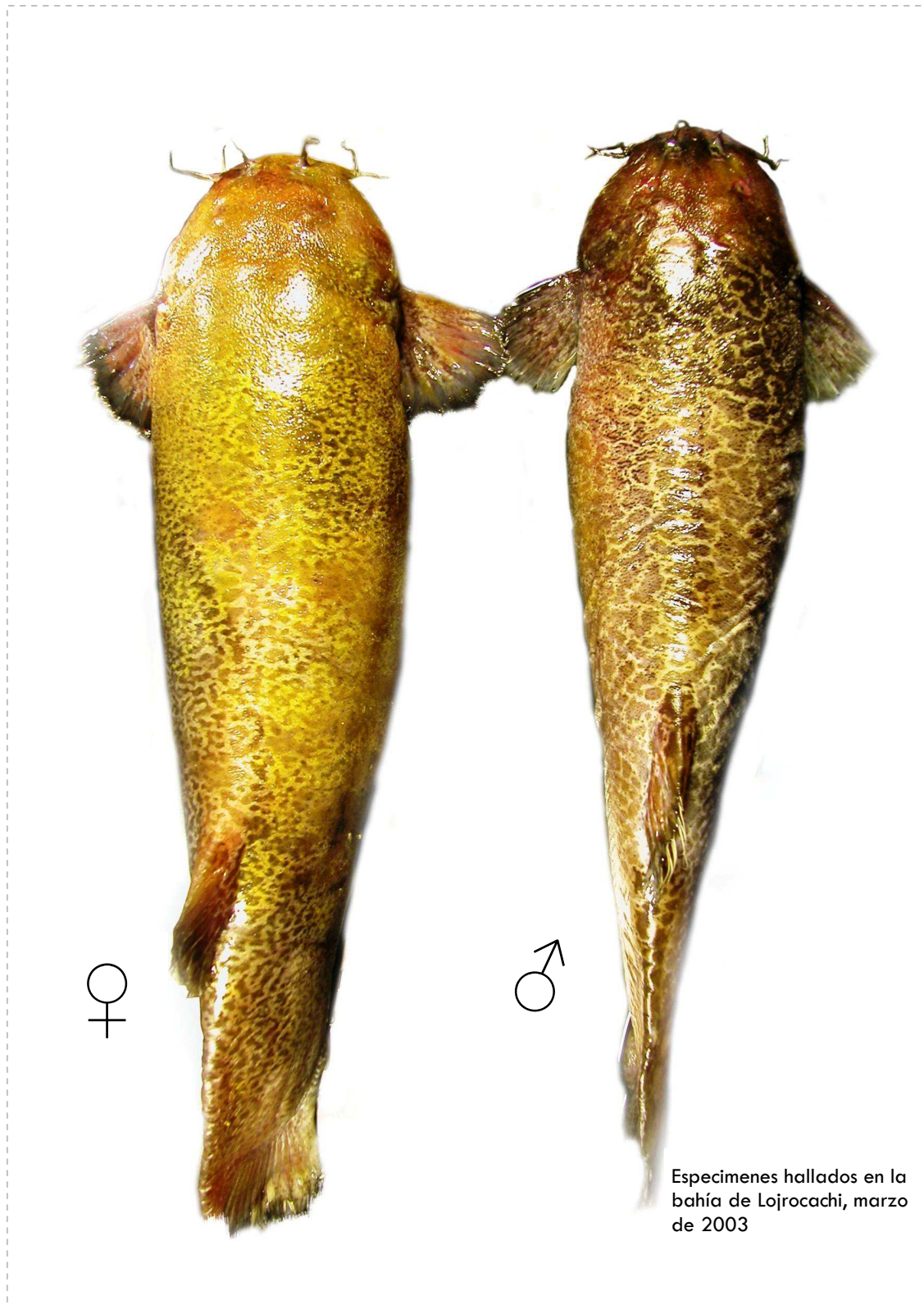


Figura 15. Aspecto fenotípico del *T. rivulatus* hembra y macho

5.7.3. Sex – Ratio

Se pudo determinar la proporcionalidad en la época de mayor reproducción del suche, y a continuación se detalla los dos criterios empleados para evaluar la proporcionalidad, como es el análisis de sex-ratio por clases de tamaño, y el sex-ratio del total de la muestra estudiada.

a) **Sex – Ratio por clases del tamaño.** Se realizó la estructuración con respecto a la longitud estándar para la proporción sexual (cuadro 22).

Cuadro 22. Histograma de frecuencias por clases de tamaño (distribución sexual)

Clase	L.i	L.s	MC	F.a	F.r	Hembras	Machos	(%)	(%)	SEX - RATIO	
						♀	♂	♀	♂	Proporción	X ²
1	145	165	155	3	4	3	0	100	0	-	-
2	166	186	176	20	29	10	10	50	50	1 : 1	1,00
3	187	207	197	28	41	13	15	46	54	0,8 : 1	0,58
4	208	228	218	10	15	6	4	60	40	1,5 : 1	0,41
5	229	249	239	7	10	6	1	86	14	6:01	0,04
Σ				68	100	38	30	55,88	44,11		

Leyenda:

L.i = Límite Inferior
 L.s = Límite superior
 MC = Marca de clase
 F.a = Frecuencia absoluta
 F.r = Frecuencia relativa %
 X² = Chi cuadrado

Se puede observar un dominio en las poblaciones por parte de las hembras, excepto en la clase de tamaño 3 donde se aprecia un dominio poblacional ligero por parte de los machos. Cabe señalar que el sex ratio tiende a inclinarse a favor de la población de hembras, siendo los machos los que se concentran en su mayoría, por debajo de las tallas mayores.

b) **Sex – Ratio del total de ejemplares muestreados.** En el cuadro 23 se presenta la composición por sexo de los ejemplares muestreados durante el período de estudio. Con la prueba Chi cuadrado se encontró proporcionalidad de sexos

(hembras = 55.88%; machos = 44.12%), no siendo significativamente diferentes ($p=0.05$).

Cuadro 23. Proporción de sexos y prueba de Chi-cuadrado para el periodo de estudio

No. De ejemplares		%		Proporción		Resultado
Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	X^2
38	30	55,88	44,12	1,26	1	0,79

Fuente: Elaboración propia 2004

El valor X^2 de comparación es de 3.4 ($p > 0.05$, $GL = 1$), los datos no se desviaron de la proporción sexual 1:1 esperada para el *Trichomycterus rivulatus*. Se puede asumir que las relaciones existentes entre machos y hembras, se dan sin que tenga que ver en algo el tamaño o la clase de tamaño de estos, es por esta razón que se analizó el comportamiento general del total de población muestreada.

La proporción de sexos puede cambiar entre las especies considerablemente y diferir de una población a otra, incluso puede variar de un año a otro dentro de una misma población. Sin embargo, en la mayoría de ellas dicha proporción tiende a ser de 1:1. En tal sentido, se determinó que durante el período de estudio esta situación se hizo evidente, aún cuando se detectaron pequeñas fluctuaciones.

La presencia de ejemplares en avanzado estado de madurez en los meses de enero, febrero y marzo, es indicativo de un corto período reproductivo. Como el carácter del proceso reproductivo de esta especie es de tipo estacional, se establece con un criterio lógico y racional la ideal proporcionalidad.

5.7.4 Madurez sexual

Se realizó un estudio concerniente a la madurez sexual de las hembras, morfológicamente las gónadas de esta especie, presentaron estructuras pares, situadas en posición antero dorsal, las cuales se extendieron a lo largo de la cavidad celómica, donde se fijan fuertemente por mesenterios delgados y a la vez transparentes.

Las principales características macroscópicas, correspondieron a cada estadio de madurez de *T. rivulatus*, adaptada a la escala para peces cuya característica de reproducción es parcial (heterócronos) de Holden y Raitt (1975), que fueron las siguientes:

Estadio I.- Inmaduros o vírgenes. En este estadio se encontraron representados en ejemplares que apenas están en desarrollo y que lógicamente no habían desovado. Los ovarios son apenas perceptibles a simple vista, ocupan la $\frac{1}{4}$ parte de la cavidad abdominal.

Estadio II.- Inicio de la maduración de vírgenes y de desovados en recuperación. Los ovarios presentaron un color rosado pálido, y con la ayuda de una lupa se pudieron observar.

Estadio III.- En maduración o desarrollo. Los ovarios aumentaron de tamaño, su coloración fue rosada, y presentaron mayor irrigación vascular además que los huevos eran visibles a través de la túnica, de apariencia granulosa.

Estadio IV.- Desarrollado. Los ovarios estudiados eran considerablemente grandes, ocupando más de las $\frac{2}{3}$ partes de la cavidad del cuerpo. Presentaron una coloración rosado amarillento, como resultado de la formación del vitelo con gran cavidad de vasos sanguíneos, y fueron visibles a simple vista.

Estadio V.- Grávida. Los ovarios ocuparon la mayor parte de la cavidad del cuerpo, presentaron vasos sanguíneos que envolvieron la totalidad de las ovas, los óvulos fueron completamente anaranjados, redondos y translúcidos.

Estadio VI.- Desove. Los huevos fluyeron con una ligera presión en el abdomen, los huevos al liberarse de la madre, se liberaron, y fueron de un carácter rodante (con un peso específico mayor al agua), su coloración fué de un naranja intenso.

Estadio VII.- Desovado. Los ovarios después del desove, se tornaron flácidos, y la irrigación sanguínea fue moderada, ocuparon aparentemente la mitad de la cavidad del cuerpo.

Los peces en su mayoría para llegar a la fase de desarrollo, necesita una dieta rica en proteínas y temperaturas favorables, al terminar el estadio VII el ovario pudo permanecer inmutado por varios meses: es el llamado estadio “de reposo” o “de latencia”. El desarrollo posterior del huevo hasta la ovulación (maduración final) está regulado por las hormonas gonadotróficas, que se forman y acumulan en la glándula pituitaria o hipófisis. (Woynarovich, 1982).

Cuando el ambiente circunstante cambia favorablemente, el pez empieza a recoger, por medio de los órganos de los sentidos, toda la información necesaria sobre las condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura, lugar adecuado para el desove, corriente de agua, inundaciones, presencia de peces del otro sexo, etc.).

No hay antecedentes bibliográficos con respecto al desarrollo de las gónadas en el *T. rivulatus*, siendo las características de las gónadas observadas en el presente estudio un primer reporte que necesitará una confirmación y mayor detalle con respecto a las fases de estadio.

El estudio con respecto al desarrollo del espermatozoide no se realizó, sin embargo Woynarovich, (1982), menciona que en los peces es mucho menos complicado que el de la gónada de la hembra, las espermatogonias primitivas se propagan activamente por mitosis en la pared de los túbulos del testículo, y es a partir de las espermatogonias que influyen en su desarrollo que va a dar lugar a los espermatoцитos primarios, cada uno de los cuales produce más tarde dos espermatoцитos secundarios.

Haciendo una disección se pudo observar que los espermatozoides son acumulados en las cavidades de los túbulos del testículo y permanecen allí en

estado de reposo hasta que las condiciones ambientales son adecuadas. En ese momento, la hipófisis libera gonadotropina y el macho está listo para la eyaculación.

5.7.4.1 Talla media de madurez sexual ($Lm_{50\%}$)

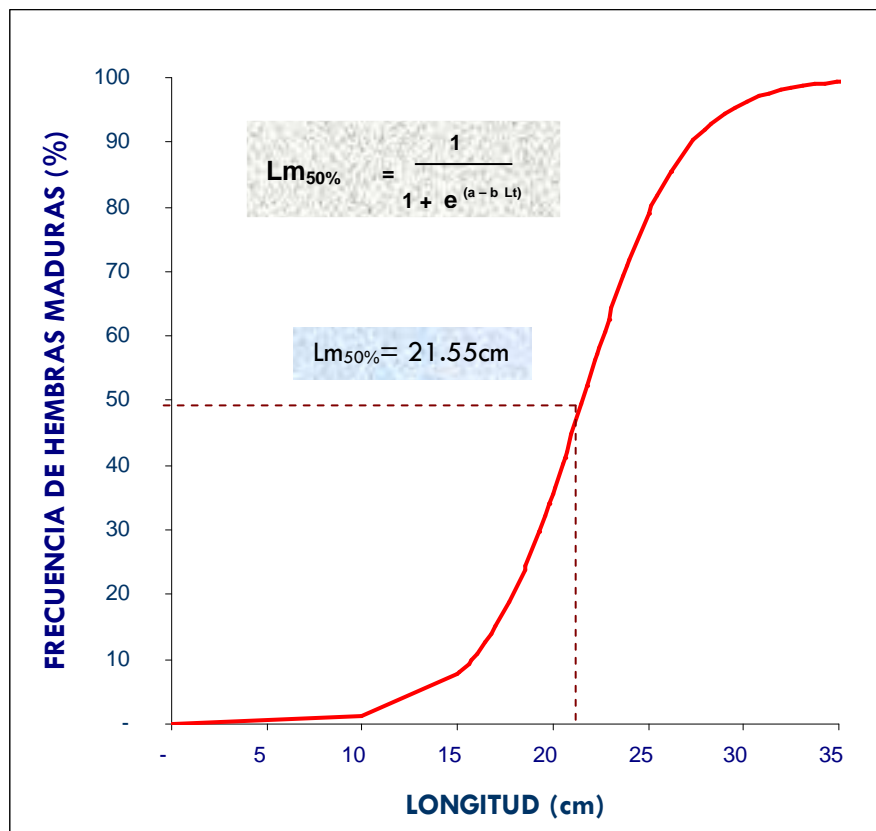
a) **Talla media de madurez sexual ($Lm_{50\%}$) en hembras.** La talla media de primera madurez sexual se estimó en 21.55 cm sobre la base de criterio del 50% de la fracción de hembras maduras. Los parámetros de la ecuación logística estimado mediante mínimos cuadrados, se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 24. Resumen del modelo logístico a la fracción de hembras maduras por clases de tallas

a	b	r^2	n
8.1937	-0.3803	0.987	38

La curva logística para la talla de primera madurez sexual del suche, basado en el criterio del 50% de hembras maduras, se presenta en el gráfico 6.

Grafico 6. Talla de madurez sexual del *T. rivulatus* (hembras)



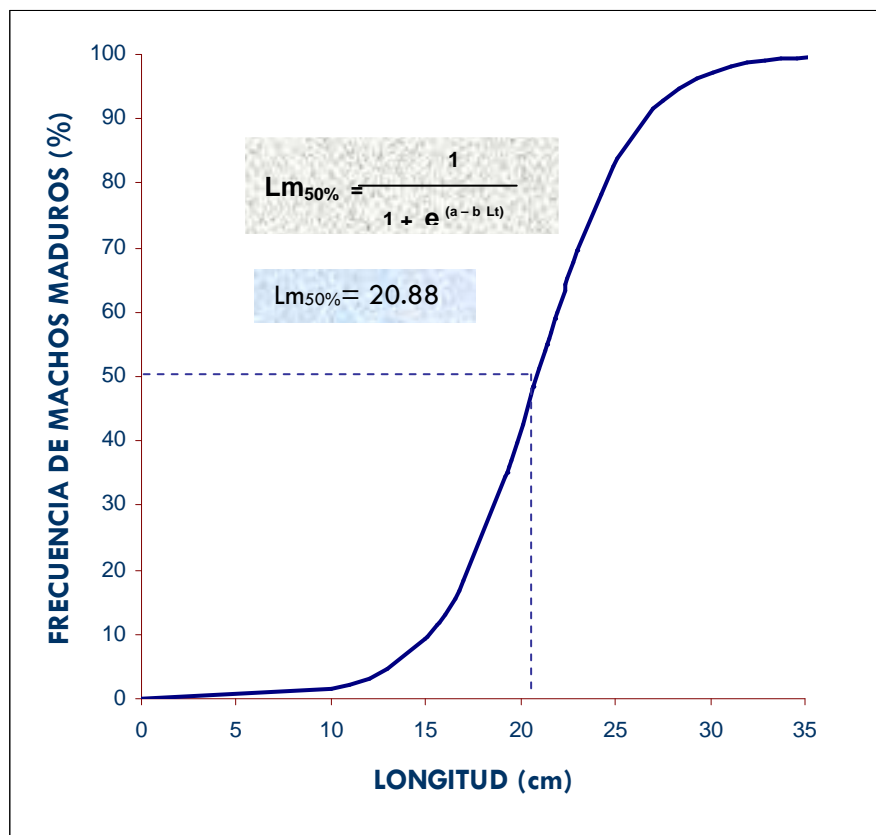
b) Talla media de madurez sexual ($Lm_{50\%}$) en machos. La talla de madurez sexual del 50% de la población para la fracción de machos, se estimó en 20.88 cm de longitud. El cuadro 25 resume el modelo utilizado para la estimación de la curva logística de madurez sexual.

Cuadro 25. Resumen del modelo logístico a la fracción de machos por clases de tallas

a	b	r^2	n
8.0829	-0.3872	0.9543	30

El gráfico 7, muestra la curva logística para la talla de madurez sexual presente en machos, para el suche.

Grafico 7. Talla de madurez sexual del *T. rivulatus* (machos)



Se observó que las hembras inician el proceso de madurez a menor edad y talla que los machos. En este sentido, la talla mínima de primera madurez sexual de

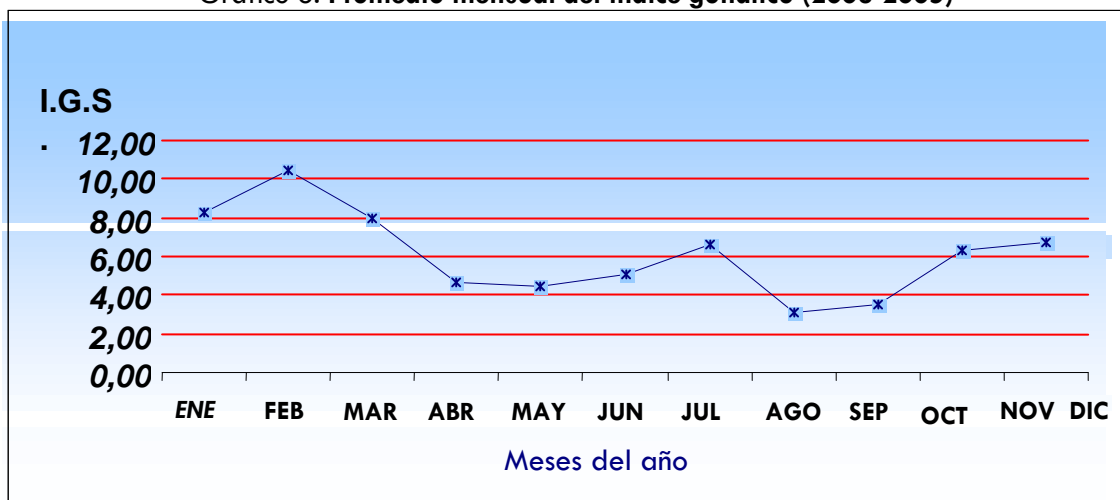
las hembras se estimó en 21.55 cm de longitud total, mientras que la de los machos fue de 20.88 cm de longitud.

Los estudios realizados mostraron un desarrollo parejo entre la población de machos con respecto a la población de hembras; La prueba de t-Student para muestras independientes, revela que los valores de $Lm_{50\%}$ para machos y hembras no difieren significativamente ($sig.=0.56 > \alpha=0.05$; intervalo de confianza del 95%), por lo que se estimó un valor medio de 21.21 cm para ambos.

5.7.5 Índice gonado somático (IGS)

Se determinó los periodos de reproducción de *T. rivulatus* a través de la observación de los estadios de maduración que se manifiestan mediante el índice gonado somático; El estudio se concentro en los estudios mensuales realizados en los años 2003-2005, obteniendo un IGS promedio. A continuación se presenta en resumen los promedios obtenidos.

Gráfico 8. Promedio mensual del índice gonático (2003-2005)



Los promedios del IGS que se muestra en el gráfico 8 presentaron valores altos y éste carácter se considera como de mayor actividad fisiológica reproductiva. Los valores más bajos se relacionan con la reabsorción o producción de ovocitos primarios o reorganización de los ovarios (ciclo de ovulación).

Las hembras presentaron dinámicas similares del índice gonado somático (análisis de correlación, $r=0.682$, $p<0.01$) para los años de estudio, asimismo, conforme a lo observado en los ciclos de captura de esta especie. Comparando con los índices gonádicos calculados se determinó, que la especie alcanza su máximo desarrollo gonadal en los meses de enero, febrero y marzo, que coincide directamente con la época de mayor reproducción.

5.8 Características generales de los productos sexuales

a) Las ovas de las hembras. Las ovas maduras del suche, tienen un color naranja muy intenso, son de carácter no aglutinado, y son en tamaño y forma distinta a las ovas del mauri, que presentan una coloración parda amarillenta de aspecto cristalino brillante, tal como cita Poma (2005).

b) El semen en los machos. La coloración es blanquecina lechosa, y al leve masaje en un espécimen adulto, éste sale al exterior; las características son similares entre el suche y mauri, considerando el hecho de que las cantidades de semen extraído en el suche son mucho mayores a los obtenidos por el mauri. La vitalidad del espermatozoide del suche fue calculado en 12 minutos

5.8.1 Número de ovas por reproductor hembra

En el cuadro 26 se detallan las variables biométricas de las hembras tales como su longitud, peso, edad, y los parámetros de fecundación y número de ovas utilizadas en la fecundación artificial *in situ*.

Los datos expuestos en el cuadro 26, muestra la cantidad de ovas maduras obtenidas de las hembras de suche, están ordenadas de forma descendente en función a la cantidad y la distribución agrupa desde 42 ovas (una hembra que anteriormente había desovado; valor mas bajo) hasta 4.708 ovas (valor más alto).

Se obtuvo un promedio por hembra de 1.556 ovas (se descartó los valores por debajo de 100 ovas, debido principalmente a que son ovas que fueron retenidas, por hembras que ya habían ovipositado en su estado natural). El desvío estándar calculado fue de 946 ovas, haciendo un total de 34.374 ovas (n=24) en toda la etapa de fecundación.

Cuadro 26. Cantidad de Ovas según reproductores *T. rivulatus*

No.	longitud total (mm)	peso total (g)	edad aprox. (años)	peso Ova (g)	número de ovas
1	283,0	271,10	4+	17,8	3708
2	280,0	267,20	4+	15,4	3208
3	262,0	224,70	4+	12,8	2667
4	231,0	132,56	3+	12,7	2646
5	198,0	107,50	2+	11,3	2354
6	240,0	129,91	3+	10,8	2250
7	250,0	185,82	4+	14	1958
8	222,0	123,60	3+	8,9	1854
9	229,0	186,68	3+	8,9	1854
10	255,0	188,20	4+	7,6	1583
11	252,0	158,79	4+	6,5	1354
12	229,0	139,20	3+	6,2	1292
13	205,0	87,64	2+	5,7	1188
14	227,0	169,08	2+	5,3	1104
15	177,0	58,01	2+	4,7	979
16	218,0	111,20	3+	4,6	958
17	250,0	174,24	4+	4,2	875
18	200,0	84,70	2+	3,1	646
19	196,0	78,24	2+	2,8	583
20	193,0	73,07	2+	2,4	500
21	193,0	73,81	2+	7,6	438
22	274,0	235,20	3+	8,0	250
23	224,0	135,30	3+	6,0	83
24	198,0	86,36	2+	8	42

total

34.374

5.8.2 Peso y diámetro de las ovas maduras

Se determinó en laboratorio, el diámetro promedio de cada una de las ovas de suche, obteniendo una constante de 1.98 mm y en peso un valor promedio de 0.0048 gramos. La ova del suche es en comparación a la ova del mauri, 0.0021 gramos más pesado, según reporta Poma, (2005).

5.9 Características morfológicas de los alevines

Se pudo observar que la fase larval termina cuando el embrión tiene la capacidad de movimiento y empieza a nadar como un pez alimentándose de insumos externos. Es a partir de ese momento que comienza el alevinaje.

Una observación determinó que el alevino, inicialmente, conservó aún parte de la vesícula vitelina y pudo recurrir a ella para sustentarse de uno o cuatro días. Disponía así de tiempo para aprender a buscar los alimentos que necesitaba.

Una vez que el vitelo se había agotado, pudo encontrar alimentos en el agua en cantidad suficiente. De lo contrario, se hubiera debilitado sin posibilidad de recuperación. Morfológicamente, el alevín del *T. rivulatus*, presenta las siguientes características (ver cuadro 27).

Cuadro 27. Características morfológicas del alevín de suche

1. Color	Se observó un color translucido color amarillo-naranja (color arena) .
2. Ojos	Se pudo evidenciar la presencia de ojos oscuros y circulares, en etapa de formación.
3. Barbos	Se vio la presencia de seis barbos que se ubican en contorno a la boca, estos órganos están muy bien desarrollados.
4. Cabeza	Su cabeza fue plana y ovoidal desde la vista superior.
5. Cuerpo	Se observó un cuerpo alargado con escasa pigmentación en la parte dorsal y en plena formación.
6. Tamaño	Se midió el tamaño cuya longitud fue de 5 – 7 mm al momento de la eclosión.
7. Membrana vitelina	Tuvo una forma ovoidal y fue la parte mas notoria en cuanto al color se refiere.
8. Aletas	Las aletas laterales, estuvieron bien desarrolladas, anal caudal y dorsal poco visibles.
9. Motilidad	Su motilidad fue reducida, prefiriendo esconderse entre los espacios rocosos y solo se movilizaron para cuando tenían que alimentarse.
10. Alimentación	Se observó que se alimentaban de plancton y zooplancton

Un hecho particular en los alevinos de *suche*, es que presentaron todas las características morfológicas que caracterizan a ésta especie en particular, tal es el caso de pequeñas sombras en la parte superior del cuerpo que son base para la pigmentación (mimetización) a modo de camuflaje. La presencia de seis barbos que son órganos de conducción, y el conjunto de aletas también fueron evidentes (véase figura 16).

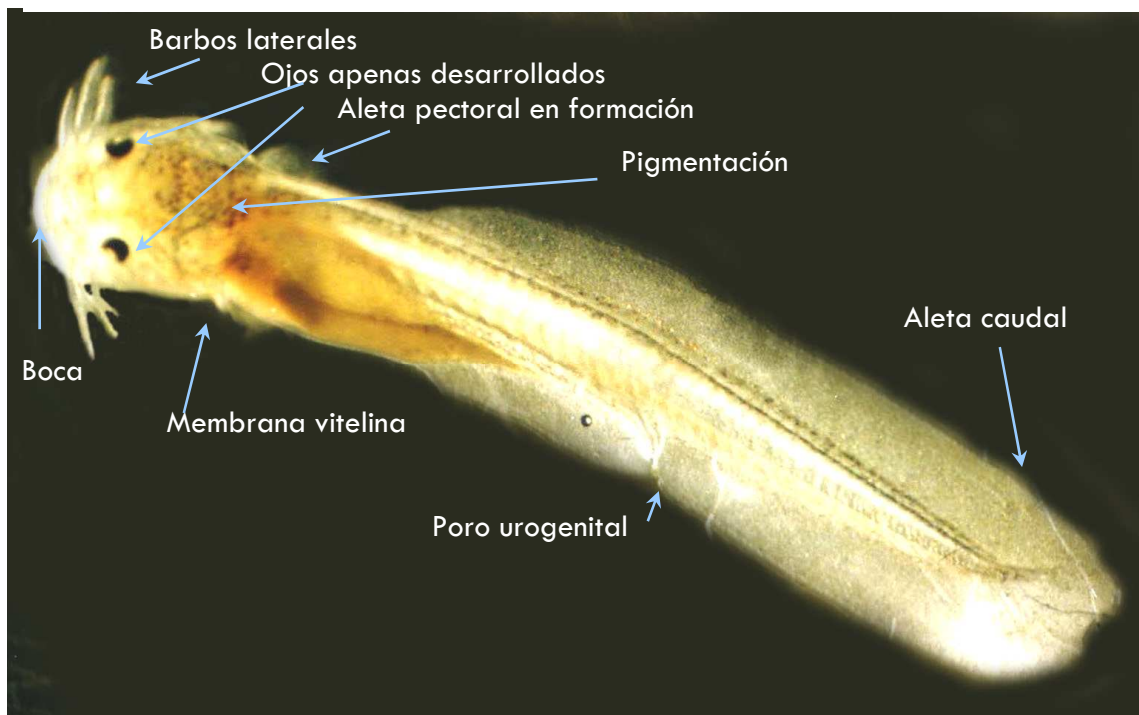


Figura 16. Alevín de *suche*, *T. rivulatus* - características morfológicas

5.10 Análisis del agua en el sector de Lojrocachi

Se realizó la extracción de una muestra de agua, del sector lacustre de Lojrocachi, y en los laboratorios correspondientes al CIDAB (Tiquina) se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 28. **Propiedades del agua (sector Lojrocachi)**

pH	7.9 – 8.6
Temperatura °C	10.8 – 14.2
Oxígeno disuelto mg/l	1.83 – 5.03

De acuerdo al análisis realizado, no se encontraron alteraciones con respecto al oxígeno disuelto y al pH. De haberse presentado un déficit en la cantidad del oxígeno disuelto en el lago, hubiera sido difícil el que un organismo vivo como un embrión se pueda haber desarrollado¹³.

Por otra parte el pH, estuvo por encima del límite permisible que es de 7.12, abarcando un nivel alcalino importante para la purificación del agua (Murillo, 1999).

5.11 Estudio económico estático, para la producción de alevines

El estudio económico estático se realizó un análisis de rentabilidad considerando los ingresos y gastos en un periodo de 3 años, en el cual la reproducción artificial es el medio para la producción de alevines de suche.

Se tomaron en cuenta los siguientes atributos de inversiones y análisis de sensibilidad económica:

a) **Presupuesto de inversiones.** A continuación se muestra el resumen de los costos de inversión.

Cuadro 29. Coste unitario y total de inversión

Inversión	Cantidad	Costo unitario Bs.	* Costo unitario \$us.	Total Bs.	Total \$us.
Redes agalleras de 4.3 cm. de diámetro¹⁴	2	150	18,61	300	37,22
Artesas de incubación	3	60	7,44	180	22,33
Baldes de 50 ltr.	2	24	2,98	48	5,96
Envases de plástico	4	4	0,50	16	1,99
Estuche de disección	1	20	2,48	20	2,48
Termómetro de lectura	1	8	0,99	8	0,99
Cuaderno de apuntes	2	4	0,50	8	0,99
TOTAL	15	270	33,50	580	71,96

* Tasa de cambio por dólar americano Bs. 8.06.

Fuente: Elaboración propia, 2006

¹³ Murillo (1999), hace referencia a que el oxígeno disuelto (OD) por debajo de 3mg/l ó por encima de los 7 mg/l puede considerarse anormal en medios naturales.

¹⁴ Diámetro de la red agallera que debería utilizarse para la captura comercial del “Suche”. Ver Apéndice: Cálculo del diámetro mínimo de pesca.

Se estableció un presupuesto de Bs. 580 (71.96 \$us.) para realizar la compra de materiales que serán utilizados en las etapas de fecundación artificial e incubación. Cabe recalcar que el tiempo de vida de dichos materiales son de tres años; el costo final dependerá principalmente de la utilización de insumos artesanales y del tiempo de vida del proyecto en el proceso de producción de alevinos.

b) Adquisición de reproductores. El cuadro 30 muestra la cantidad de hembras recomendada para la producción de alevinos de suche así como el precio de adquisición de los reproductores.

Cuadro 30. **Cantidad y precio para la adquisición de reproductores**

Ítem	Cantidad	Costo Unitario	Total Bs.	Total * \$us.
Reproductor hembra	10	10	100	12,41
Reproductor macho	4	5	20	2,48
TOTAL			120	14,89

* Tasa de cambio por dólar americano Bs. 8.06 Fuente: Elaboración propia, 2006

Para una cantidad recomendable de diez reproductoras hembras la inversión fue de 100 Bs. (12.41 \$us). Los reproductores de Suche deben tener como talla mínima de pesca (Top) 24.8 cm¹⁵, siendo los meses de Enero a Marzo los meses ideales para poder obtener reproductores con órganos sexuales maduros.

c) Necesidades de personal. Se detalla en el cuadro 31 el número de personas de las cuales dependerá directamente las alternativas y volúmenes de producción.

¹⁵ Talla óptima de pesca (Top) del suche, según la formulación de Froese y Binohlan (2000).

Cuadro 31. Necesidades del personal

Personal (50 días)	Cantidad	Sueldo del personal Bs.	Total Bs.	Total \$us.
Técnico en fecundación e incubación en peces	1	800	800	99,26
Asistencia de mano de obra temporal	2	50	100	12,41
TOTAL			900	111,66

* Tasa de cambio por dólar americano Bs. 8.06 Fuente: Elaboración propia, 2006

La inversión por concepto de sueldos al personal es de 900 Bs. (111.66 \$us.), el Técnico en Fecundación e Incubación en Peces es el responsable de la producción de alevines de suche, su trabajo consiste en seleccionar a los reproductores, manipular los productos sexuales (ovas maduras y esperma), realizar la fecundación e incubación y controlar el periodo de desarrollo embrional de los alevines hasta alcanzar un promedio de vida de un mes.

Los dos asistentes de mano de obra indirecta tienen la responsabilidad de cuidar y controlar el proceso de reproducción artificial y producción final de alevines.

d) Análisis de rentabilidad. La estrategia de inversión que se plantea, esta en función al precio de venta por cada alevín, las alternativas se presentan con un criterio pesimista (A), moderada ó real (B), y una estrategia optimista (C).

La cantidad final de alevines estará determinada en base al promedio de producción de ovas por cada hembra reproductora y la tasa de mortalidad final en el proceso de desarrollo del alevín.

A continuación se muestra el cuadro del estudio económico estático, para las distintas estrategias de venta final de alevines de Suche.

Cuadro 32. **Estudio económico estático de las alternativas de producción**

ALTERNATIVAS		A	B	C
PLAN DE INVERSIÓN	UNIDAD			
Material de pesca	2	300	300	300
Material de fecundación		102	100	100
Artesas de Incubación	3	180	180	180
SUB - TOTAL		580	580	580
COSTO DE PRODUCCIÓN	UNIDADES			
Adquisición de reproductores	10	120	120	120
Mano de obra temporal	2	100	100	100
Asistencia técnica	1	800	800	800
Imprevistos	0,1	102	102	102
SUB - TOTAL		1122	1122	1122
INGRESO POR PRODUCCIÓN DE ALEVINES	C/Reprod.			
Obtención de ovas	1,377	13770	13770	13770
Obtención de alevines (M=0,03)		13357	13357	13357
* Precio a la venta por cada alevín de Suche		0,10 Bs.	0,13 Bs.	0,15 Bs.
Ingreso		1336	1736	2004
SUB - TOTAL		1336	1736	2004
INGRESO NETO				
INGRESO POR PRODUCCION DE ALEVINES		1336	1736	2004
COSTO DE PRODUCCION		1702	1702	1702
TOTAL Bs.		-366	34	302
TOTAL \$us.		-45	4	37

* El costo de inversión por cada alevín de Suche es de 0,13 Bs. Fuente: Elaboración propia, 2006

** Tasa de cambio por dólar americano Bs. 8.06

Podemos observar que se obtienen ingresos netos por concepto de venta de alevines de suche para el primer periodo de producción. Si optamos por las alternativas B y C (34 y 302 Bs. respectivamente) las ganancias son moderadas, siendo un factor el precio al cual se propone para la venta.

En caso de seleccionar la alternativa A (precio de venta igual a 0.10 Bs.) presentaríamos un déficit que puede ser recuperado a futuro considerando el periodo promedio de vida de los materiales adquiridos.

El costo de producción por cada alevín de suche es de 0.13 Bs. este costo fue calculado tomando en cuenta la cantidad de alevinos que se abstuvieron en el presente trabajo de reproducción y los gastos demandados en su producción.

Estudio dinámico. El cuadro 33 presenta los valores VAN y TIR que se obtuvieron a tasas de descuento del 5%,10% y 15% para cada alternativa de venta.

Cuadro 33. **Resumen del estudio económico de las alternativas de venta**

ALTERNATIVAS	A	B	C
Tasa de descuento	15%		
VAN	122,61	1435,9	2315,8
TIR	34,37		
Tasa de descuento	10%		
VAN	166,19	1560,9	2495,5
TIR	34,37		
Tasa de descuento	5%		
VAN	216,78	1706,1	2703,9
TIR	34,37		

Programa: EVALUA.

Fuente: Elaboración propia, 2006

Como se puede apreciar el valor actual neto (VAN) es mayor a cero para las tres alternativas por lo que se recomienda la inversión. De acuerdo al VAN calculado, las alternativas B y C demuestran un periodo muy corto de recuperación de las inversiones. La Tasa Interna de Retorno (TIR) se calculó para la alternativa "A", su valor no tiene mayor significación según la tasa de descuento sugerida.

e) Análisis de sensibilidad. La relación costo / beneficio (C/B) se encuentra en función a la venta de los alevinos de suche. A continuación se presenta el análisis de sensibilidad económica (Ver cuadro 34).

Cuadro 34. **Relación costo / beneficio**

ALTERNATIVAS DE VENTA	A	B	C
INGRESO NETO			
TOTAL Bs.	-366	34	302
Tasa de descuento	15%		
Costo / Beneficio	1,03	1,34	1,54
Tasa de descuento	10%		
Costo / Beneficio	1,04	1,35	1,56
Tasa de descuento	5%		
Costo / Beneficio	1,05	1,36	1,57

Programa: EVALUA.

Fuente: Elaboración propia, 2006

La rentabilidad está dada por el cociente entre el costo y el beneficio el cual indica la cantidad monetaria que se gana por cada boliviano invertido. Para las tres alternativas existe un margen apreciable de rentabilidad, especialmente en las alternativas B ($C/B=1.34$) y C ($C/B=1.54$), la diferencia radica en el precio establecido de venta.

f) Elección final de alternativa de venta. El criterio de elección del precio de venta por cada alevín de suche, fue estimado en base a un criterio netamente monetario y otro en función al valor biológico que llegaría a ser un monto plus con respecto al precio monetario estimado.

El precio base es de 0.10 Bs. (alternativa “A”) y es el valor mínimo con el cual se puede esperar ganancias, sin embargo estas no son de gran trascendencia. Un precio biológico (0.13 – 0.15 Bs; Alternativas “B” y “C”) por cada alevín de suche, merece considerarse, al ser el suche una especie en peligro acelerado de extinción, su precio puede estar fijado gracias a la necesidad de precautelar este recurso.

5.12 Distribución actual del *T. rivulatus* en el lago Titicaca

El estudio de investigación realizado a lo largo del sector boliviano del lago Titicaca, reveló una disminución considerable del recurso *suche*. En las ferias comerciales que por tradición se realizan en comunidades rurales circundantes al lago, se pudo constatar que son reducidos los sectores donde aún se comercializa el *suche*.

Dichas comunidades se concentran desde el sector de la comunidad Lojrocachi (provincia Omasuyos de La Paz) hasta la comunidad Zañuta (provincia Camacho).

Alcedo (1789), menciona en su obra “Diccionario geográfico-histórico de las Indias occidentales” que la actividad de la pesca estaba dedicada principalmente a los hombres mayores, cuyas embarcaciones nativas recorrían el lago para hacerse de importante cantidad de peces del lugar, la actividad pesquera era exclusiva para alimentación y en excepción para algunos ritos culturales.

Hoy sin embargo, factores como la introducción de especies ictiófagas¹⁶, la sobre pesca, la destrucción de los totorales, la contaminación, etc., han ido mermando las poblaciones de las especies nativas del lago, siendo contados los espacios donde aún se practica la pesca del *T. rivulatus*.

Sobre la base del estudio de la comercialización del suche en las comunidades del lago Titicaca en el sector de Bolivia, se presenta a continuación un mapa de actualización, concerniente a la distribución del suche en el Lago Titicaca (figura 17).

Entrevistas realizadas a los comunarios de mayor edad en las poblaciones circundantes al Lago Titicaca, revelaron importantes datos concernientes a la distribución del *T. rivulatus*. Por ejemplo se estableció por relatos de los pescadores de mayor edad, la existencia en otros tiempos de éste espécimen en localidades que en la actualidad escasamente son capturados.

¹⁶ El término ictiófago (as) hace referencia al hábito alimenticio, señalando como carácter principal el alimentarse de otros peces.



Figura 17. Distribución geográfica de la población de *T. rivulatus*, 2005

El único juicio de valor que se estableció para realizar un cuadro, donde se contrasta la existencia y la no existencia del suche, en las distintas comunidades rurales del lago, el cuadro 30 hace referencia a este detalle.

Cuadro 30. Detalle de las zonas donde habitaba y habita el *T. rivulatus*

HABITAD DE "SUCHE" LAGO TITICACA		Años de referencia Histórica	Años de referencia Actual
Comunidad	Sector	1960 - 1989	2002 - 2005
Huatajata	Lago menor	Existía	Inexistente
Chua (Visalaya-Cocani)	"	"	"
San Pedro de Tiquina	"	"	"
Bahia de Achacachi	Lago Mayor	"	"
Sotalaya	"	"	"
Pocoata	"	"	Capturas muy esporádicas
Lojrocachi	"	Existía	Población reducida
Huajasia	"	"	"
Ispaya	"	"	"
Kakachi	"	"	"
Campanario	"	"	Captura esporádica
Villa Puni	"	"	"
Koajachi	"	"	"
Cavinchilla	"	Mayor abundancia	Población reducida
Ollajsantia	"	"	"
Puerto Carabuco	"	"	Captura esporádica

Fuente: Elaboración propia, 2005

Un factor que fue negativo desde todo punto de vista, para la disminución de especies icticas nativas del Lago Titicaca, y que llevo incluso hasta la extinción de algunas de ellas, fue justamente la introducción de otros peces ictiófagos de hábitos carnívoros, como los son la trucha arco iris (*Onchorhynchus myckiss*) y el pejerrey (*Basilichithys bonariensis*).

Sin embargo, este factor no es el único, se suma a éste impacto, la pesca selectiva, la destrucción de los totorales (lugar de desove y desarrollo de los peces jóvenes), la contaminación, al uso de sistemas más eficaces de pesca. Finalmente a una inexistencia de lineamientos normativos, que de alguna manera sea una garantía de por lo menos se evite la pesca en épocas de reproducción, todos estos aspectos hacen de que en un presente, culmine con la completa extinción de las especies, en este caso del suche.

5.13 Época de captura del Suche en el sector de Lojrocachi, Ispaya y Sisasani.

La frecuencia de comercialización del Suche se hace con el paso del tiempo más reducida, la pesca se incrementó en los meses de diciembre, enero hasta marzo, reduciendo su volumen de pesca principalmente en los meses de agosto a noviembre.

Son reducidas las familias que se encargan exclusivamente a la pesca de suche, la jornada de pesca comienza a tempranas horas del día, los pescadores salen a partir de las 4 de la mañana, y se dirigen a recoger las redes que dejaron un día antes. El número de redes por cada pescador varía entre 6 a 20 y depende principalmente de la cantidad de ayudantes para esta labor.

Para la extracción de suche, el pescador áncla sus redes a una profundidad de 8 a 10 metros, en el horario comprendido entre las 16:00 a 18:00 horas del día, para recogerlos al día siguiente entre las 4:30 a 6:00 de la mañana. Una jornada de pesca en los meses de febrero, tiene en su beneficio la captura de especímenes de suche de mayor tamaño y mayor cantidad, así por ejemplo: un suche de aproximadamente 500gr. de peso se llega a vender entre 8 a 10 Bs.

De hecho es el suche que se vende con mayor rapidez dada su alta demanda por los agentes intermediarios que están en las ferias. En la actualidad una buena jornada de pesca de suche, significa para el pescador un incremento sustancial en sus recursos económicos. No hay duda que el suche, es un pez de alta demanda entre los pobladores y es entre las especies nativas la que otorga al pescador mayores recursos económicos; Sin embargo su pesca mayor coincide directamente con la época de reproducción, lo que hace de este factor un medio negativo para la conservación de esta especie.

VI. CONCLUSIONES

A continuación y de acuerdo a los objetivos planteados en el presente trabajo y los resultados obtenidos, se detallan las siguientes conclusiones:

6.1 De la reproducción *in situ*

- La utilización de las artesas con una base de arena a manera de cama de protección para las ovas fecundadas, fueron un medio ideal para las condiciones *in situ* del lago. Los materiales para su construcción son de alcance para el pescador local.
- La reproducción artificial del Suche por el método seco y la técnica de incubación empleada *in situ*, es una manera práctica y fiable para poder implementar un plan de repoblamiento de esta especie.
- El porcentaje de fecundación promedio fue del 99.9%, de un total de 34.416 ovas fecundadas, la mortalidad alcanzó en la última etapa de incubación un total de 126 embriones, representando el 0.3% de mortalidad. La fecundidad osciló entre 42 y 3708 ovocitos, un promedio de 1377 ovas, hallando una fecundidad relativa de 10 ovas / gramo de pez. En la etapa de alevinaje la mortalidad no fue superior al 0.06%; los alevines permanecieron aproximadamente dos semanas en observación, posteriormente dichos alevines fueron liberados en el Lago Titicaca.
- El tiempo transcurrido desde la fecundación hasta la eclosión en promedio fue de 13 días, en un ambiente con temperatura media de 11.4°C y 154.6 U.T.A. El tiempo desde la eclosión hasta la absorción del saco vitelino fue de 3 días, con temperatura promedio de 11.8 °C y 35.4 U.T.A. El tiempo total de incubación *in situ* fue de 16 días (12 °C y 190 U.T.A.).

- Las ovas maduras y en condiciones para ser fecundadas del *T. rivulatus*, fueron de color naranja vivo, ovas cuyo promedio de diámetro fue de 1.98 mm, y un peso promedio por unidad de 0.0048 gr; El espermatozoide de los machos fue de un color blanquecino, y su vitalidad registrada fue de 12 minutos.
- El costo total de inversión fue de 1702 Bs. para poder reproducir un promedio de 13.357 alevines. Durante el tiempo de trabajo *in situ* de reproducción e incubación artesanal en la Comunidad de Lojrocachi, se logró reproducir un total de 34.233 alevines de suche. En base al criterio de inversión inicial y con un promedio de producción de ovas por cada hembra, se estableció un precio de 0.13 Bs. por cada alevín de suche.

6.2 De las características biológico – pesqueras

- La estructura de las tallas indicó que las hembras alcanzan tamaños y pesos superiores a los machos, existe el predominio de poblaciones con tallas medias, asumiendo el caso de la pesca radical que existe en los sectores donde aun habitan grupos importantes de esta especie.
- La relación: longitud – peso presentó un alto grado de confiabilidad, las hembras y machos adultos presentan un crecimiento de tipo alométrico, (minorante para machos y mayormente para hembras).
- El factor de condición Kn entre individuos de clase de tamaño presenta un rango mínimo de diferencias. En el caso de las hembras el factor tiene un leve descenso y posterior incremento hasta un máximo de 1.82, y en caso de los machos los niveles de condición bajan notoriamente hasta un nivel de 1.21.

- El dimorfismo sexual esta caracterizado por el desarrollo gonadal, es este el principal factor que marca la diferencia sexual. En el caso de las hembras, la gónada puede ocupar hasta el 60% de la parte abdominal, las diferencias entre individuos en plena fase de desarrollo se hacen escasas a simple vista.
- La proporción de sexos encontrada para el total de la población del la muestra es de un macho por una hembra. Sin embargo existió la variabilidad del sex – ratio entre clases de tamaño, con predominio en clases superiores de las hembras.
- La talla de madures sexual $Tm_{50\%}$ (50% de individuos maduros) en hembras es de 21.55 cm de longitud estándar (LS) y en los machos la talla mínima corresponde a 20.88 cm de LS. Sin embargo se pudo establecer estadísticamente una talla común de madurez sexual en 21.21 cm de longitud.
- Los meses de mayor actividad reproductiva están señaladas en los meses de enero - febrero – marzo. Los meses de octubre y noviembre son los periodos de menor la actividad reproductiva.

6.3 De la distribución actual de *T. rivulatus*

- En la actualidad la población de *T. rivulatus* se ve amenazada, se ha notado una reducción paulatina en la cantidad de especímenes, siendo apenas siete comunidades pesqueras, en las que aun se puede apreciar este ejemplar.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la colecta de reproductores en los meses de febrero, marzo y abril, estos meses son de mayor actividad reproductiva del suche. Se debe dar prioridad a la reproducción artificial y posterior incubación, para fines de preservación de la especie.
- Para garantizar la máxima supervivencia de las ovas fecundadas es necesario trabajar en un ambiente bajo una luz tenue, y evitar la exposición de las ovas ante los rayos de luz solar.
- Es necesario controlar el oleaje cuando se trabaja con incubadoras que están a orillas del lago, un oleaje fuerte puede ocasionar que las ovas y la artesa se dañen.
- Sobre la base de los estudios realizados, es necesario recurrir a las vedas en las épocas de reproducción de las especies icticas nativas. Las autoridades encargadas del sector deberán acelerar la reglamentación y posterior implementación de una Legislación Pesquera, que comprometa una acción eficaz a la conservación de las especies.
- Se debe enfocar los estudios posteriores, a la investigación de la biología y dinámica poblacional de las especies nativas en la cuenca del Lago Titicaca, en especial dar apoyo logístico-financiero mediante programas continuos y sostenibles para especies en peligro de extinción.
- Se debe dar profundo interés al estudio del factor fisiológico de condición (Kn), y al IGS, para poder determinar con alto grado de precisión las épocas de reproducción del “Suche” que se manifiestan anualmente.

VI. LITERATURA CITADA

- ALCEDO, A., 1789. Diccionario geográfico-histórico de las Indias occidentales o América. 5 vols., 1786-1789, 354 p. Madrid – España.
- ARANCIBIA, H; Cubillos L. Remmaggi J; Alarcón. 1994 R. 1994, Determinación de la talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano. 23: 11-17. Chile.
- ARRATIA, G. 1987. *Trichomycterus chungaraensis* n. sp. and *Trichomycterus laucaensis* n. sp. (Pisces, Siluriformes, Trichomycteridae) from the high Andean range. Stud. Neotrop. Fauna Environ. 18: 65-87.
- ATENCIO, S; Alfaro V; 1998. Aportes a la sistemática de la ictiofauna nativa del lago Titicaca. Trabajo investigativo. 5 - 7 p. Puno PE.
- BARDACH, J; Ryther, J; Mc'Larney, W. 1986. Acuicultura: Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de agua dulce. 723 p. Ed. EGT editor SA.
- BARROS, M. 1995. Evaluación pesquera del área marítima del Departamento de Magdalena. Tesis Lic. Ing. Pesquera. 130 p. Universidad de Magdalena.
- CARRASCO, L; Dorshov S; Penman D; Bromage N., 1998. A long-tern quantitative análisis of gametogenesis in autotriploid rainbw trout. (*oncorhynchus mykiss*). 113: 197 – 210 p. Journal of Reproduction and Fertility.
- CASTAÑON, V., 1994. Evaluación de Técnicas de Desove e Incubación Artificial para *Orestias agassii* y *Orestias luteus*. Tesis Lic. Ing. Agr.. 133 p. La Paz, BO, UMSA.

DAHI, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. Ed. Inderena, 66-81 p. Bogotá. disponible en la web: www.geocities.yahoo.br/pecestropicales/biología_tropical/revistas/0235

FORNO, E; Baudoin M. 1991. Historia Natural de un valle en los Andes, Instituto de Ecología, UMSA. 560 p. BO.

FROST, W; Brown E. The Trout. Collins, 316 p. The Fontana New Naturalist London.

HOLDEN, M; Arit. D. 1975. Manual of fishery science. Part 2. Methods of resource investigation and their applications.. Revision, p. 1:35 -43. F.A.O. Fishery Technical Paper 115.

HUET, M. 1978. Tratado de Piscicultura, 245 p. Mundiprensa, Madrid

LE CREEN, E. The length-weight relationship and seasonal cycle in ganad weight an canditian in the pergh, *Perca fluviatilis* J. 20:201-219. 1951. Anim. Ecal.

MURILLO, B (1999). Control De la contaminación del agua y su influencia en la vida de los peces en los rios de Bolivia. Tesis de grado: Carrera de Informática. Universidad Mayor de San Andrés. 7-9 : 90-95 p. La Paz, Bolivia

NORTHACATE, M. 1991. Contaminación en el lago Titicaca. Informe Investigativo., 12 p. UNA-Puno. PE.

PINNA, M., 1992. *Trichomycterus castroi*, a new species of trichomycterid catfish from the Rio Iguacu of Southeastern Brazil (Teleostei: Siluriformes). 3: 80-102. p. Ichthyol. Explor. Freshwaters

POMA N., 2002. Evaluación de la reproducción artificial e incubación artesanal *in situ* del Mauri (*Trichomycterus dispar*), Lago Titicaca, Tesis de grado Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. 42-61 p. La Paz, Bolivia.

RICKER, W., 1975, Computation and interpretation of biological statistics fish populations, 198 p. J Fish. Res. Bd. Canadá.

RINGUELET, R; Aramburu, R. *et al.* 1967. Los peces argentinos de agua dulce. La Plata, Librart. 602p.

ROMÁN, C., 2000, Ecología trófica y reproductiva del *Trichomycterus caliense*, 124 p. Itap Chile.

ROUSENFELL y EVERHARD. 1962. Length-based methods of fish stock assessment. *In*: Fish population dynamics: the implications for management, edited by J.A. Gulland, Chichester,., 83-103. John Wiley and Sons Ltd.

SARMIENTO, J; Azabache, L; Mariño, L; Hinojosa, A. 1987. Sinopsis biológica de las principales especies ícticas del Lago Titicaca. 1 ed. Lima, PE OLDEPESCA. 60, 181 p.

SPARRE, P.; Ursin, E; Venema, S. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment.. Roma, 337 p. Parte 1. Manual, 12FAO Fish. techn. paper. No. 306.1. FAO.

TCHERNAVIN, V: 1944. A revision of the subfamily Orestiinae. Proc. Zool. Soc. London, 114: 140-233.

VEGAS, V., M. 1997. Ictiología: texto experimental. Universidad del Valle, Centro de Publicaciones, División de Ciencias, Depto. de Biología, Cali, 269 p. Colombia.

WEATHERLEY, G; Gill E., 1987. Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length-frequency data, (13): 53-74. *ICIARM Conf. Proc.*

WOYNAROVICH, E; 1982. Propagación artificial de peces, FAO - Instituto de Investigaciones Piscícolas Szarvas, 102 p. Hungría.

WOYNAROVICH, E; Horváth, H., 1982. Propagación artificial de peces, 102 p, FAO - Instituto de Investigaciones Piscícolas Szarvas. Hungría.

ZUÑIGA, G. *et al.* 1984. Estudio preliminar sobre la bioecología de *Trichomycterus* sp. En los alrededores del Lago Titicaca. Trabajo de investigación. 6, 12 p. UNA-Puno, PE.

ZAR, citado por Teissier, 1948. Dynamique de la population des poissons. 53-60. Francia.

Apéndice

APÉNDICE I

Hábitat ecológico del suche (*T. rivulatus*)

La familia del *Trichomycterus rivulatus* (suche), se desarrolla en zonas profundas del lago, prefiriendo estos los lechos arenosos, estos peces tienen la característica de poseer barbos desarrollados exclusivamente para un medio de conducción e identificación de alimento en zonas oscuras; la profundidad de pesca necesaria para poder capturar especímenes adultos, estuvo más allá de los 8 metros de profundidad.

Por otra parte, la reproducción natural del Suche (*Trichomycterus rivulatus*) es en la actualidad un misterio, al no disponer de filmaciones ni estudios biológicos y de comportamiento en su ambiente natural, es ahora imposible el aclarar con precisión el comportamiento de esta especie en lo que a su reproducción se refiere.

De acuerdo a estudios sobre el comportamiento de este espécimen en ambientes controlados, estos presentaron mayor actividad durante las horas de la noche, recurriendo a este hecho, es posible afirmar que dicha especie, tiene un acto de cortejo y posterior apareamiento en las horas de la noche¹⁷.

Al habitar en zonas donde la superficie del suelo es de carácter arenoso las hembras que están en condiciones de ovipositar, se reúnen en grupos pequeños; de la misma forma los machos, una vez que las hembras expulsan los óvulos, estos son fecundados por el esperma de los machos.

Una vez que las ovas son fecundadas, se cree que son enterradas por los progenitores a manera de protección, en el transcurso de 15 días aproximadamente estos se desarrollan hasta la condición de alevines. Una hembra madura y en excelente estado llegó a depositar hasta 8.000 ovas y el 100% de estas pudieron ser fecundadas, sin embargo por efectos de depredación, y mortalidad ocasionada por infecciones, el número de individuos que pasen al estadio de alevinaje puede reducirse notoriamente.

¹⁷ Muchas especies del orden *Trichomycterus*, realizan rituales de apareamiento en zonas poco profundas y en horas de la noche; el Dr. Cesar Román Valencia (2000), en la revista *Ecología Biológica Tropical* "Ecología trópica y reproductiva de *Trichomycterus caliense*" menciona aspectos que bien pueden atribuirse a la forma como se comportan los *Trichomycterus* en la etapa de reproducción.

APÉNDICE II

Datos por recluta de variables biométricas del "suce" (hembras)

(*Trichomycterus rivulatus*)

No.	LT mm.	Ls mm.	L c mm.	LC mm.	L a.c.	AC mm.	PC g.	P. Ovas	SEXO	No. Ovas	Peso c/Ova
1	177,0	154,0	26,5	127,5	23,0	30,3	44,70	4,7	H2	979	0,0048
2	185,0	163,0	28,8	134,2	22,0	31,7	64,22		H		
3	186,0	161,0	33,0	128,0	25,0	36,7	98,65		H		
4	193,0	171,0	29,1	141,9	22,0	34,6	73,07	2,4	H	500	0,0048
5	193,0	169,0	30,3	138,7	24,0	30,7	73,81	2,1	H	438	0,0048
6	196,0	171,0	31,5	139,5	25,0	34,1	78,24	2,8	H	583	0,0048
7	198,0	168,0	30,5	137,5	30,0	34,0	107,50	11,3	H3	2354	0,0048
8	198,0	174,0	31,6	142,3	24,0	36,3	91,15		H		
9	198,0	189,0	34,0	155,0	9,0	36,7	86,36	0,2	H	42	0,0048
10	200,0	173,0	30,3	142,7	27,0	31,1	84,70	3,1	H	646	0,0048
11	201,0	176,0	31,6	144,4	25,0	35,4	109,32		H		
12	205,0	182,0	31,4	150,6	23,0	33,5	87,64	5,7	H	1188	0,0048
13	206,0	181,0	34,4	146,6	25,0	35,3	98,40		H		
14	206,0	181,0	34,4	146,6	25,0	35,4	99,45		H		
15	207,0	182,0	32,4	149,6	25,0	34,6	99,56	0,2	H	42	0,0048
16	210,0	191,0	29,5	161,5	19,0	36,3	96,44		H		
17	215,0	189,0	35,4	153,6	26,0	37,1	112,23		H		
18	218,0	192,0	33,7	158,3	26,0	39,4	101,64		H		
19	218,0	190,0	33,6	156,4	28,0	36,6	111,20	4,6	H	958	0,0048
20	222,0	188,0	36,0	152,0	34,0	35,0	123,60	8,9	H5	1854	0,0048
21	223,0	197,0	36,2	160,8	26,0	38,6	126,23		H		
22	224,0	189,0	38,0	151,0	35,0	39,0	135,30	0,4	H1	83	0,0048
23	227,0	200,0	36,4	163,6	27,0	40,1	169,08	5,3	H	1104	0,0048
24	229,0	200,0	40,1	159,9	29,0	43,5	186,68	8,9	H	1854	0,0048
25	229,0	201,0	35,3	165,7	28,0	39,6	139,20	6,2	H	1292	0,0048
26	231,0	202,0	35,2	166,8	29,0	40,2	132,56	12,7	H	2646	0,0048
27	237,0	208,0	35,5	172,5	29,0	41,1	140,28		H		
28	239,0	210,0	40,0	170,0	29,0	42,1	139,71		H		
29	240,0	215,0	34,6	180,4	25,0	40,6	129,91	10,8	H	2250	0,0048
30	250,0	222,0	41,4	180,7	28,0	44,7	185,82	9,4	H	1958	0,0048
31	250,0	222,0	40,2	181,8	28,0	42,6	174,24	4,2	H	875	0,0048
32	252,0	221,0	40,3	180,7	31,0	44,8	158,79	6,5	H	1354	0,0048
33	255,0	235,0	41,1	193,9	20,0	45,6	188,20	7,6	H	1583	0,0048
34	262,0	234,0	45,1	188,9	28,0	46,8	224,70	12,8	H	2667	0,0048
35	262,0	233,0	42,3	190,7	29,0	45,3	237,20		H		
36	274,0	231,0	41,8	189,2	43,0	46,0	235,20	1,2	H1	250	0,0048
37	280,0	239,0	43,0	196,0	41,0	51,0	267,20	15,4	H5	3208	0,0048
38	283,0	240,0	43,2	196,8	43,0	50,0	271,10	17,8	H4	3708	0,0048

Lt: longitud total; Ls.: Longitud estándar; Lc: Largo de la cabeza; LC: Longitud del cuerpo; Lac: Longitud aleta caudal;

AC: Ancho del cuerpo; P: peso del pez en gramos.

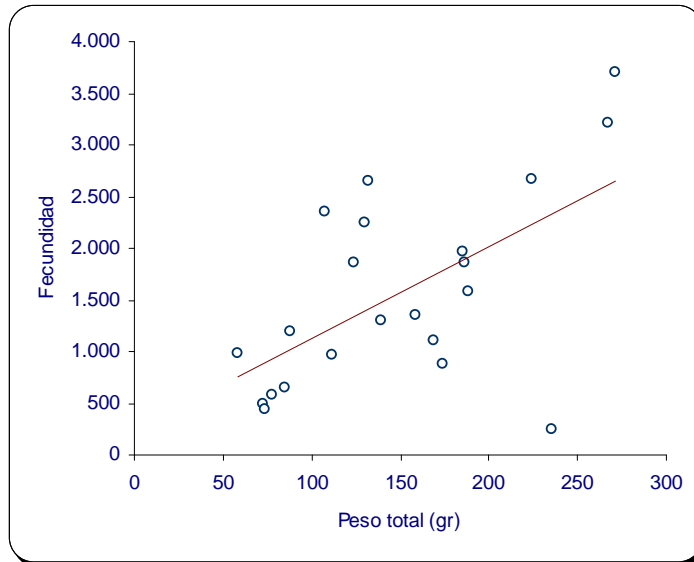
Datos por recluta de variables biométricas del “suche” (machos) (*Trichomycterus rivulatus*)

No.	LT mm.	LT cm.	LE mm.	L c mm.	LC mm.	L a.c.	AC mm.	PC g.
1	192,0	19,2	167,0	29,5	137,5	25,0	33,4	88,89
2	193,0	19,3	169,0	30,8	138,2	24,0	36,1	74,40
5	195,0	19,5	171,0	30,7	140,3	24,0	32,0	76,64
7	201,0	20,1	171,0	33,0	138,0	30,0	35,0	80,50
3	193,0	19,3	173,0	31,5	141,5	20,0	33,2	95,25
4	194,0	19,4	173,0	29,4	143,6	21,0	31,6	83,40
6	198,0	19,8	176,0	30,6	145,4	22,0	32,3	82,51
9	207,0	20,7	181,0	31,6	149,4	26,0	35,2	105,95
8	206,0	20,6	184,0	33,7	150,3	22,0	35,7	99,03
20	219,0	21,9	186,0	33,8	152,0	33,0	38,0	123,50
21	223,0	22,3	187,0	36,3	150,7	36,0	38,5	127,03
10	207,0	20,7	188,0	33,6	154,4	19,0	37,1	90,66
11	207,0	20,7	188,0	33,6	154,4	19,0	37,1	91,46
14	214,0	21,4	188,0	35,1	152,9	26,0	38,6	109,82
22	224,0	22,4	188,0	34,2	153,8	36,0	38,4	113,67
15	214,0	21,4	189,0	35,1	153,9	25,0	38,6	109,33
16	215,0	21,5	189,0	35,1	153,9	26,0	37,4	97,29
13	213,0	21,3	190,0	33,6	156,4	23,0	37,2	97,73
17	216,0	21,6	190,0	34,6	155,4	26,0	38,1	106,04
12	210,0	21,0	191,0	29,5	161,5	19,0	36,3	96,33
18	218,0	21,8	191,0	38,1	152,9	27,0	43,1	149,21
19	218,0	21,8	191,0	36,2	154,8	27,0	36,8	124,23
23	225,0	22,5	197,0	40,7	156,3	28,0	40,1	164,23
24	228,0	22,8	201,0	35,5	165,5	27,0	38,5	140,28
25	230,0	23,0	204,0	34,1	169,9	26,0	37,4	138,41
26	230,0	23,0	212,0	39,5	172,5	18,0	44,2	168,47
27	242,0	24,2	213,0	38,1	174,9	29,0	44,5	158,67
28	249,0	24,9	221,0	39,5	181,5	28,0	41,3	166,30
29	251,0	25,1	222,0	39,2	182,9	29,0	42,4	190,10
30	270,0	27,0	243,0	42,1	200,9	27,0	44,3	174,32

Lt: longitud total; **LS.:** Longitud estándar; **Lc:** Largo de la cabeza; **LC:** Longitud del cuerpo; **Lac:** Longitud aleta caudal;
AC: Ancho del cuerpo; **P:** peso del pez en gramos.

Relación de la fecundidad con algunos parámetros corporales

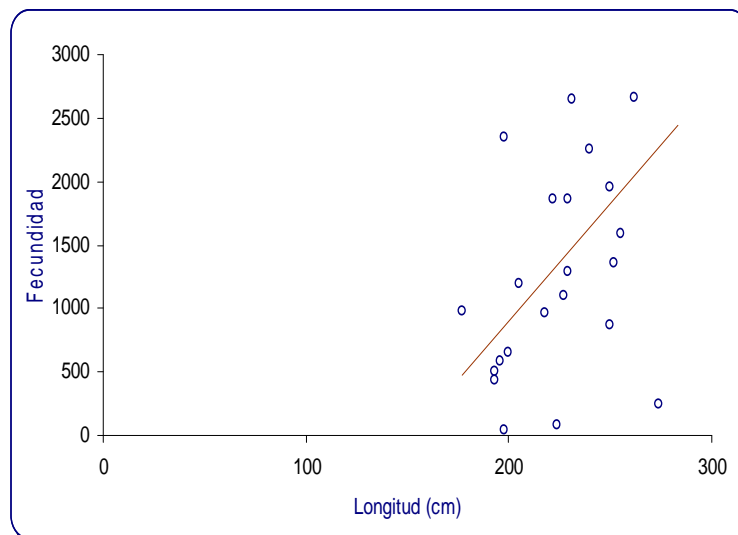
Relación: Fecundidad – Peso total del cuerpo (PT)



$$F = 245.768 + .8461 * PT \quad r^2 = 0.35$$

Relación Fecundidad – Longitud Total (LT)

Relación Fecundidad – Longitud total del cuerpo



$$F = 2836.1 + 18.67 * LT \quad r^2 = 0.317$$

Relaciones empíricas para estimar longitud asintótica, longitud en la primera madurez, y longitud en la producción

Machos

Hembras

Calculo de la Longitud asintótica:

$$L_{\infty} = 10^{(0.044+0.9841 \cdot \text{Log } L_{\text{max}})}$$

$$L_{\infty} = 38.7 \text{ cm.}$$

$$L_{\infty} = 40 \text{ cm.}$$

Calculo de la Longitud de madurez para el 50% de la población:

$$Lm_{50\%} = 10^{(0.8915 \cdot \text{Log} (L_{\infty} - 0.1032))}$$

$$Lm_{50\%} = 20.5 \text{ cm.}$$

$$Lm_{50\%} = 10^{(0.9469 \cdot \text{Log} (L_{\infty} - 0.1162))}$$

$$Lm_{50\%} = 21.2 \text{ cm.}$$

Calculo de la longitud óptima de producción:

$$Lop = 10^{(1.0421 \cdot \text{Log} (L_{\infty} - 0.2742))}$$

$$Lop = 24 \text{ cm.}$$

$$Lop = 24.8 \text{ cm.}$$

Calculo de la edad máxima de un pez a tiempo de morir naturalmente:

$$T_{\text{pez}} = 10^{(0.5496+0.957 \cdot \text{Log } T_m)}$$

$$T_{\text{pez}} = 8.3 \text{ años}$$

$$T_{\text{pez}} = 10.7 \text{ años}$$

Calculo del parámetro de crecimiento de von Bertalanffy:

$$K = 3 / T_{\text{max}}$$

$$K = 0.36$$

$$K = 0.28$$

Metodología para hallar la talla de madurez sexual (Lm_{50%}) SPARRE, 1989.

$$Lm_{50\%} = \frac{1}{1 + \exp(a-bL)}$$

Histograma de madurez sexual (hembras)

Desde	Hasta	Frecuencia	X	Frecuencia	S _(i)	Y
cm.	cm.	Absoluta	Marca de Clase	Relativa	Frecuencia Acumulada	LN(1/S _(i) -1)
					0,003922	5,537334
10	11	-	10,5	0,000	0,000	-
12	13	-	12,5	0,000	0,000	-
14	15	-	14,5	0,000	0,000	-
16	17	-	16,5	0,000	0,000	-
18	19	8	18,5	0,211	0,211	1,321756
20	21	7	20,5	0,184	0,395	0,427444
22	23	9	22,5	0,237	0,632	- 0,538997
24	25	6	24,5	0,158	0,789	- 1,321756
26	27	3	26,5	0,079	0,868	- 1,887070
28	29	2	28,5	0,053	0,921	- 2,456736
30	31	3	30,5	0,079	1	-
TOTAL		38				

$$Y = 8.1937 + (-0.3803) X$$

Histograma de madurez sexual (machos)

Desde	Hasta	Frecuencia	X	Frecuencia	S _(i)	Y
cm.	cm.	Absoluta	Marca de Clase	Relativa	Frecuencia Acumulada	LN(1/S _(i) -1)
15	16	0	15,5	0	0	0
17	18	0	17,5	0	0	0
19	20	9	19,5	0,30000	0,30000	0,84730
21	22	11	21,5	0,36667	0,66667	- 0,69315
23	24	3	23,5	0,10000	0,76667	- 1,18958
25	26	1	25,5	0,03333	0,80000	- 1,38629
27	28	4	27,5	0,13333	0,93333	- 2,63906
29	30	1	29,5	0,03333	0,96667	- 3,36730
31	32	1	31,5	0,03333	1,00000	-
33	34	0	33,5	0	1	0
35	36	0	35,5	0	1	0
37	38	0	37,5	0	1	0
total		30				

$$Y = 8.0829 + (-0.3872) X$$

FACTOR DE CONDICIÓN "K"

$$W = 8,38155E-06 L^{3,12730087}$$

hembras:			K=10 ⁵ * W/L ³		K= W _o / W _p			
Num.	LONGITUD	PESO	FACTOR K	CONSTANTE	LONGITUD	CONSTANTE	PREDICTIVO	FACTOR K
Indv.	TOTAL	W _o	(Sarmiento, 1986)	a	L	b	W _p	(Le Cree, 1951)
1	185,0	64,22	1,01	8,38E-06	185	3,12730087	103,15	0,62
2	186,0	98,65	1,53	8,38E-06	186	3,12730087	104,90	0,94
3	193,0	73,07	1,02	8,38E-06	193	3,12730087	117,75	0,62
4	193,0	73,81	1,03	8,38E-06	193	3,12730087	117,75	0,63
5	196,0	78,24	1,04	8,38E-06	196	3,12730087	123,57	0,63
6	198,0	107,50	1,38	8,38E-06	198	3,12730087	127,55	0,84
7	198,0	91,15	1,17	8,38E-06	198	3,12730087	127,55	0,71
8	198,0	86,36	1,11	8,38E-06	198	3,12730087	127,55	0,68
9	200,0	84,70	1,06	8,38E-06	200	3,12730087	131,62	0,64
10	201,0	109,32	1,35	8,38E-06	201	3,12730087	133,69	0,82
11	205,0	87,64	1,02	8,38E-06	205	3,12730087	142,19	0,62
12	206,0	98,40	1,13	8,38E-06	206	3,12730087	144,37	0,68
13	206,0	99,45	1,14	8,38E-06	206	3,12730087	144,37	0,69
14	207,0	99,56	1,12	8,38E-06	207	3,12730087	146,58	0,68
15	210,0	96,44	1,04	8,38E-06	210	3,12730087	153,32	0,63
16	215,0	112,23	1,13	8,38E-06	215	3,12730087	165,03	0,68
17	218,0	101,64	0,98	8,38E-06	218	3,12730087	172,34	0,59
18	218,0	111,20	1,07	8,38E-06	218	3,12730087	172,34	0,65
19	222,0	123,60	1,13	8,38E-06	222,0	3,12730087	182,42	0,68
20	223,0	126,23	1,14	8,38E-06	223,0	3,12730087	185,00	0,68
21	224,0	135,30	1,20	8,38E-06	224,0	3,12730087	187,61	0,72
22	227,0	169,08	1,45	8,38E-06	227,0	3,12730087	195,58	0,86
23	229,0	186,68	1,55	8,38E-06	229,0	3,12730087	201,02	0,93
24	229,0	139,20	1,16	8,38E-06	229,0	3,12730087	201,02	0,69
25	231,0	132,56	1,08	8,38E-06	231,0	3,12730087	206,56	0,64
26	237,0	140,28	1,05	8,38E-06	237,0	3,12730087	223,81	0,63
27	239,0	139,71	1,02	8,38E-06	239,0	3,12730087	229,77	0,61
28	240,0	129,91	0,94	8,38E-06	240,0	3,12730087	232,79	0,56
29	250,0	185,82	1,19	8,38E-06	250,0	3,12730087	264,49	0,70
30	250,0	174,24	1,12	8,38E-06	250,0	3,12730087	264,49	0,66
31	252,0	158,79	0,99	8,38E-06	252,0	3,12730087	271,16	0,59
32	255,0	188,20	1,14	8,38E-06	255,0	3,12730087	281,38	0,67
33	262,0	224,70	1,25	8,38E-06	262,0	3,12730087	306,25	0,73
34	262,0	237,20	1,32	8,38E-06	262,0	3,12730087	306,25	0,77
35	274,0	235,20	1,14	8,38E-06	274,0	3,12730087	352,29	0,67
36	280,0	267,20	1,22	8,38E-06	280,0	3,12730087	376,98	0,71
37	283,0	271,10	1,20	8,38E-06	283,0	3,12730087	389,76	0,70

FACTOR DE CONDICIÓN "K"

$$W = 8,38155E-06 L^{3,12730087}$$

machos:		K=10 ⁵ * W/L ³			K= W _o / W _p			
Num.	LONGITUD	PESO	FACTOR K	CONSTANTE	LONGITUD	CONSTANTE	PREDICTIVO	FACTOR K
Indv.	TOTAL	W _o	(Sarmiento,1986)	a	L	b	W _p	(Le Cree, 1951)
1	192,0	88,89	1,26	7,427E-05	1,92E+02	2,7	115,866762	0,77
2	193,0	74,40	1,03	7,427E-05	1,93E+02	2,7	117,510905	0,63
3	195,0	76,64	1,03	7,427E-05	1,95E+02	2,7	120,843203	0,63
4	201,0	80,50	0,99	7,427E-05	2,01E+02	2,7	131,196064	0,61
5	193,0	95,25	1,32	7,427E-05	1,93E+02	2,7	117,510905	0,81
6	194,0	83,40	1,14	7,427E-05	1,94E+02	2,7	119,169701	0,70
7	198,0	82,51	1,06	7,427E-05	1,98E+02	2,7	125,952486	0,66
8	207,0	105,95	1,19	7,427E-05	2,07E+02	2,7	142,091885	0,75
9	206,0	99,03	1,13	7,427E-05	2,06E+02	2,7	140,23772	0,71
10	219,0	123,50	1,18	7,427E-05	2,19E+02	2,7	165,558296	0,75
11	223,0	127,03	1,15	7,427E-05	2,23E+02	2,7	173,889007	0,73
12	207,0	90,66	1,02	7,427E-05	2,07E+02	2,7	142,091885	0,64
13	207,0	91,46	1,03	7,427E-05	2,07E+02	2,7	142,091885	0,64
14	214,0	109,82	1,12	7,427E-05	2,14E+02	2,7	155,505248	0,71
15	224,0	113,67	1,01	7,427E-05	2,24E+02	2,7	176,012157	0,65
16	214,0	109,33	1,12	7,427E-05	2,14E+02	2,7	155,505248	0,70
17	215,0	97,29	0,98	7,427E-05	2,15E+02	2,7	157,484106	0,62
18	213,0	97,73	1,01	7,427E-05	2,13E+02	2,7	153,542162	0,64
19	216,0	106,04	1,05	7,427E-05	2,16E+02	2,7	159,478788	0,66
20	210,0	96,33	1,04	7,427E-05	2,10E+02	2,7	147,747001	0,65
21	218,0	149,21	1,44	7,427E-05	2,18E+02	2,7	163,51583	0,91
22	218,0	124,23	1,20	7,427E-05	2,18E+02	2,7	163,51583	0,76
23	225,0	164,23	1,44	7,427E-05	2,25E+02	2,7	178,151599	0,92
24	228,0	140,28	1,18	7,427E-05	2,28E+02	2,7	184,668198	0,76
25	230,0	138,41	1,14	7,427E-05	2,30E+02	2,7	189,095007	0,73
26	230,0	168,47	1,38	7,427E-05	2,30E+02	2,7	189,095007	0,89
27	242,0	158,67	1,12	7,427E-05	2,42E+02	2,7	217,064796	0,73
28	249,0	166,30	1,08	7,427E-05	2,49E+02	2,7	234,519635	0,71
29	251,0	190,10	1,20	7,427E-05	2,51E+02	2,7	239,664089	0,79
30	270,0	174,32	0,89	7,427E-05	2,70E+02	2,7	292,11763	0,60

**Especies extintas del género *Trichomycterus*,
mencionado por Tchernavin, (1944) cuenca del Titicaca.**

Figura 1. *Trichomycterus incae*

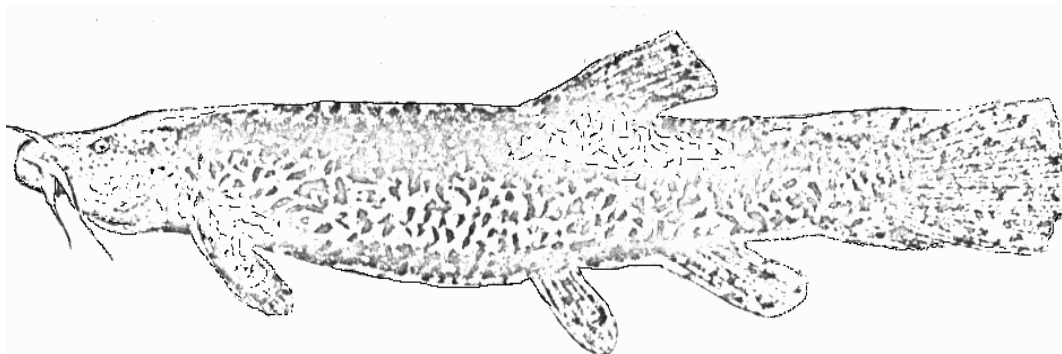


Figura 2. *Trichomycterus gracilis*

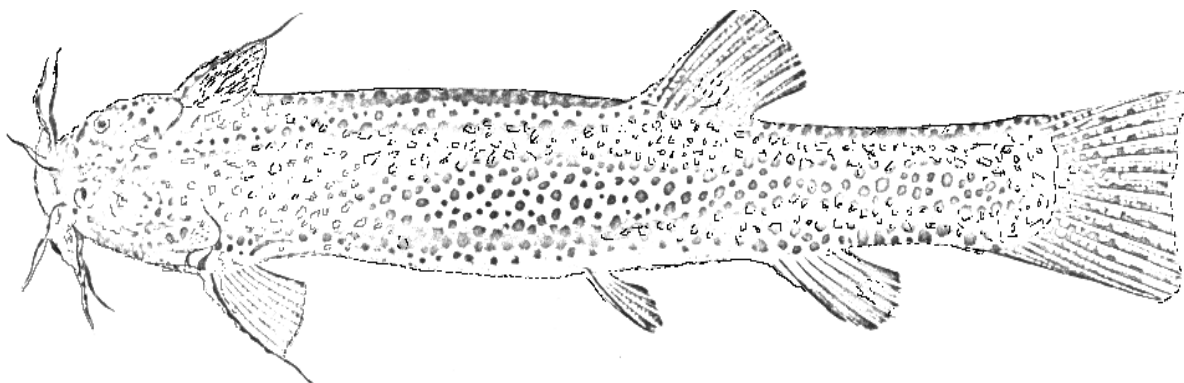
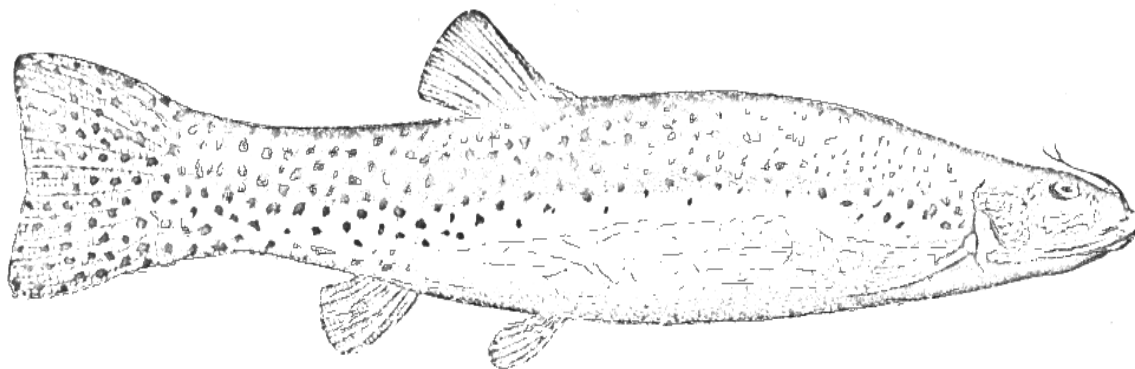


Figura 3. *Trichomycterus barbatula*



PRINCIPALES PROGRESOS CONSEGUIDOS EN LA PROPAGACION ARTIFICIAL DE LOS PECES

- 1767 Jacobi (Alemania) desarrolla la técnica de desove artificial y fertilización artificial de los huevos de trucha.
- 1842 Remy y Gehin (Francia) redescubren la técnica de la fertilización artificial de los huevos de trucha y la ponen en práctica. Haxo describe esos trabajos en 1851.
- 1860 T. Dubisch (Dubics) (de origen húngara) descubre la técnica de reproducción de la carpa común en estanques especiales de desove (estanques Dubisch).
- 1870 Wranssky (Unión Soviética) introduce el método seco de fertilización de los huevos de trucha.
- 1873 W. His (Alemania) describe el huevo del pez y su desarrollo.
- 1904 P. Purgly (Hungría) introduce el empleo de nidos artificiales en los frezaderos de lucioperca para obtener huevos fertilizados que luego pueden incubarse y criarse bajo control.
- 1930 B.A. Houssay (Argentina) inyecta a algunos peces vivíparos extractos de glándula pituitaria recién extraídos de otras especies de peces y consigue el nacimiento prematuro de las crías.
- 1934 R. Von Ihering (Brasil) desarrolla una técnica para inducir el desove de los peces inyectándoles extractos de glándula pituitaria de otros peces.
- 1937 E. Probst (Alemania), utilizando reproductores a punto de desovar en estanques Dubisch, obtiene por desove artificial huevos de carpa común y los fertiliza artificialmente. Usa la misma técnica con éxito para la tenca. Obtiene también híbridos de carpa común y tenca.
- 1937 N.L. Gerbilsky (Unión Soviética) consigue obtener huevos maduros y esperma de esturiones (*Acipenser stellatus*) a los que había inyectado en el cráneo extractos de una o dos glándulas pituitarias frescas de peces de la misma especie.
- 1940 N.L. Gerbilsky (Unión Soviética) estudia las variaciones estacionales de la potencia gonadotrófica de las glándulas pituitarias de los peces.
- 1942 N.L. Gerbilsky (Unión Soviética) descubre la técnica de conservación de glándulas pituitarias secándolas en acetona.
- 1948 M. Kawajiri, M. Simandate, H. Koyama y C. Miyajima (Japón) inducen el desove de la carpa común con hormonas gonadotróficas.
- 1948 E. Woynarovich y B. Entz (Hungría) elaboran la técnica de incubación de huevos de lucioperca en cámaras de rociado.
- 1949 N.L. Gerbilsky (Unión Soviética) perfecciona la técnica de hipofisación para conseguir la propagación de esturiones (*Acipenseridae*) a escala comercial.
- 1952 E. Woynarovich (Hungría) elabora la técnica de colocación uniforme en nidos artificiales de huevos adherentes de carpa común obtenidos por desove artificial y fertilizados artificialmente.
- 1956–58 L.S. Ramaswami y B.I. Sundararaj (India) consiguen inducir la reproducción del bagre indio de agua dulce (*Heteropneustes fossilis*) con glándulas pituitarias de pez y de rana y con gonadotrofina coriónica de mamíferos.
- 1957 H. Chaudhuri y K.H. Alikunhi (India) inducen el desove de seis especies de carpas indias administrándoles una inyección intramuscular de glándulas pituitarias de carpa india conservadas en alcohol.
- 1957 K.E. Sneed y H.P. Clemens (EE.UU.) elaboran la técnica de propagación inducida del bagre de canal, que permite el florecimiento del cultivo del bagre en los Estados Unidos.
- 1959 J.W. Atz y G.E. Pickford (EE.UU.) examinan el uso de hormonas pituitarias para la propagación de los peces, contribuyendo así a la difusión de esa técnica.
- 1959 K.E. Sneed y H.P. Clemens (EE.UU.) utilizan gonadotrofina coriónica humana (GCH) para inducir el

desove de los peces.

- 1960 H. Chaudhury (India) uniforma la técnica de hipofisación para el desove inducido de las principales carpas indias.
- 1960 A.G. Konradt (Unión Soviética), H.W. Ku y L. Ching (China) preparan, trabajando independientemente, la técnica de propagación artificial de las principales carpas chinas por hipofisación.
- 1961 D.Zh. Aliev (Unión Soviética) consigue la propagación por ovulación inducida de las principales carpas chinas, inyectándoles extracto de glándula pituitaria en varias veces.
- 1961 E. Woynarovich (Hungría) descubre la técnica de disolución de la capa adhesiva que recubre los huevos de carpa común y otros ciprínidos, lo que permite su incubación en vasijas.
- 1962 K.H. Alikunhi, K.K. Sukumaran y S. Parameswaran (India) consiguen inducir el desove de carpa plateada y carpa herbívora (carpas chinas) en la India.
- 1962 A. Antalfi (Hungría) establece la primera piscifactoría comercial de aguas templadas en Dinnyes (Hungría) utilizando las técnicas más avanzadas para la propagación de especies de peces comercialmente importantes.
- 1963 E. Woynarovich (Hungría) prepara una técnica mejor para disolver la capa adhesiva que recubre los huevos de carpa común, utilizando una solución de tanino.
- 1963–
64 Algunos científicos de Taiwán consiguen inducir el desove de *Mugil cephalus* mediante hipofisación.
- 1964 M. Kadar (Hungría) utiliza la técnica de suturación del orificio genital de las hembras de carpa común para evitar que se pierdan los huevos maduros antes del desove artificial.
- 1968 Algunos biólogos de Israel consiguen inducir el desove de mújoles criados en agua dulce en tanques de cemento, inyectándoles extracto de pituitaria de carpa común, pero las larvas no sobreviven.
- 1969 A. Yashouv (Israel) comunica haber conseguido inducir el desove de *Mugil cephalus* criado en cautividad en estanques de agua dulce.
- 1972 K.V. Devaraj, T.J. Varghese y G.P. Satyanarayana Rao (India) consiguen hacer desovar al bagre de agua dulce, *Clarias batrachus* inyectándole extracto de pituitaria de bagres marinos (*Tachysurus* spp.).
- 1972 Z.H. Shehadeh, C.M. Kuo y C.E. Nash (EE.UU.) preparan la técnica de propagación del mújol *Mugil cephalus*.
- 1972 G. Tamas y L. Horvath (Hungría) desarrollan la técnica de preparación de estanques de tierra para la cría de alevines, esos estanques favorecen la proliferación de rotíferos, que son el alimento preferido de los alevines cuando empiezan a comer, y permiten eliminar los insectos y crustáceos que son perjudiciales para los alevines.
- 1973 N. Fijan (Yugoslavia) induce la ovulación del siluro por hipofisación y consigue obtener huevos por desove artificial, fertilizarlos y hacer nacer las larvas.
- 1975 T.J. Varghese, G.P. Satyanarayana Rao, K.V. Devaraj y B. Chandrasekhar (India) demuestran que es posible utilizar pituitaria de bagres marinos para inducir el desove de las principales carpas indias.
- 1976 T.J. Varghese y G.P. Satyanarayana Rao (India) consiguen inducir el desove de la carpa plateada china inyectándole extracto de pituitaria de bagre marino.
- 1977 En el Centro de Desarrollo Pesquero del Sudeste de Asia (Filipinas) se consigue por primera vez inducir el desove del sabalote (*Chanos chanos*) por hipofisación.

Nota: La lista que precede no pretende ser exhaustiva. Algunos resultados importantes conseguidos en laboratorio no han llegado aún a conocimiento del público