

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería Pesquera

**“DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA TRUCHA ARCO IRIS
Oncorhynchus mykiss CULTIVADA EXTENSIVAMENTE EN LA
LAGUNA SUCHES - TACNA. DESDE 1996 A 2005,
MEDIANTE MODELO VON BERTALANFFY”**

TESIS

Presentada por:

Bach. CALIXTO QUISPE PILCO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

**TACNA - PERÚ
2008**

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ ROSARIO ORDOÑANZ : TACHA
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO PESQUERO

Tomo Nº II Folio Nº 170

El Jurado calificador nominado mediante Resolución Faculta-
tiva Nº 5308-2008-FAIP/UNJBG, integrada por:

<u>M.Sc. Julio Isique E.</u>	<u>Presidente</u>
<u>Ing. Luis Espinoza R.</u>	<u>Secretario</u>
<u>Ing. Luis Rivera Ch.</u>	<u>Miembro</u>

Para examinar la Tesis: "Determinación del Creamiento de la Trucha Arco Iris
Oncorhynchus mykiss Cultivada Extensivamente en La Laguna Suches-
Taca, desde 1996 a 2005, mediante modelo Von Bertalanffy"

presentada por: Barb. Calixto Guuspe Pilco

Obteniendo el siguiente veredicto: Aprobado

• Unanimidad, Bueno

[Firma] [Firma]

Tacha, 08 de Febrero de 2008

Este trabajo de titulación esta dedicado a mi madre Martina Pilco Cabrera por su dedicación, su confianza y su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento especial al Blgo. Pesq. Nelver Coronel Flores, quien bajo su asesoramiento ha permitido la culminación del presente estudio.

Hago extensivo este agradecimiento a todas las personas y amigos que hicieron posible la realización del presente trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se refiere al estudio de crecimiento de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* cultivadas por método extensivo en la laguna Suches, utilizando el modelo de Von Bertalanffy, ubicado en el anexo de Huaytire, provincia Candarave, región Tacna, desde el año 1996 a 2005.

Desde 1996 se realizaron controles biométricos, Esta información, año a año, se ha venido archivando en la administración de EMCAPIETH. Durante 10 años se ha acumulado 28 635 ejemplares de registros de talla y peso de truchas de las cuales se ha determinado que para los años 1996 y 1997, individuos de hasta cinco clases anuales, a partir del año 1999 hasta 2005, sólo se ha encontrado tres clases anuales.

El impacto de disminución de extracción de biomasa ha sido ocasionado por el efecto antrópico, puesto que los concesionarios de la laguna Suches no permiten que las truchas crezcan más allá de los tres

años de vida, debido fundamentalmente a la alta demanda por el vecino país de Bolivia que tiene buena aceptación por su sabor y coloración.

A lo largo de 10 años de siembra, vigilancia y cosecha, la siembra y cosecha en número de ejemplares no ha sufrido cambios significativos. Sin embargo, los volúmenes de cosecha en ton/ año de trucha adulta ha disminuido, por la disminución de la longitud y peso promedio individual de cada ejemplar de trucha.

Los parámetros de crecimiento de la trucha cultivada en la laguna Suches están dentro de los márgenes obtenidos por otros autores en lagunas de otras latitudes de Sudamérica.

INTRODUCCIÓN

La laguna Suches, mantiene dentro de sus ambientes ecológicos una especie de gran importancia económica: la trucha arco iris, organismo acuático que ha sido introducida o sembrada hace varios años en la laguna, Inicialmente Instituciones Estatales, con la finalidad de mantener y salvaguardar un stock equilibrado del medio, introdujeron cantidades prefijados de alevinos por año. Actualmente existe una Empresa Comunal formada por los habitantes del anexo de Huaytire, que realiza la explotación racional, bajo el sistema de crianza extensiva de la trucha arco iris (poblamiento, vigilancia, extracción y comercialización); para esta actividad adquiere la totalidad de alevinos y efectúan la siembra en un periodo determinado. La alimentación de la trucha se basa en la productividad natural del ambiente léntico.

El número de ejemplares de truchas extraídas anualmente de la laguna Suches es casi constante de 54 887 ejemplares. Sin embargo, la biomasa de la trucha capturada ha disminuido notoriamente; es por ello que en el presente trabajo de investigación se enfoca el crecimiento del recurso trucha a fin de dar de alguna manera un explicación y comprender

el efecto antrópico en la explotación comercial de la trucha en la actividad de crianza extensiva de truchas.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
I. GENERALIDADES	10
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1. Generales	11
1.2.2. Específicos	11
1.3. HIPÓTESIS	11
1.4. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	11
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. ANTECEDENTES	12
2.2. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL	12
2.2.1. Clasificación sistemática	12
2.2.2. Origen y distribución geográfica	13
2.2.3. Hábitat	14
2.2.4. Alimentación natural	15
2.2.4.1. Productividad primaria de la laguna Suches	15
2.2.4.2. Productividad secundaria de la laguna suches	17
2.2.5. Reproducción	21
2.2.6. Crianza extensiva en lagunas	22
2.2.7. Temperatura del agua	23
2.2.8. Viento	25
2.2.9. Oxígeno	25

2.2.10.	Evaluación de una laguna	26
2.2.11.	Productividad extensiva de truchas	30
2.2.12.	Producción con fines comerciales	31
2.3.	CRECIMIENTO	33
2.3.1.	Definición de crecimiento	33
2.3.2.	Tipos de crecimiento	34
2.3.2.1.	Crecimiento isométrico	34
2.3.2.2.	Crecimiento alométrico	34
2.3.2.3.	Crecimiento de truchas en otras latitudes	35
2.4.	MODELO SIMPLIFICADO DE CRECIMIENTO	35
2.4.1.	Fundamento fisiológico y la formulación	37
2.4.2.	Ecuación de Von Bertalanffy	42
2.5.	ESTRUCTURA DE POBLACIÓN POR TALLA Y EDAD	44
2.5.1.	Método de frecuencia de tallas	44
2.5.2.	Marcado	44
2.5.3.	Método de interpretación de las partes duras	45
2.6.	CURVA DE CRECIMIENTO	45
2.7.	TASA DE CRECIMIENTO	46
2.8.	LONGITUD Y PESO	47
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	48
3.2.	MATERIALES Y INFORMACIÓN ESTADÍSTICA	49

3.3.	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	49
3.4.	PROCESAMIENTO DE DATOS	49
3.5.	DETERMINACIÓN DE EDAD	50
3.6.	DETERMINACIÓN DE ECUACIÓN DE VON BERTALANFFY	
3.7.	CURVA DE CRECIMIENTO EN LONGITUD	52
3.8.	CURVA DE CRECIMIENTO EN PESO	53
3.9.	TASA DE CRECIMIENTO	53
3.10.	FACTOR DE CONDICIÓN	54
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1.	ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN POR TALLA Y EDAD	55
4.2.	CRECIMIENTO SEGÚN LA FORMULACIÓN DE VON BERTALANFFY	63
4.3.	CURVA DE CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO	66
4.4.	TASA DE CRECIMIENTO	67
4.5.	RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD Y PESO	69
4.6.	FACTOR DE CONDICIÓN	71
4.7.	STOCK POBLACIONAL DE LA LAGUNA SUCHES	72
4.8.	COSECHA DE TRUCHAS CULTIVADAS EN LA LAGUNA SUCHES	75
V.	CONCLUSIONES	78
VI.	RECOMENDACIONES	80
VII.	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01	Saturación de oxígeno del agua dulce a varias temperaturas	26
Cuadro N° 02	Capacidad biogénica de una laguna y observación se sus características	29
Cuadro N° 03	Coefficiente "K" y valores para su cálculo	30
Cuadro N° 04	Longitud (cm) encontradas a una determinada edad en lagos y lagunas de Argentina	35
Cuadro N° 05	Edad (años) y Talla (cm) desde 1996 a 20005	61
Cuadro N° 06	Parámetros de la ecuación Von Bertalanffy, para la trucha <i>Oncorhynchus mykiss</i> en la laguna Suches	63
Cuadro N° 07	Ecuación de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy, desde 1996 a 2005 en la laguna Suches	64
Cuadro N° 08	Ecuación de crecimiento en peso de Von Bertalanffy desde 1996 a 2005 en la laguna de Suches.	65
Cuadro N° 09	Alevinos sembrados y ejemplares de trucha cosechados de la laguna Suches, desde 1991 hasta el 2005	73
Cuadro N° 10	Truchas extraídas de la laguna Suches desde 1993 hasta 2005	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01	Modelo gráfico de la teoría de crecimiento según Von Bertalanffy	36
Figura N° 02	Imagen de la laguna Suches	48
Figura N° 03	Distribución de frecuencia por clases de tallas y asignación de edad, para los años de 1996 a 1997	56
Figura N° 04	Distribución de frecuencia por clases de tallas y asignación de edad, para los años de 1998 a 1999	57
Figura N° 05	Distribución de frecuencia por clases de tallas y asignación de edad, para los años de 2000 a 2001	58
Figura N° 06	Distribución de frecuencia por clases de tallas y asignación de edad, para los años de 2002 a 2003	59
Figura N° 07	Distribución de frecuencia por clases de tallas y asignación de edad, para los años de 2004 a 2005	60
Figura N° 08	Edad y talla desde 1996 a 2005	62
Figura N° 09	Curva de crecimiento en longitud según la ecuación de Von Bertalanffy, para las truchas de laguna Suches desde 1996 a 2005	66

Figura N° 10	Curva de crecimiento en peso según la ecuación de Von Bertalanffy, para las truchas de laguna Suches desde 1996 a 2005	67
Figura N° 11	Tasa de crecimiento de longitud y peso promedio mensual	68
Figura N° 12	Relación entre longitud y peso desde 1996 a 2001	70
Figura N° 13	Relación entre longitud y peso desde 2002 a 2005	71
Figura N° 14	Factor de condición para truchas de laguna suches desde 1996 a 2005	72
Figura N° 15	Alevinos sembrados vs ejemplares de trucha cosechado	74
Figura N° 16	Biomasa cosechado vs número de individuos de trucha adulta cosechado	76
Figura N° 17	Peso promedio individual de truchas cultivadas en laguna Suches desde 1993 a 2005	77

I. GENERALIDADES

1.1. JUSTIFICACIÓN

En el presente trabajo de investigación proporcionará información para poder estimar con bases técnico – científicas la producción de truchas arco iris *Oncorhynchus mykiss*, dentro de un manejo racional y sustentable en un importante ambiente léntico de la región Tacna, como es la Laguna Suches.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La producción de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* en la laguna Suches, en los últimos 5 años ha disminuido ostensiblemente en relación a los primeros años de iniciada las operaciones de cultivo extensivo por la Empresa Comunal Huaytire, hace aproximadamente 15 años, debido posiblemente a la acción predatora de la trucha sobre los organismos acuáticos que le sirven de alimento. Esta disminución de la productividad secundaria de la laguna, está limitada en cierta medida el crecimiento óptimo de los ejemplares de trucha introducidos; de allí la importancia de determinar la tasa de crecimiento, factor de condición de este recurso íctico, para tener los elementos técnicos-científicos suficientes para proponer un aprovechamiento racional y sustentable de la laguna Suches.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Generales

Determinar el crecimiento de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* cultivada en forma extensiva en la laguna Suches – Tacna, desde 1996 a 2005, mediante el modelo de Von Bertalanffy

1.3.2. Específicos

- Determinar los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy, de la trucha “arco iris” cultivada en la laguna Suches.
- Determinar la tasa de crecimiento mensual en longitud y peso, de la trucha arco iris de la laguna Suches
- Encontrar la ecuación de la relación longitud-peso y factor de condición de la trucha cultivada en la laguna Suches.

1.4. HIPÓTESIS

La formulación de Von Bertalanffy es aplicable para la determinación del crecimiento de la trucha cultivada en forma extensiva en la laguna Suches-Tacna

1.4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables independientes : Edad (años)

Variables dependientes : Peso (g) y Longitud (cm)

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES

De acuerdo a la concesión otorgada a la Empresa Comunal Huaytire, según la Resolución Directorial N° 011 – 92 – PE/DNA (92/12/30) MIPE –LIMA, para efectuar la crianza extensiva de truchas en la laguna de Suches – Tacna, la Empresa periódicamente siembra alevinos de trucha con la finalidad exclusiva de mantener el equilibrio de la población piscícola en el ambiente acuático y no generar colapsos biológicos en el sistema acuático. Previamente a las actividades de repoblamiento se realizaron estudios limnológicos para determinar la cantidad recomendable de alevinos a sembrar; Sin embargo, en los últimos años a venido disminuyendo los volúmenes de cosecha, mientras que la cantidad de alevinos sembrados se ha mantenido en forma casi constante a lo largo de todos los años.

2.2. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

2.2.1. Clasificación Sistemática

La trucha es una especie muy estudiada, cuya clasificación taxonómica de acuerdo a ROBERT Y SHEPHERD (1980) es la siguiente:

Reino	:	Animalia
Phylum	:	Chordata
Subphylum	:	Vertebrata
Super clase	:	Piscis
Clase	:	Osteichthyes
Sub clase	:	Teleostei
Orden	:	Clupeiformes
Familia	:	Salmonidae
Sub familia	:	Oncorhynchus
Género	:	Oncorhynchus
Especie	:	<u>Oncorhynchus mykiss</u>
Nombre común	:	Trucha arco iris

2.2.2. Origen y distribución geográfica

La trucha arco iris ***Oncorhynchus mikiss*** es un salmónido procedente de los ríos de la costa oeste de EE.UU, como el río Sacramento, California. Su zona de distribución natural se encuentra desde el norte de México (Baja California) hasta el río Kuskowin en Alaska, (DEDRIÑANA, 1995).

Actualmente la trucha es la más ampliamente distribuida en todos los lugares del mundo en donde las aguas frías y cristalinas permiten su aclimatación, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur.

En el Perú, la trucha arco iris fue introducida en el año 1926 a la sierra central por la Empresa Cerro de Pasco Copper Corporation, importándose desde U.S.A., por vía marítima, 200 000 ovas fértiles, con resultados poco favorables, lográndose una supervivencia de solo 700 alevinos. Posteriormente, un segundo lote de 200 000 ovas, logró una supervivencia de 50 000 alevinos, habilitándose un criadero de trucha en La Oroya-Junín, (DEDRIÑANA, 1995).

2.2.3. Hábitat

La Trucha es una especie dulceacuícola de aguas frías, transparentes y frescas, ambientes donde exista la oxigenación suficiente; prefiere los ríos cuyos cursos mantienen pendientes moderadas y fondo arenoso pedregoso. También se les encuentra en lagos, lagunas y represas, libres de contaminación, zonas características de nuestra serranía.

En nuestro país por lo general se encuentra diversos cuerpos de agua lénticas y lólicas, en altitudes superiores a 3 000 m.s.n.m. y donde la permanencia y supervivencia de esta especie requiere que la temperatura del agua se encuentre entre los 5 a 18 °C aunque toleran temperaturas mayores o menores a las mencionadas, (CACHAFEIRO, 1995).

Es indispensable que exista una relación directa entre la temperatura del agua y el oxígeno disuelto en ella, por cuanto en su hábitat la trucha necesita que aquella contenga un regular o elevado oxígeno disuelto para vivir normalmente, (ENCINAS, 1995).

2.2.4. Alimentación natural

La trucha es una especie esencialmente carnívora, la alimentación en ambiente natural es carnívora e insectívora, ya que se alimenta de insectos acuáticos en su mayoría de moluscos y crustáceos.

El alimento lo obtiene por medio de la vista, la cual es bastante desarrollada ayudado por el órgano olfato y gusto, (OGAWA, 1997).

2.2.4.1. Productividad primaria de la laguna Suches

Fitoplancton

El fitoplancton ostenta una mayor diversidad específica y mayor número de individuos que el resto de grupos de organismos acuáticos de la Laguna Suches.

La densidad de los organismos fitoplanctónicos es mucho más alta que la de otros organismos acuáticos ya que representan más o menos el 95%

del total de organismos presentes en la laguna pero la biomasa fitoplanctónica es mucho menor en comparación con la de los organismos animales.

El fitoplancton de la Laguna Suches está representada por especies pertenecientes a tres divisiones taxonómicas: Cyanophyta, Crisophytas y Chlorophytas.

Así tenemos que las Cyanophytas se encuentran en mayor cantidad con un promedio de 62 469 786 células/litro, que representan el 97,7% del total del fitoplancton; las Crisophytas ocupan un segundo lugar, con un promedio de 1 087 397 células/litro haciendo el 1,09%; y, por último, las Chlorophytas con un promedio de 355 500 células/litro representando únicamente el 0,55% del total de organismos fitoplanctónicos.

Los géneros más representativos de la Crisophytas son la Pinnularia con un promedio de 224 387 células/litro seguido de Frustulia, con 154 133 células/litro, Synedra con 140 800 células/litro, Pleurosigma con 130 350 células/litro. El resto de géneros no sobrepasan los 100 000 células/litro mas aún algunos son esporádicos, presentándose ocasionalmente.

Dentro de la división Chlorophyta los géneros más representativos son Pediastrum, que reporta un promedio de

114 800 células/litro; seguido por *Staurastrum*, con 59 100 células/litro; el *Scytonema* con 52 400 células/litro; *Cladophora* y *Coleastrum* con 22 400 células/litro y 10 200 células/litro, respectivamente.

Las Cyanophytas se presentan en mayor número de células en relación a las otras divisiones taxonómicas, aunque no en diversidad específica. Se ha determinado un promedio de 50 622 573 células/litro para *Microcystis* sp; seguido por la *Gomphosphaeria* con 11 706 580 células/litro y por último *Anabaena* con 140 633 células/litro (CCOPA, 1997).

2.2.4.2. Productividad secundaria de la laguna Suches

Zooplankton

El zooplankton de la Laguna Suches está compuesto esencialmente por organismos pertenecientes a la clase Crustácea. Ocasionalmente se encuentran también insectos del género *Chironomus*.

Dentro de los Crustáceos están presentados diversos grupos taxonómicos, tales como: Copépodos, Cladóceros, Anfípodos y Ostrácodos; todos ellos en cantidades bastante variables, conforme se puede apreciar en el Anexo N° 04.

Los Copépodos encontrados pertenecen a los géneros Cyclops y Calanus; los Cladóceros (pulgas de agua), al género Daphnia; los Anfípodos al género Gammarus y los Ostrácodos al género Cypris (CCOPA, 1997).

Densidad zooplanctónica:

Los anfípodos presentan una variación mensual acentuada reportándose un mayor número de organismos en enero con 37 organismos/litro seguido de junio con 12 organismos/litro, 04 organismos/litro se reportan para febrero (Ver Anexo N° 04).

La fluctuación mensual de la densidad poblacional de los copépodos zooplanctónicos se presenta en el Anexo N° 04 reportando para los cuatro primeros meses una variación en descenso desde los 2264 organismos/litro hasta 329 organismos/litro, para los dos meses siguientes diciembre y enero su variación es en forma ascendente de 689 organismos/litro a 1 813 organismos/litro. Febrero y marzo presentan una fluctuación en forma ascendente arrojando 203 organismos/litro hasta los 811 organismos/litro, los cuatro últimos meses presentan una fluctuación variada que va desde los 220 organismos / litros hasta los 795 organismos/litro

Los Ostrácodos sólo reportan un número de 04 organismos/litro (diciembre).

Los Cladóceros (llamados comúnmente pulgas de agua) reportan una fluctuación mensual variada presentándose esta en los 04 primeros meses, 470 organismos/litro hasta 12 organismos/litro, marzo y abril presentan una densidad en forma ascendente con 07 organismos/litro hasta los 573 organismos/litro, Los tres últimos meses sólo se presentan 44 organismos/litro (junio). (Ver Anexo N° 04).

La composición del zooplankton según categorías taxonómicas de la laguna Suches, de todos los grupos el que predomina en su densidad poblacional son los Copépodos con un número promedio de 916 organismos/litro, le siguen los grupos como Cladóceros con un promedio 87 organismos/litro, Anfípodos con 06 organismos/litro, Ostrácodos con 03 organismos/litro insectos con 02 organismos/litro.

En conclusión, afirmamos que los crustáceos ocupan el 99,73% del resto de los organismos zooplanctónicos seguido por los insectos con 0,19% y por último otros insectos ocupan 0.98% organismos/litro (CCOPA, 1997).

Biomasa zooplanctónica

En el Anexo N° 05, se expone la biomasa zooplanctónica según categorías taxonómicas y haciendo la comparación con la densidad poblacional zooplanctónica éstas presentan una variación acentuada.

En el Anexo N° 05 la fluctuación mensual de la biomasa de los copépodos zooplanctónicos arrojan un peso máximo de 0,869 g/l (agosto) descendiendo esta en noviembre hasta los 0.1347 g/l En diciembre se presenta un ascenso moderado de la biomasa haciendo 0,2924 g/l, en enero la biomasa reporta 0.7927 g/l, para el mes de febrero la biomasa zooplanctónica de los copépodos desciende acentuadamente reportándose solamente 0,0884 g/l. Para los últimos 5 meses la biomasa se presenta en forma variada.

Los ostrácodos zooplanctónicos presentan la biomasa más baja en todo el período de estudio arrojando esta un peso de 0,0002 g/l.

Los Chironómidos zooplanctónicos muestran una variación ligera y moderada ya que arroja un peso de 0,3386 a 0,3362 g/l (noviembre, diciembre y febrero).

Los copépodos son los que aportan con mayor cantidad de biomasa arrojando un promedio de 0,37395 g/l seguido por los anfípodos con 0,15392 g/l, cladóceros con 0,01118 g/l, Chironómidos 0,08445 g/l y por último los Ostrácodos reporta 0,00002 g/l. La biomasa zooplanctónica promedio anual para la Laguna Suches se estima en 0,52352 g/l.

Finalmente concluimos que los crustáceos aportan la mayor cantidad de biomasa zooplanctónica pues arrojan un 86,4% del total de la biomasa, seguido por los Chironómidos con 13,5% (CCOPA, 1997).

2.2.5. Reproducción

La Trucha "Arco Iris" alcanza la madurez sexual entre los 2 y 3 años de edad, y desova una vez al año, generalmente entre los meses de Abril a Septiembre, (DIREPRO, 2001).

La trucha como todos los salmónidos, remonta las corrientes para desovar en las partes altas de los ríos de agua clara y limpias donde construyen sus nidos en áreas poco profundas y con fondo de arena y grava, en los que la hembra deposita las ovas que luego son fecundadas por el macho.

El tiempo de incubación está en función de la temperatura del agua, puede fluctuar entre 20 a 35 días, luego eclosionan y dan lugar a larvas provista de unas bolsas abdominales, denominadas sacos vitelinos, que le provee de sustancias alimenticias hasta que estén en capacidad de obtener su propio alimento. Cuando se produce la reabsorción completa del saco vitelino, se les denomina alevinos, luego bajan río abajo a cumplir su ciclo biológico, (RUBIN, 1979).

2.2.6. Crianza extensiva en lagunas

Una laguna es un ambiente capaz de generar alimento natural en toda su superficie. Este alimento, aprovechado por las truchas para su crecimiento y desarrollo, permite alcanzar tallas comerciales con costos razonables o comparativamente reducidos. Las características de las lagunas con posibilidades de ser utilizadas en forma permanente o temporalmente para la cría de truchas son diversas y diferentes, pero en todos los casos deben permitir su desarrollo durante un período de tiempo suficiente para su crecimiento (CHIODO, 1998).

En la mayoría de los países, desde las primeras décadas de este siglo, se registra la introducción de salmónidos y su liberación en ambientes naturales, iniciando una muy larga historia de producción extensiva en ambientes naturales (lagos y ríos) con fines recreativos. Esta etapa de producción extensiva - estatal de truchas tiene un claro objetivo socioeconómico, contar con poblaciones naturales de valor para la pesca. El objetivo se cumple en su faz técnica (aclimatando especies) y en su faz económica (motivando importantes ingresos en varias subregiones) con especies de salmónidos de agua dulce (Trucha Arco Iris, Trucha Marrón y otras de menor relevancia regional).

Una segunda etapa, cuyo origen incipiente suele encontrarse entre mediados de los sesenta y los setenta, se inicia al aparecer los primeros productores privados dedicados al cultivo intensivo

de truchas con fines comerciales. Las pisciculturas estatales asumen una posición de asistencia, proveyendo insumos, tecnología y recursos humanos.

Para explicar un poco sobre el cultivo de Truchas en Lagunas utilizaremos en particular el caso de la Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). En general, las ventajas que ofrece la Trucha Arco Iris para su cultivo, pueden resumirse en tres aspectos: 1. tiene mercado, 2. se ha adaptado perfectamente al manejo de las lagunas más diversas y 3. hay semilla disponible.

La densidad de carga es baja, siendo la intervención del hombre mínima generalmente limitada al poblamiento y extracción (DIREPRO, 2001).

2.2.7. Temperatura del agua

La temperatura del agua es uno de los factores importantes a tener en cuenta en la explotación de un ambiente. La relación entre temperatura y altitud determinan la capacidad del agua en cuanto al oxígeno que es capaz de retener. El nivel de oxígeno es la limitante principal que puede tener una laguna para su explotación como ambiente productor de truchas.

Los rangos entre los cuales se considera que una trucha puede mantenerse con vida (Truchas Arco Iris), desde el punto de congelación hasta los 25°C, deteniéndose el crecimiento debajo

de los 4°C, e ingresando en un área de extremo peligro a partir de los 20°C en adelante. A diferencia de lo que ocurre en un lago, en una laguna no suelen presentarse diferencias marcadas de temperatura en sus aguas. En las lagunas que se congelan superficialmente, las truchas se mantienen en perfecto estado por debajo de la capa de hielo.

En cuanto a temperaturas altas extremas, ha sido posible registrar en una laguna pequeña, a 800 metros sobre el nivel del mar con 26 °C en el agua, los peces (de 240 a 260 gramos) no presentaban los síntomas típicos de asfixia y la mitad había detenido su alimentación, mientras la otra mitad continuaba comiendo normalmente, según se verificó posteriormente en el análisis del contenido estomacal e intestinal de una submuestra.

La producción en ambientes donde la temperatura del agua oscile entre los 20 °C y los 25 a 27 °C se estima que es una experiencia no recomendable para el productor que aspire a mantener una explotación rentable. El rango térmico anual, suele no ser importante en la producción intensiva de truchas, ya que en definitiva, cuando se trabaja en un lago o río con condiciones entre aceptables y buenas, la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas no es tan marcada. Una laguna, a diferencia de esos otros ambientes, está más expuesta a la influencia de la temperatura ambiente la cual puede registrar en algunas zonas, saltos sumamente pronunciados (CHIODO, 1998).

2.2.8. Viento

El viento es un factor a considerar en muchos casos en el cultivo de truchas en lagunas, sin importancia en otros tipos de sistemas productivos. El viento tiene efectos directos sobre el ambiente y afecta las operaciones que es necesario realizar en una explotación extensiva.

En los ambientes de llanura y en los cordilleranos expuestos al viento, éste condiciona en forma directa la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, suele ser responsable de la remoción de partículas del fondo (provocando turbidez) y actúa acelerando los cambios de temperatura del agua provocada por la temperatura ambiente. A su vez, tiene un efecto directo sobre el balance hídrico de las lagunas, a través de la evaporación (CHIODO, 1998).

2.2.9. Oxígeno (O₂)

Aportan oxígeno a una laguna, las plantas acuáticas (de día), el viento y en algunos casos los afluentes. Lo consumen, las truchas, otros peces y seres vivos, las plantas (días nublados y noche) y la materia orgánica en descomposición. En la producción intensiva de truchas se recomienda que el contenido de oxígeno en el agua no sea inferior a los 8 mg/l, (el mínimo tolerable es 5 mg/l) razón por la cual las temperaturas por encima de los 20°C resultan críticas (Cuadro N° 01) (CHIODO, 1998).

00443

Cuadro N° 01 Saturación de oxígeno del agua dulce a varias temperaturas

Temperatura	Oxigeno Disuelto	Temperatura	Oxigeno Disuelto
°C	p.p.m.	°C	p.p.m.
0	14,30	13	10,38
1	13,92	14	10,15
2	13,57	15	9,96
3	13,20	16	9,76
4	12,22	17	9,55
5	12,52	18	9,35
6	12,21	19	9,16
7	11,91	20	9,00
8	11,62	21	8,82
9	11,33	22	8,67
10	11,10	23	8,41
11	10,83	24	8,36
12	10,61	25	8,22

Fuente: CHIODO (1998).

2.2.10. Evaluación de una Laguna

El objetivo principal de evaluar una laguna es establecer cuántos kilos/hectárea/año de pescado será capaz de producir ese ambiente. En el proceso de manejo de una laguna este primer dato es importante ya que en base a él se ha de diseñar el programa de producción. A partir de la primera cosecha, el productor podrá ir ajustando el manejo para optimizar el rendimiento por hectárea (CHIODO, 1998).

Lo incipiente del cultivo de la trucha en laguna hace que sea mucho lo que queda por saber. Determinadas situaciones aún deben ser resueltas con herramientas que "a priori" sabemos que son imperfectas.

Para estimar la capacidad de producción de una laguna. A partir de algunas similitudes entre las lagunas y los estanques para la cría de peces, en cuanto al alimento disponible en el ambiente, es posible utilizar el método de Leguer y Huet para la determinación de la productividad natural de las lagunas.

El método, desarrollado para ser usado en estanques, si bien sólo da valores aproximativos, es útil si se tiene en cuenta que es rápido y barato. De hecho, su mérito principal es que empuja a la observación de un ambiente para percibir sus características y definirlo como pobre, moderado o productivo, para lo cual aporta un marco de referencia apropiado. El Método de Leguer y Huet, que se puede aplicar para todo tipo de peces, se desarrolla sólo en cuanto a su utilidad para la evaluación de lagunas.

Formula de Leguer y Huet: $K = (Na / 10) \times B \times k$

donde:

K = Productividad anual de la laguna en kilogramos

Na = Superficie en áreas de la laguna

B = Capacidad biogénica

k = Coeficiente de productividad

Sobre el término, Na, superficie en áreas de la laguna, debemos recordar que 1 área es igual a 100 m². Por lo tanto 1 hectárea es igual a 100 áreas. Si estamos evaluando una laguna de 250

hectáreas el término Na, que debe ser expresado en áreas, tendrá un valor de 25 000 (250 hectáreas x 100 áreas por hectárea).

La capacidad biogénica, B, es un número del 1 al 10 que expresa el valor nutritivo del agua para un pez. El productor deberá establecer el valor de B" asignando puntaje, de 1 a 10, a la mayor cantidad posible de ítems del Cuadro N° 02.

El promedio de los valores asignados a los ítems es el valor de B y a grandes rasgos indica si estamos frente a aguas ricas, pobres o moderadas. En cuanto a su capacidad de generar alimento útil para las truchas, para lo cual el Cuadro incluye referencias particulares para el caso de los salmónidos.

El coeficiente k surge de multiplicar los subíndices del Cuadro N° 03

Aplicada la fórmula y obtenido un resultado se aprecia si el ambiente que se está evaluando es muy productivo, poco productivo o de calidad intermedia.

La evaluación de una laguna también puede ser realizada por medios acústicos (ecosonda) combinados con capturas. El método permite estimar la cantidad de peces, en kilogramos, en el ambiente, valor que se supone es posible mantener en ese ambiente en el futuro. El método requiere de personal especializado en este tipo de evaluaciones (CHIODO, 1998).

Cuadro N° 02. Capacidad biogénica de una laguna, observación de sus características

	CARACTERÍSTICAS DE "B" (CAPACIDAD BIOGENICA DEL AMBIENTE)		
	AGUAS RICAS	AGUAS MEDIAS	AGUAS POBRES
VALOR PARA LA FORMULA	10, 9, 8, 7	6, 5, 4	3, 2, 1
BIOLOGICAS			
1.- Hidrofitas	Abundante	Poco abundante	Escasa, nula
2.- Macrofitas	Franja perimetral cubierta totalmente	Franja perimetral cubierta parcialmente	Franja perimetral cubierta con distribución rala
3.- Palustres (superficie)	15 a 20%	5 a 15%	1 a 5%
4.- Vegetación Flotante	Abundante	Poco abundante	Escasa
5.- Plancton	Abundante	Poco abundante	Escaso
7.- Detritus	Presente Suficientemente abundante	Presente Suficientemente abundante	Escasos o excesivos
FISICAS			
8.- Temperatura	70 %	30 a 70 %	0 a 30 %
9.- Luz	100 %	50 %	Sombreado
10.- Transparencia del agua	Media	Total	Turbidez total o parcial
11.- Disco de Secchi	0,5 metros	Hasta el fondo	Hasta el fondo
12.- Color	Verdoso	Azulado	Barroso
13.- Fondo	Estable	Medio	Inestable
14.- Profundidad	Escasa	Media	Alta
15.- Cieno	Orgánico de calidad	Orgánico pobre	Inorgánico
QUÍMICAS			
16.- Sales Minerales disueltas	Más que suficientes	Apenas suficientes	Insuficientes
17.- Sustancias tóxicas	No	No	Presentes
MECÁNICAS			
18.- Recambio de agua	Equilibrado	Más que suficiente	Excesivo

Fuente: CHIODO (1998).

Cuadro N° 03. Coeficiente “k”, valores para su cálculo

$k = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$			
$k_1 =$	$k_2 =$	$k_3 =$	$k_4 =$
Temperatura anual media	Acidez o alcalinidad del agua (Ver pH)	Especie	Edad de los peces
10 °C = 1,0	Aguas ácidas = 1,0	Peces de agua fría = 1,0	Más de 6 meses = 1,0
16 °C = 2,0	Aguas alcalinas = 1,5		Menos de 6 meses = 1,5

Fuente: CHIODO (1998).

2.2.11. Producción Extensiva de Truchas

El alimento natural es la base de la producción extensiva de truchas, este tipo de alimento puede estar disponible en ambientes naturales (lagos, lagunas, ríos), y ambientes artificiales (estanques). La cantidad de alimento natural necesaria como para logra una producción rentable de truchas no se obtiene en cualquier tipo de ambiente. Las lagunas y los estanques tienen la particularidad de producir alimento natural. De hecho, la única diferencia real entre una laguna y un estanque para la producción de peces, desde el punto de vista biológico de sus aguas, es el origen del ambiente. Una laguna tiene la ventaja de no requerir de inversión inicial para su construcción, como en el caso de un estanque y una desventaja: no poder vaciar el ambiente, con lo cual algunas tareas, como la cosecha, resultan más complejas y menos eficientes (CHIODO, 1998).

2.2.12. Producción con fines comerciales

La producción extensiva de truchas en lagunas consiste en utilizar y mejorar el alimento natural disponible en ese ambiente para convertirlo en un volumen suficiente de peces por unidad de superficie (kilogramos/hectárea/año) que, de acuerdo a los precios de mercado, permita una rentabilidad acorde a la inversión y a los gastos de producción.

A diferencia de otras modalidades de piscicultura, más cercanas a otros sectores económicos (la pesca, los alimentos, o la industria a través de técnicas altamente intensivas del cultivo de peces), el cultivo extensivo en lagunas, se acopla a la producción agropecuaria.

La explotación de una laguna incluye aspectos como la propiedad del agua, el derecho de acceso y de circulación y la capacidad de realizar asentamientos en la periferia del ambiente, todos los cuales son propios de la producción agropecuaria y de la relación del productor con la misma.

Un operador natural de una laguna puede ser un productor agropecuario. Este productor que desea iniciar la explotación de una laguna posiblemente deba realizar una inversión inicial relativamente baja, por no precisar de nuevas construcciones, por contar con movilidad y satisfacer una parte importante de los

requerimientos de mano de obra con la fuerza de trabajo disponible.

Un segundo operador capaz de iniciar la explotación de estos ambientes son las cooperativas o comunidades de pescadores de aguas continentales, que ya operan en este tipo de ambientes. En estos casos se hace necesario un cambio en el tipo de actividad del grupo que muchas veces es difícil, pasando de una "cultura" extractiva a una productiva. En este caso el mecanismo para acceder al agua se concreta a través de la autorización y/o concesión para explotación de ese ambiente léntico (CHIODO, 1998).

Un tercer grupo de potenciales productores extensivos de truchas lo constituyen las empresas del sector de la piscicultura tradicional y los piscicultores profesionales que, por su capacidad en el manejo de peces, están en condiciones de incursionar con éxito a esta nueva forma de producción.

Las empresas que aspiren a manejar cierto volumen de producción deberán establecer acuerdos con los propietarios de los ambientes, compartiendo beneficios.

2.3. CRECIMIENTO

2.3.1. Definición de crecimiento

El crecimiento es el cambio de la masa corporal a través del tiempo y es el resultado neto con tendencias opuestas. Uno de estos procesos comprende el incremento de la masa corporal y se conoce como anabolismo. El otro proceso se refiere al decremento de la masa corporal como resultado de la degradación. Este proceso es conocido como catabolismo (TRESIERRA, 1995).

$$\frac{dw}{dt} = Hw^n - Kw^n$$

Donde:

$\frac{dw}{dt}$: es la tasa de crecimiento

W : es el peso corporal

H y K : son los coeficientes de anabolismo y catabolismo

El crecimiento puede ser considerado como un aumento en el tamaño, Sin embargo, se trata en realidad de un concepto mucho más complejo en relación directa con muchos factores, comprendiendo desde los mínimos cambios de parámetros fisicoquímicos del agua hasta los complicados resultados de los procesos químicos de la nutrición. El crecimiento es el resultado directo de las fuerzas químicas, osmótica, etc., por los cuales la

materia es introducida en el organismo y transportada a todas partes del organismo (ROUNSEFELL et al, 1960).

2.3.2. Tipos de crecimiento

De acuerdo a las proporciones corporales que se presentan durante la vida de los organismos, el crecimiento puede ser Isométrico o Alométrico.

2.3.2.1. Crecimiento isométrico

Lo presentan los organismos cuyas proporciones corporales se mantienen iguales y en ellos se cumple que:

$$w = a * L^3$$

Donde:

w : es el peso corporal
a : es la constante
L : es la longitud corporal

2.3.2.2. Crecimiento alométrico

Un organismo presenta crecimiento alométrico si las proporciones corporales cambian durante su vida. En este caso el peso no es el cubo de la longitud sino (TRESIERRA, 1995):

$$w = a * L^b$$

Donde:

b : es valor diferente de 3

- w : es el peso corporal
- a : es la constante
- L : es la longitud corporal

2.3.3. Crecimiento de trucha en otras latitudes

En un estudio de distintas poblaciones de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*, en las lagunas Esquel, Brecham y Zeta, estas se encuentran en la precordillera y lago Musters que se encuentra en la planicie de patagónica. En esta investigación la edad fue leída en escamas colectadas entre los meses de mayo de 1983 y marzo 1985 (LAFARGA et al, 1985) (Cuadro N° 04).

Cuadro N° 04. Longitudes (cm) encontradas a una determinada edad en lagos y lagunas de Argentina.

Edad (años)	Esquel	Musters	Brecham	Zeta
1	19,94	19,64	23,24	29,04
2	30,40	31,40	34,56	44,51
3	37,65	40,65	-	66,67
4	43,43	48,50	-	-
5	49,35	55,80	-	-

Fuente: LAFARGA (1985).

2.4. MODELO SIMPLIFICADO DE CRECIMIENTO

El presente estudio utiliza la formulación de Von Bertalanffy que es un modelo clásico de estudio de crecimiento, ampliamente aplicado en recursos acuáticos, en la actualidad es uno de las piedras angulares de la biología pesquera. El modelo expresa la talla o longitud en función de la edad del pez (TRESIERRA, 1995).

La teoría de crecimiento, según Von Bertalanffy puede explicarse mediante un modelo grafico (Figura N° 01).

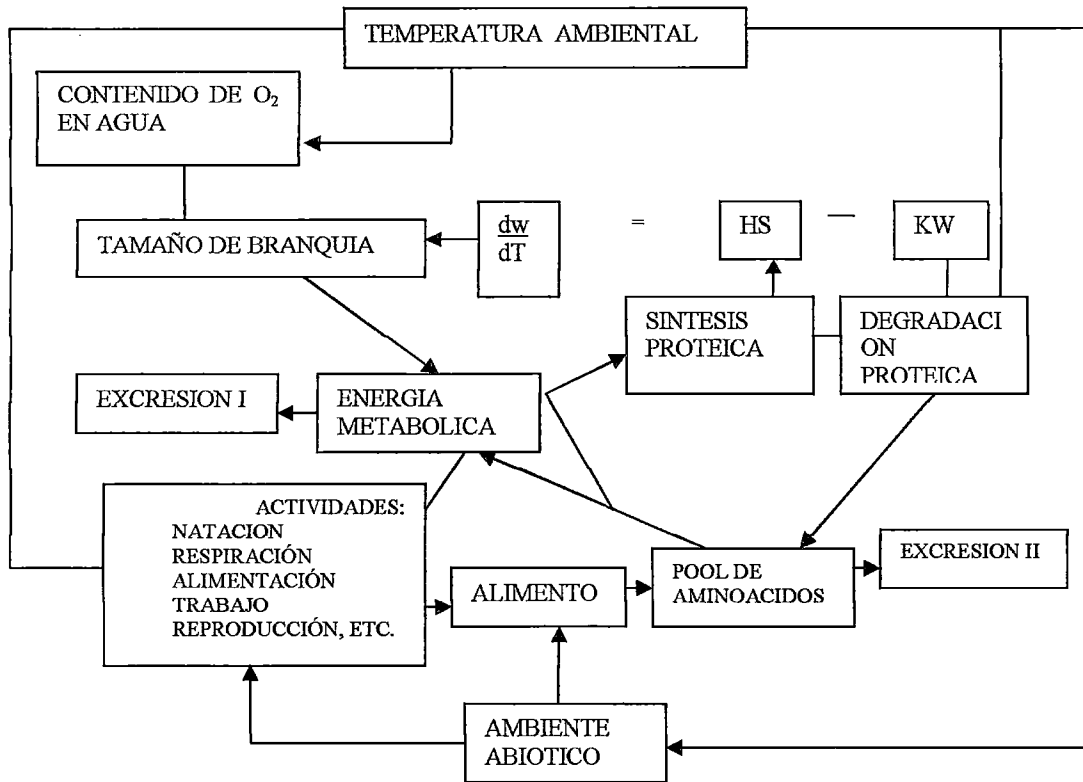


Figura N° 01: Modelo Gráfico de la teoría de crecimiento según Von Bertalanffy

Un pez ingiere alimentos que son asimilados, al degradarse hasta aminoácidos pasan a formar el pool de aminoácidos. Parte de estos aminoácidos son quemados y la energía química obtenida se usa para la síntesis de las proteínas propias, la materia prima o material de construcción se obtiene del pool de aminoácidos y la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación de las sustancias. Un suministro óptimo de oxígeno necesario da como resultado una

síntesis de una máxima cantidad de masa corporal, al contrario de un deficiente suministro de oxígeno limitará la tasa de síntesis y parte de aminoácidos del pool, se excretarán por los riñones y las branquias.

Una parte del oxígeno y las proteínas se usan para elaborar productos gonadales, los que son depositados en el exterior cuando el pez alcanza la edad o la talla de madurez sexual. Luego, este proceso se repite periódicamente.

Conforme aumenta el tamaño de las branquias, aumenta la cantidad de oxígeno que puede penetrar en el cuerpo del pez por unidad de tiempo. Sin embargo, el peso corporal aumenta más rápido que la superficie, luego el suministro de oxígeno por unidad de peso corporal disminuye conforme el peso aumenta resultando una relativamente baja energía metabólica.

De otro lado, la cantidad de sustancia corporal degradada por unidad de tiempo aumenta en proporción directa al peso corporal y el crecimiento del pez llega a un punto en el que la síntesis casi se equipara a la degradación, llegando a un tamaño asintótico, (TRESIERRA, 1995).

2.4.1 Fundamento fisiológico y la formulación

Ludwing Von Bertalanffy consideró a un organismo como un sistema químico que reacciona y obedece a la ley de la acción

de las masas. Agrupa los procesos fisiológicos de la biomasa de un organismo en cualquier tiempo en dos procesos:

- a. Procesos catabólicos: Son los que tienen que ver con la degradación, la destrucción de las sustancias y por ende con su reducción.
- b. Procesos anabólicos: Son los que tienen que ver con la síntesis de sustancias corporales.

$$\frac{dw}{dt} = H W^n - K W^m$$

Donde:

H : es el coeficiente de anabolismo

k : es el coeficiente de catabolismo

$\frac{dw}{dt}$: es la tasa de crecimiento en peso

n y m : son las potencias

Von Bertalanffy trabaja en el desarrollo de su fórmula dando a **n** un valor de 2/3 y a **m** un valor de 1, entonces puede tomarse las equivalencias de peso elevado a 2/3 es igual a la longitud al cuadrado o la superficie y el peso elevado a 1 es el peso corporal:

$$\frac{dw}{dt} = HS - KW \quad (1)$$

Donde:

S : es la superficie

W : es la masa o peso

Expresando la superficie y el peso en longitud:

$$\begin{aligned} S &= pL^2 & W &= qL^3 \\ dW &= 3L^2q dL & & \quad (2) \end{aligned}$$

Donde:

q y p : son constantes de proporcionalidad

Como se puede observar se trabaja sólo para el caso de crecimiento isométrico.

Reemplazando (2) en (1)

$$\frac{3L^2q dL}{dt} = HpL^2 - KqL^3 \quad (3)$$

Desarrollando (3)

$$\frac{dL}{dt} = \frac{HpL^2}{3L^2q} - \frac{kqL^3}{3L^2q}$$

Simplificando L^2 y q

$$\frac{dl}{dt} = \frac{Hp}{3q} - \frac{KL}{3} \quad (4)$$

Si

$$E = \frac{HP}{3q} \quad \text{y} \quad K = \frac{k}{3} \quad (5)$$

Reemplazamos (5) en (4)

$$\frac{dl}{dt} = (E - KL) \quad \text{es una ecuac. de variable separable}$$

Arreglando y integrando

$$\int_{L_0}^L \frac{dL}{E - KL} = \int dt$$

Cambio de variable

$$u = E - KL$$

$$du = -KdL$$

$$\frac{du}{-k} = dL$$

$$\int_{L_0}^L \frac{du}{-Ku} = \int dt$$

$$\frac{-1}{K} \int_{L_0}^L \frac{du}{u} = \int dt$$

$$\frac{-1}{K} \ln u \Big|_{L_0}^L = t$$

$$\frac{-1}{K} \ln(E - KL) \Big|_{L_0}^L = t$$

$$\ln(E - KL) \Big|_{L_0}^L = -kt$$

$$\ln(E - KLt) - \ln(E - KL_0) = -kt$$

$$\ln_e \frac{(E - KLt)}{(E - KL_0)} = -kt$$

$$e^{-kt} = \frac{(E - KLt)}{(E - KL_0)}$$

$$(E - KL_0) e^{-kt} = E - KLt$$

RECORDANDO:

$$\int \frac{du}{u} = \ln u$$

$$\ln \frac{a}{b} = La - Lb$$

$$\log_a b = c$$

$$a^c = b$$

$$K L_t = E - (E - KL_o) e^{-kt}$$

$$L_t = \frac{E}{K} - \left(\frac{E}{K} - L_o \right) e^{-kt}$$

Si: $t \rightarrow \infty$

$$L_t = \frac{E}{K}$$

$$\frac{E}{K} = L_\infty$$

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - L_o) e^{-kt} \dots\dots\dots \text{(I)}$$

Si ; cuando $t = t_0$ $L_o = 0$ (para hallar L_o)

$$0 = L_\infty - (L_\infty - L_o) e^{-k t_0}$$

$$(L_\infty - L_o) e^{-k t_0} = L_\infty$$

$$L_\infty - L_o = \frac{L_\infty}{e^{-k t_0}}$$

$$-L_o = -L_\infty + e^{+k t_0} L_\infty$$

$L_o = L_\infty - e^{+k t_0} L_\infty$	----- (II)
--	------------

Reemplazando (II) en (I):

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - [L_\infty - e^{+k t_0} L_\infty]) e^{-kt}$$

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - L_\infty + e^{+k t_0} L_\infty) e^{-kt}$$

$$L_t = L_\infty - L_\infty e^{+k t_0} e^{-kt}$$

$$L_t = L_\infty - L_\infty e^{+k t_0 - kt}$$

$$L_t = L_\infty - L_\infty e^{-k(t-t_0)}$$

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Llegamos a la formulación de crecimiento de Von Bertalanffy (FCVB) particular expresada para longitud:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Donde:

- t : es la edad
- L_t : es la longitud a una edad dada
- L_∞ : es la longitud asintótica, la longitud máxima que una especie puede alcanzar, es una constante.
- K : es una constante, es el coeficiente de crecimiento, determina la curvatura de la curva.
- t_0 : es una constante, representa el tiempo en que el pez tiene 0 (cero) de longitud

2.4.2 Ecuación de Von Bertalanffy

Este modelo matemático satisface ciertas condiciones primordiales; como por ejemplo, ser una expresión matemática coherente con el proceso biológico del crecimiento, tener una formulación que puede ser incorporada fácilmente en los modelos de dinámica de

poblaciones y de administración de recursos pesqueros y lo mas importante, que su ecuación se ajusta a la mayor parte de los datos observados de los organismos acuáticos (GULLAND, 1971).

Este modelo matemático cumple con los tres requisitos básicos (TRESIERRA, 1995):

1° Que con ella se puede calcular las longitudes y los pesos en cualquier tiempo dado.

2° Que ella permita obtener valores calculados de longitud y pesos que estén acordes con los valores observados.

3° Es posible de incorporar esta ecuación a fórmulas que estimen rendimiento.

La ecuación de crecimiento de Von Betalanffy es la siguiente:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Donde:

t : edad

L_t : longitud del organismo a la edad t

L_{∞} : longitud máxima, cuando t_{∞}

K : Constante, conocida como coeficiente de crecimiento

t_0 : Constante que representa la edad que debe tener el organismo para que su longitud sea igual a cero.

2.5 ESTRUCTURA DE POBLACIÓN POR TALLA Y EDAD

La composición de edad de una población debe ser necesariamente conocida para una administración efectiva de la misma. El conocimiento adecuado de los peces es indispensable para solucionar ciertos problemas de su biología, tales como longevidad, tasa de crecimiento y edad en la madurez sexual o en la puesta, existen tres métodos generales para determinar la edad de los peces.

2.5.1 Método de frecuencia de tallas

Este método se basa en el hecho de que las tallas de los peces de una edad determinada, tienden a presentar una distribución normal. La edad de los peces se determina simplemente por recuento de los máximos de la curva de distribución (ROUNSEFELL et al, 1960).

La distribución normal, se considera como grupos anuales.

2.5.2 Marcado

El mejor método para la determinación de la edad se basa en la liberación y posterior recuperación de peces marcados de edad conocida. Una vez que los peces hayan sido capturados de nuevo, no es posible exista la menor duda, comparando con los datos anteriores, respecto a la edad el ejemplar. El principal valor

de este método resulta muy caro y muy lento teniendo en cuenta el pequeño número de ejemplares que corrientemente se recuperan, (ROUNSENFELL, 1960).

2.5.3 Método de interpretación de las partes duras

La interpretación de las marcas anuales que quedan señaladas en las partes duras de los peces es el método más generalmente aceptado para la determinación de la edad. La estructura más utilizada son: la escama, otolito, espinas y estructuras óseas, tales como la vértebra, el dentario y secciones transversas de otras estructuras óseas. El método se basa en la distinta tasa de crecimiento o del metabolismo durante ciertos períodos del año, diferencias que quedan marcadas en estas estructuras. La exactitud del método dependerá de la posibilidad de interpretar dichas señales. La mayor o menor claridad con que quedan marcadas estas líneas varía con las especies y con la estructura utilizada, (ROUNSENFELL, 1960).

2.6 CURVA DE CRECIMIENTO

Para determinar la curva de crecimiento se plotea la información estimada de edad y longitud.

Los aumentos de tamaños son generalmente medidos en intervalos sucesivos de tiempo. La curva de crecimiento es la unión que nos dan la medida de los ejemplares en un momento determinado,

considerando el tiempo en el eje de las x y la dimensión (longitud, peso) en el de las y , considerando de esta forma la talla en relación con el tiempo, se nos presenta una grafica conocida como la curva del crecimiento. En realidad, cuando la talla se compara con el tiempo, lo que se examina es la velocidad con que varía la talla o, lo que es lo mismo la tasa de crecimiento (ROUNSEFELL, 1960).

2.7 TASA DE CRECIMIENTO

La tasa de crecimiento en los peces varía mucho mas que en los animales de sangre caliente. Es conocido que los peces continúan creciendo aún cuando llegan a la senectud, avanzando hacia su crecimiento límite con extrema lentitud asintóticamente.

La influencia de la temperatura es particularmente notable en los peces, por que son poiquilotermos (ROUNSEFELL, 1960).

2.8 LONGITUD Y PESO

El peso puede considerarse en función de la longitud, por la relación de ambas. Esta última es muy fácil de medir y se ve menos afectada por factores estacionales, lo más usual es medir longitudes y luego transformarlos en peso a través de la relación longitud-peso, que describe una curva potencial (BARTOLO et al, 1996)

$$Y = a X^b$$

Donde:

Y = Peso total

X = Longitud total

a = Intercepto

b = Pendiente

r = Coeficiente de correlación

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El lugar de estudio del crecimiento de la trucha fue la laguna Suches, ubicada en el anexo de Huaytire, Distrito y provincia de Candarave, región Tacna, Ambiente léntico de 1 100 Ha, a 4550,72 m.s.n.m, que tiene en concesión la “Empresa Comunal Autogestionaria de Producción, Importación Exportación y Comercialización de Truchas – Huaytire” (EMCAPIETH – TACNA) (Figura N° 02).

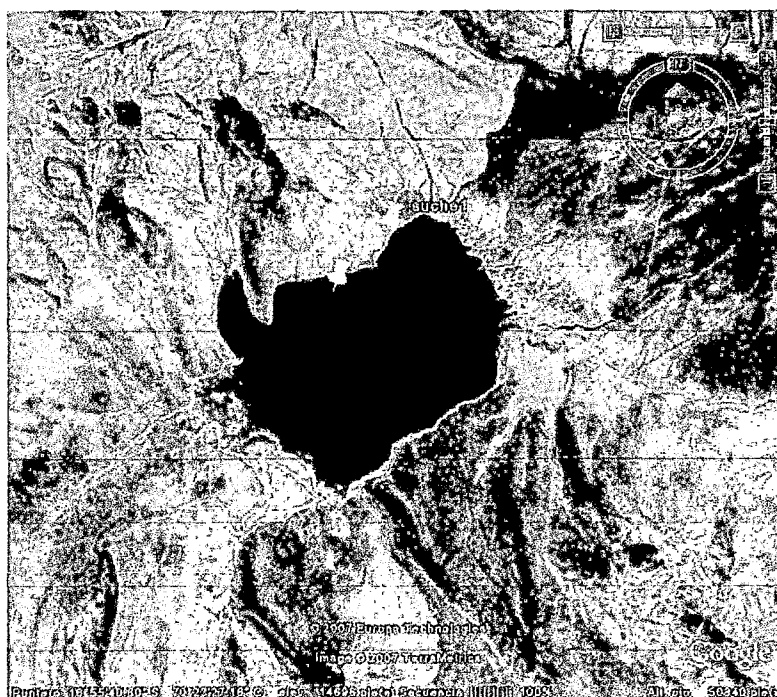


Figura N° 02. Imagen Satelital de la Laguna Suches

3.2 MATERIALES E INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

- Calculadora científica y computadora.
- Controles biométricos mensuales (peso y longitud) de trucha, cultivada en la laguna de Suches, proporcionados por la Empresa Comunal Huaytire (EMCAPIETH – TACNA), para el periodo 1996 al 2005.

3.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información se inicio desde el año 1996 hasta la actualidad. Dicha información fue registrada en formatos preestablecidos (Anexo N° 02) donde las principales variables son: longitud, peso, la cantidad de kilogramos de trucha y el número total de individuos capturados mensualmente. Estos registros fueron archivados año tras año, los mismos que han sido utilizados para el presente estudio de crecimiento comparativo de “trucha arco iris” *Oncorhynchus mykiss* de la laguna Suche desde 1996 a 2005.

3.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

3.4.1 Mensual

Para el procesamiento de la información se utilizó la hoja de cálculo Excel XP. Cada registro de información de controles biométricos fue transferido a una hoja de cálculo mensual en donde la longitud se registró en una columna en intervalos de 1cm y los pesos en las filas a la altura de cada longitud.

3.4.2 Anual

Cada registro mensual se ha agrupado anualmente haciendo coincidir para cada longitud los registros de pesos.

3.5 DETERMINACIÓN DE LA EDAD

La determinación de la edad de la trucha cultivada extensivamente en la Laguna Suches, se realizó mediante el método de frecuencia de longitudes.

A partir de la información de longitud del procesamiento de información anual, se ha graficado la distribución de frecuencias y en seguida se ha ubicado las modas presentes y mediante un ajuste visual, donde se incorporó el mayor número de frecuencias presentes; a fin de tener un resultado valedero se han trazado las curvas bimodales y posteriormente se le asignó una edad arbitraria, este método requiere un alto número de muestras puesto que en algunas distribuciones bimodales es difícil distinguir la pertenencia a un grupo anual.

Finalmente se le asigna una edad definitiva validando con las entrevistas y/o experiencias y registros de información de la edad en que fue sembrado y el tiempo transcurrido en la cosecha.

3.6 DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE VON BERTALANFFY

Para obtener la ecuación de Von Bertalanffy, primero se debe de calcular los parámetros de crecimiento que son constantes de la ecuación de Von Bertalanffy, fueron calculados a través del Método gráfico de Ford – Walford.

Según aplicación del método de Ford-Walford, se realiza un gráfico en donde en el eje de las abcisas va L_t y en el eje de las ordenadas L_{t+1} ; donde $t = 1$. Luego se determina la pendiente de la recta que es e^{-k} , y la intersección de ésta con la bisectriz (donde $L_{t+1} = L_t$), será la estimación de L_∞ .

Este se puede resolver directamente por Microsoft Excel XP, nos entrega los valores de la siguiente ecuación:

$$Y = a + bX$$

Donde:

$Y = L_{t+1}$, Longitud a una edad $t+1$

$X = L_t$, Longitud a una edad t

a = Intercepto

b = Pendiente que corresponde a e^{-k}

r = Coeficiente de correlación

Para calcular k y L_∞ se utiliza las siguientes ecuaciones, empleando las constantes de regresión lineal:

$$K = -\ln b$$

$$L_\infty = \frac{a}{1-b}$$

Donde:

L_{∞} : longitud máxima, cuando t_{∞}

K : Constante, conocida como coeficiente de crecimiento

Por otro lado, t_0 se puede estimar para cualquier par de observaciones de longitud y edad a partir de la siguiente ecuación.

$$t_0 = t + \frac{1}{k} \ln \left[\frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}} \right]$$

Así, se consideró que la mejor estimación de t_0 para todas las observaciones corresponderá al promedio de todas las observaciones parciales de t_0

3.7 CURVA DE CRECIMIENTO EN LONGITUD

Una vez que se tiene la ecuación de Von Bertalanffy se determina su correspondiente longitud empleando dicha ecuación. Esta curva de crecimiento en longitud para cada clase anual describe normalmente una curva de tipo exponencial. El crecimiento suele ser muy rápido al principio, cuando el pez es muy joven, pero se va haciendo más lento a medida que aumenta la edad y a medida que éste alcanza el tamaño o la longitud máxima que cada individuo puede alcanzar.

3.8 CURVA DE CRECIMIENTO EN PESO

De la misma forma que la curva de crecimiento en longitud primero se tiene que determinar la ecuación de Von Bertalanffy con respecto al peso. La curva de crecimiento en peso sigue en cambio un patrón diferente, ya que describe una curva del tipo sigmoideo. En las etapas muy tempranas de la vida del pez el incremento en peso es muy lento. El crecimiento se va acelerando luego, hasta desarrollar una velocidad máxima cuando el pez ha alcanzado un peso que es aproximadamente 1/3 de su peso máximo (exactamente cuando el peso total es 0,296 veces el peso máximo). Luego se produce una inflexión y el crecimiento se va haciendo más y más lento cada vez, con lo cual el pez se va acercando asintóticamente a su peso máximo.

3.9 TASA DE CRECIMIENTO

Para todos los años de estudio se ha determinado su respectiva longitud y peso para cada año de vida utilizando la ecuación de Von Bertalanffy, en seguida se ha calculado el promedio para cada longitud para los diez años y finalmente se ha usado la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta L}{\Delta T} = \frac{L(t + \Delta t) - Lt}{\Delta t}$$

3.10 FACTOR DE CONDICIÓN

Utilizando la base de datos de longitud y peso, donde esta información esta agrupado en intervalos de un centímetro de longitud con su correspondiente peso.

Esta información a sido procesada por cada año, obteniendo el factor de condición para cada longitud y finalmente se ha realizado un promedio por cada año.

Finalmente el Factor de condición se ha calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$Fc = \frac{P}{L^n}$$

El factor de condición es el que indica el bienestar de los peces. En términos generales, valores de este índice por debajo de 1, indican un crecimiento deprimido.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTRUCTURA DE POBLACIÓN POR TALLA Y EDAD

La composición aproximada de edades de la población fue estimada indirectamente a partir de la composición de tallas en los registros estudiados. Para estos efectos fue necesario asumir una distribución normal de tallas. En las Figuras N° 03; 04; 05; 06; 07 se presenta la distribución de frecuencias por clases de talla y asignación de edad, para los años de 1996 a 2005.

Asimismo, a partir de los registros de longitud y peso se han obtenido la estructura de tallas en forma anual, las mismas que fueron obtenidas a partir de la pesca con redes "agalleras" con distintos tamaños de malla. Estas redes son selectivas para truchas de tallas intermedias, es decir que tienen más probabilidad de pescar un determinado rango de talla, con probabilidad decreciente para truchas más grandes y para truchas más pequeñas (Pascual, 2001). Este efecto hace que la estructura de tallas de captura, tenga sesgo la estructura de talla de la población anual de las truchas de la laguna Suches, para todo los años.

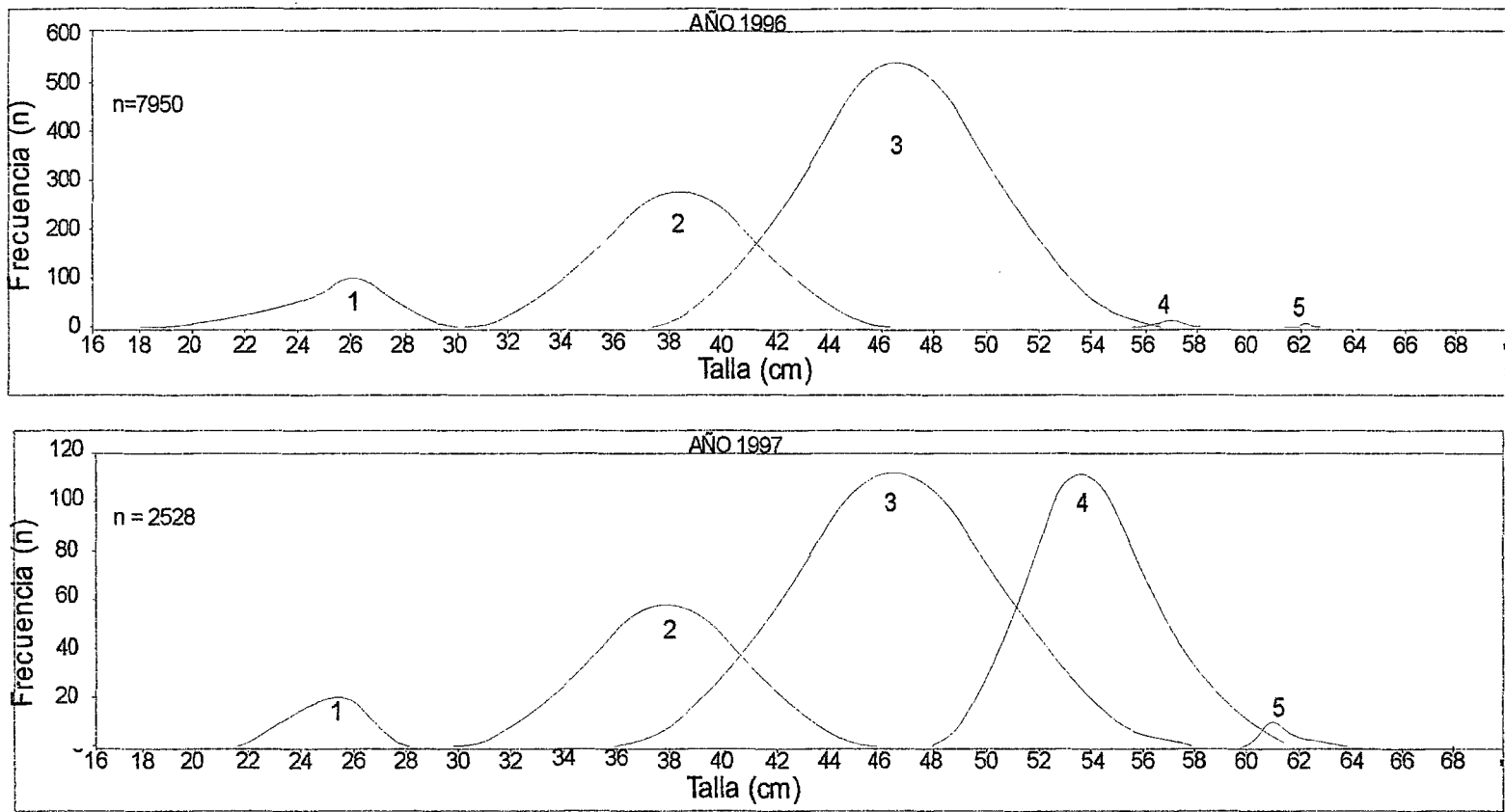
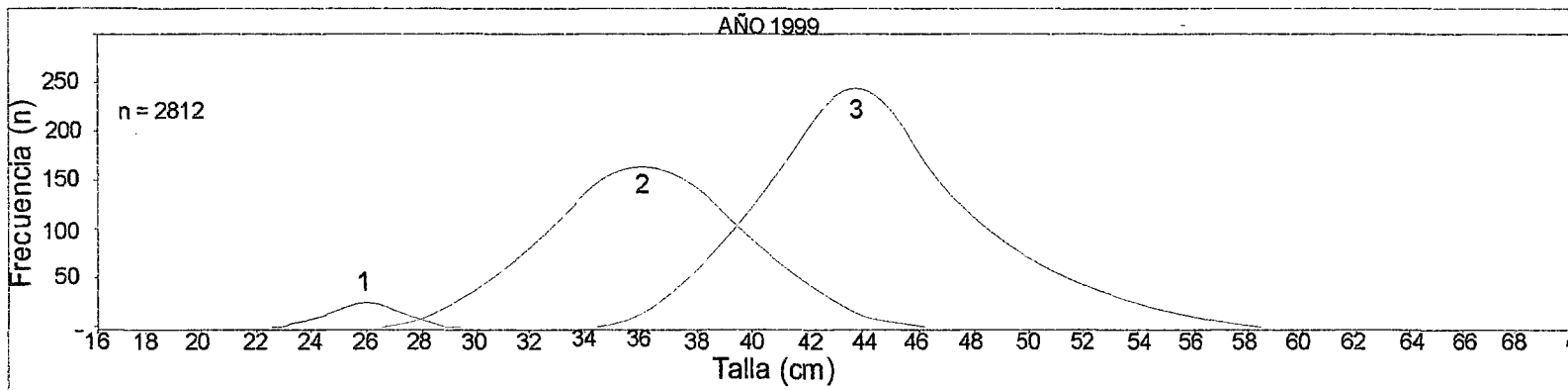
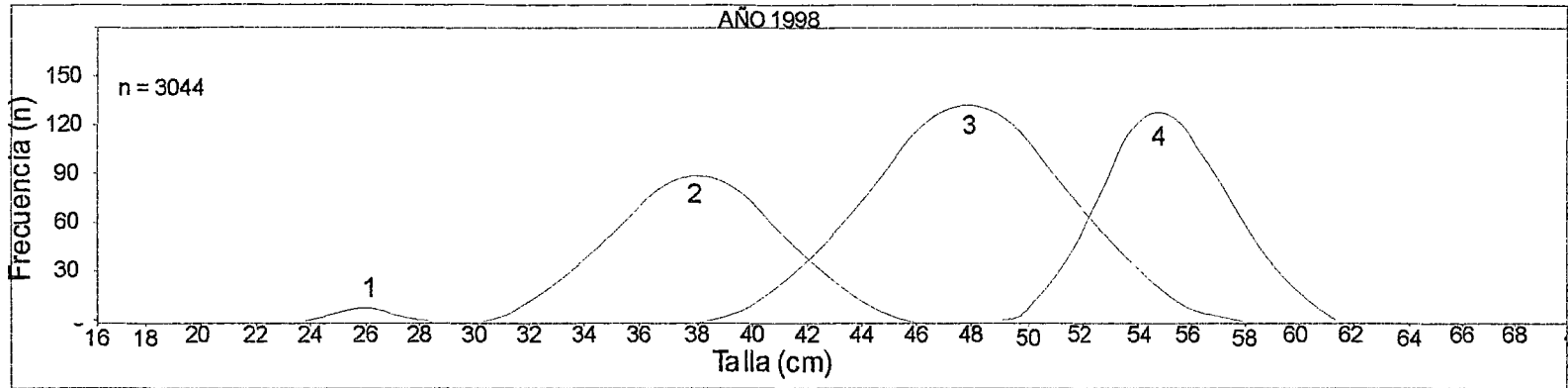


Figura N° 03. Distribución de frecuencias por clases de talla y asignación de edad,

para los años de 1996 a 1997



**Figura N° 04. Distribución de frecuencias por clases de talla y asignación de edad,
para los años de 1998 a 1999**

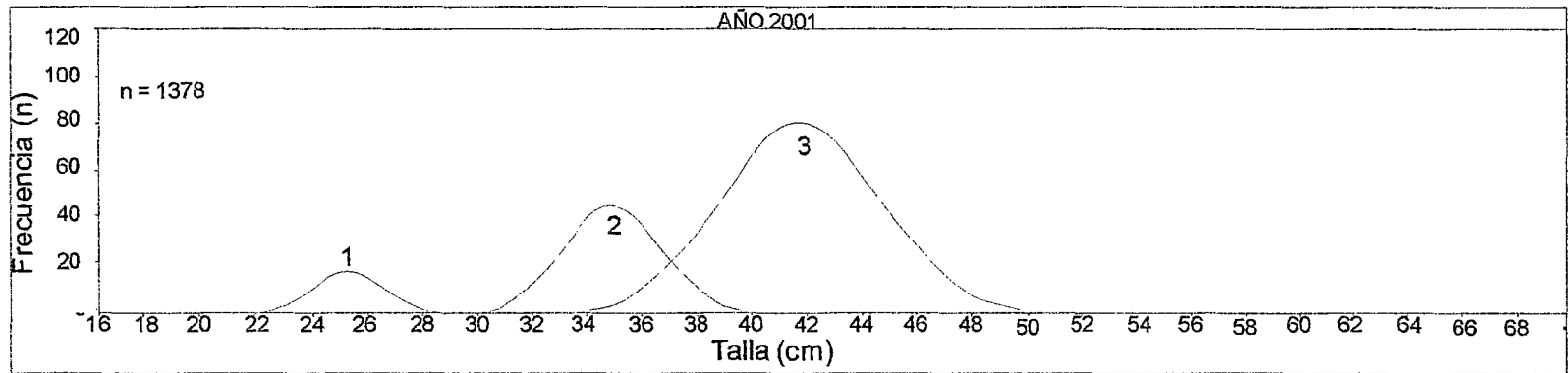
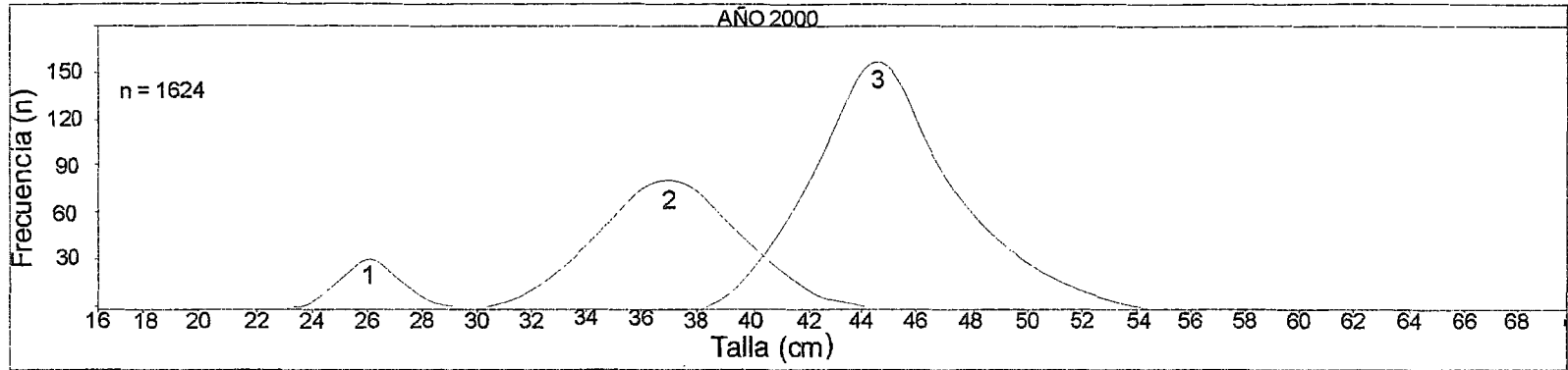
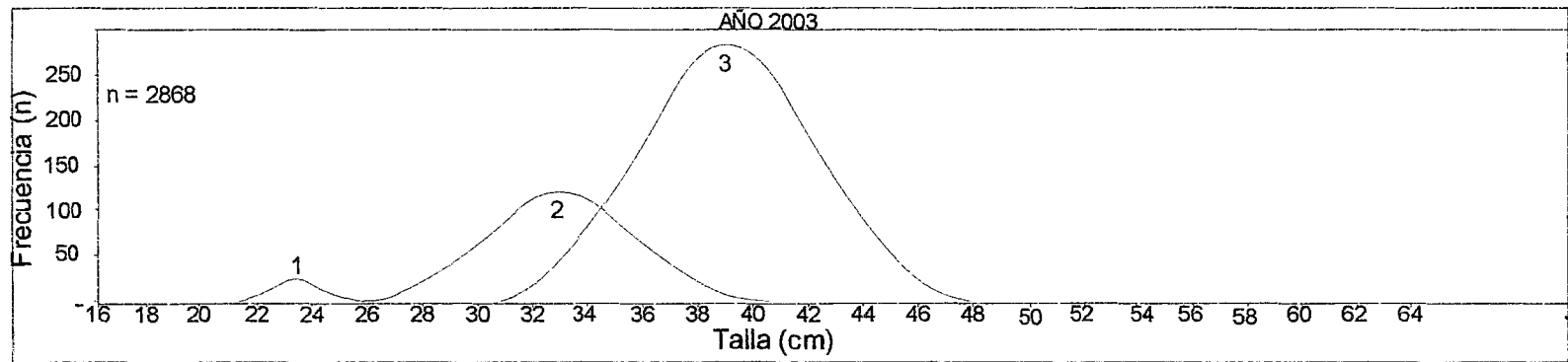
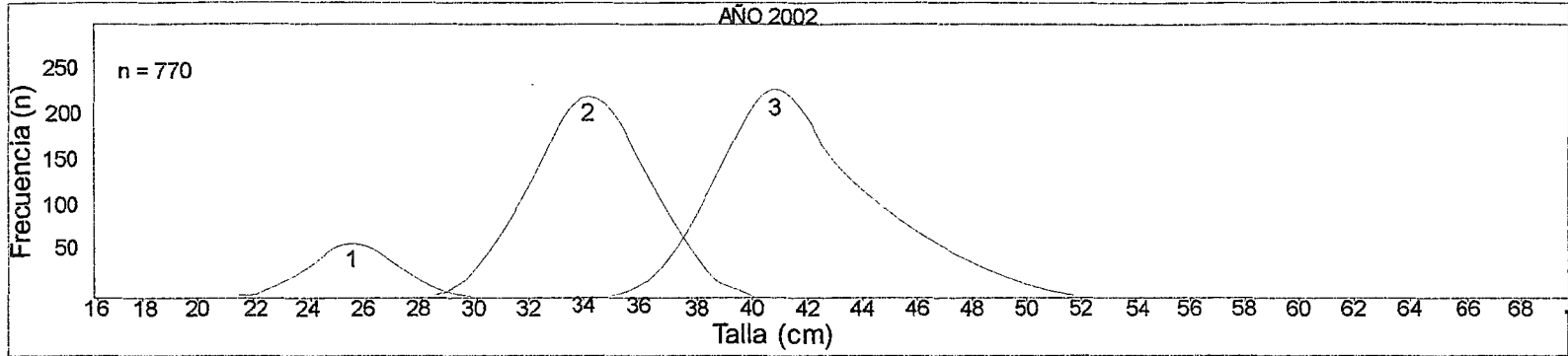


Figura N° 05. Distribución de frecuencias por clases de talla y asignación de edad,

para los años de 2000 a 2001



**Figura N° 06. Distribución de frecuencias por clases de talla y asignación de edad,
para los años de 2002 a 2003.**

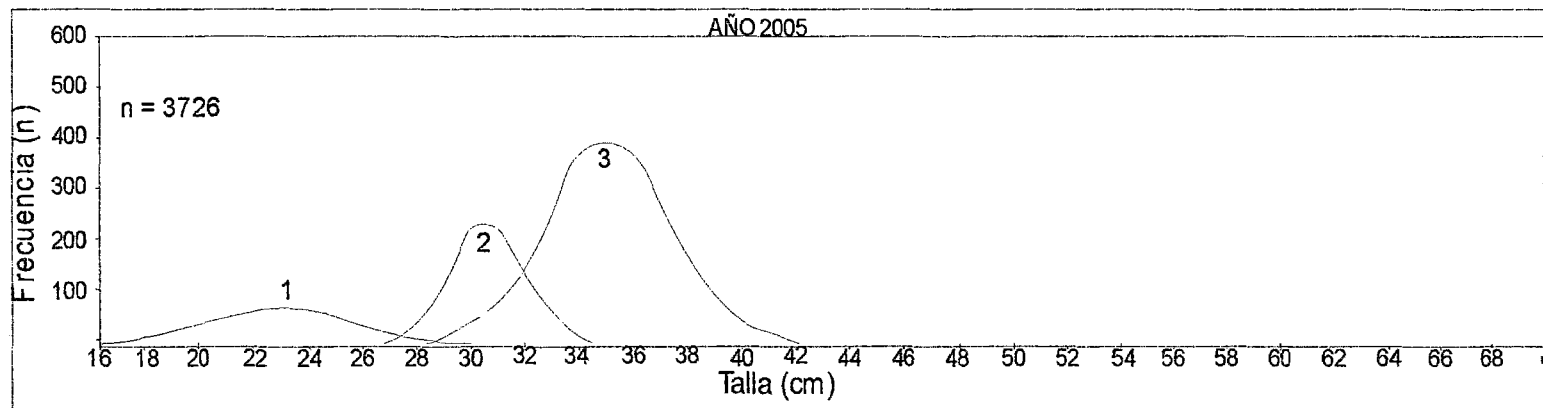
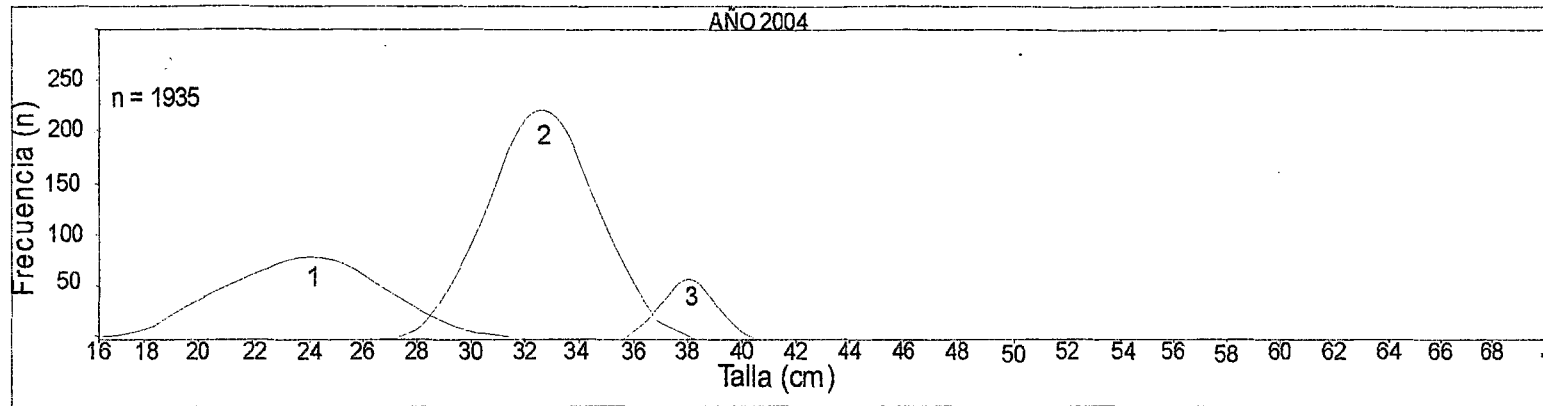


Figura N° 07. Distribución de frecuencias por clases de talla y asignación de edad, para los años de 2004 a 2005.

Sin embargo, estas estructuras de tallas son aplicables y útiles para mostrar cómo ha venido evolucionando el crecimiento de las truchas a lo largo del tiempo. Particularmente, las tallas registradas en las capturas 2004 y 2005 son notoriamente más pequeñas que aquellas registradas en capturas de 1996 a 2000.

La estructura poblacional de los ejemplares capturados en 1996 y 1997, muestran 5 clases de edad, el mayor número de individuos capturados fueron los pertenecientes a la clase anual 3.

Cuadro N° 05. Edad (años) y Talla (cm) desde 1996 a 2005

Edad Año	1	2	3	4	5
1996	26	38	47	57	62
1997	25,5	38	47	54	61
1998	26	38	48	55	-
1999	26	36	44	-	-
2000	26	37	44,5	-	-
2001	25,5	35	42	-	-
2002	25,5	34	41	-	-
2003	23,5	33	39	-	-
2004	24	33	38	-	-
2005	23	30,5	35	-	-

Fuente: Elaboración propia.

La longitud de las truchas cultivadas en forma extensiva en 1996, 1997 y 1998, es notablemente mayor que las de los años 1999 a 2005 (Cuadro N° 05). Por ejemplo, el tamaño promedio de las truchas de 3 años de edad fue: 47 cm para 1996 y 1997, 48 cm para

1998; mientras que para los años 1999 a 2005, la longitud va disminuyendo considerablemente, hasta llegar a 35 cm de longitud para la clase anual 3 en 2005.

Sin embargo, las tallas encontradas a una edad determinada de las truchas de la laguna Suches, son similares y un poco más alto a las tallas de las truchas provenientes de lagunas de Argentina (Cuadro N° 04 y Figura N° 08). Las diferencias se deben a que los lagos se ubican en Sudamérica de diferentes latitudes a la de laguna Suches y además que la estimación de la edad, fueron obtenidos por diferentes métodos.

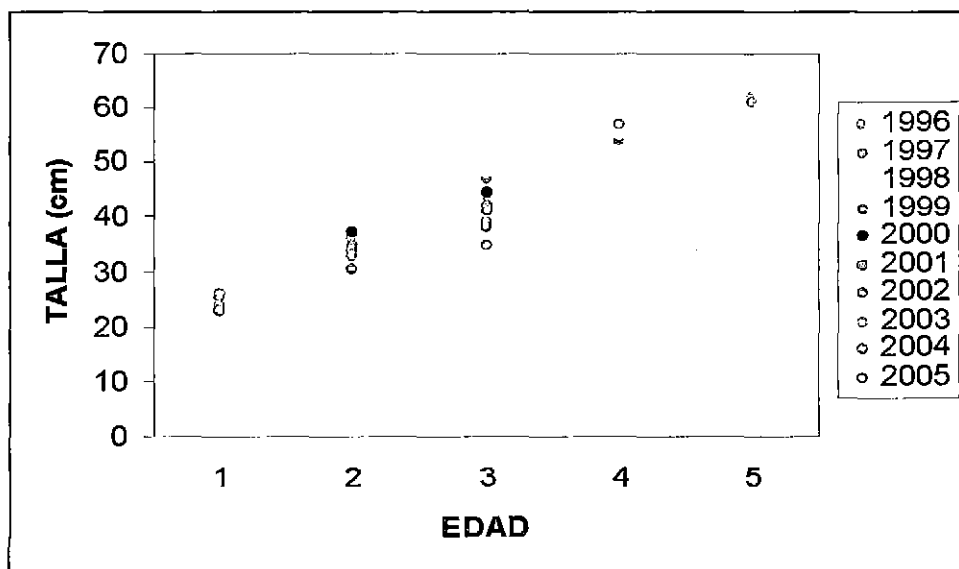


Figura N° 08. Edad y talla desde 1996 a 2005

4.2. CRECIMIENTO SEGÚN LA FORMULACIÓN DE VON BERTALANFFY

CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

Los parámetros de la ecuación de crecimiento Von Bertalanffy estimados desde 1996 a 2005, están resumidos en el Cuadro N° 06

Cuadro N° 06. Parámetros de la ecuación Von Bertalanffy, para la trucha *Oncorhynchus mykiss* en la laguna Suches.

Año	L_{∞}	K	t_0
1996	87,61	0,2198	-0,6133
1997	84,85	0,2269	-0,5611
1998	80,24	0,2552	-0,5377
1999	76,00	0,2231	-0,8764
2000	60,57	0,3830	-0,4642
2001	61,60	0,3054	-0,7498
2002	57,90	0,3254	-0,784
2003	49,29	0,4595	-0,4097
2004	44,25	0,5878	-0,3299
2005	41,75	0,5108	-0,5671

Fuente: Elaboración propia.

La longitud máxima estimada fue mayor en los años 1996 a 1998 (Cuadro N° 06).

Durante el periodo de estudio, a medida que los años van avanzando, la longitud máxima va disminuyendo, debido a que el

esfuerzo de pesca ha venido aumentando, por lo tanto no permite que el recurso se desarrolle en mas de tres años de edad.

Las ecuaciones de crecimiento en longitud y en peso, de Von Bertalanffy de la trucha cultivada extensivamente en la Laguna Suches, durante el periodo de estudio figuran el Cuadro N° 07 y Cuadro N° 08.

Cuadro N° 07. Ecuación de crecimiento en longitud de Von Bertalanffy desde 1996 a 2005 en la laguna de Suches.

Año	Ecuación Von Bertalanffy
1996	$L_t = 87.61 [1 - e^{-0.2198 (t + 0.6133)}]$
1997	$L_t = 84.85 [1 - e^{-0.2269 (t + 0.5611)}]$
1998	$L_t = 80.24 [1 - e^{-0.2552 (t + 0.5377)}]$
1999	$L_t = 76.00 [1 - e^{-0.2231 (t + 0.8764)}]$
2000	$L_t = 60.57 [1 - e^{-0.3830 (t + 0.4642)}]$
2001	$L_t = 61.60 [1 - e^{-0.3054 (t + 0.7498)}]$
2002	$L_t = 57.90 [1 - e^{-0.3254 (t + 0.7840)}]$
2003	$L_t = 49.29 [1 - e^{-0.4595 (t + 0.4097)}]$
2004	$L_t = 44.25 [1 - e^{-0.5878 (t + 0.3299)}]$
2005	$L_t = 41.75 [1 - e^{-0.5108 (t + 0.5671)}]$

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 08. Ecuación de crecimiento en peso de Von Bertalanffy desde 1996 a 2005 en la laguna de Suches.

Año	Ecuación Von Bertalanffy
1996	$W_t = 6971.9 [1 - e^{-0.2198 (t + 0.6133)}]^{2.598}$
1997	$W_t = 7543.0 [1 - e^{-0.2269 (t + 0.5611)}]^{2.8619}$
1998	$W_t = 6247.4 [1 - e^{-0.2552 (t + 0.5377)}]^{2.8085}$
1999	$W_t = 4629.5 [1 - e^{-0.2231 (t + 0.8764)}]^{2.9052}$
2000	$W_t = 2449.7 [1 - e^{-0.3830 (t + 0.4642)}]^{2.8094}$
2001	$W_t = 2350.4 [1 - e^{-0.3054 (t + 0.7498)}]^{2.8111}$
2002	$W_t = 2026.7 [1 - e^{-0.3254 (t + 0.7840)}]^{2.5369}$
2003	$W_t = 1531.5 [1 - e^{-0.4595 (t + 0.4097)}]^{2.7056}$
2004	$W_t = 1173.1 [1 - e^{-0.5878 (t + 0.3299)}]^{2.7464}$
2005	$W_t = 870.3 [1 - e^{-0.5108 (t + 0.5671)}]^{2.4455}$

Fuente: Elaboración propia.

Como el peso obedece a una relación directa a la longitud, el peso máximo también ha sufrido una disminución bastante considerable puesto que los individuos extraídos año a año fueron más pequeños y por lo tanto el peso ha venido disminuyendo durante el periodo de estudio Cuadro N° 08.

Estas ecuaciones de Von Bertalanffy reconstruye la historia de cómo ha venido evolucionando el crecimiento de trucha durante diez años a una longitud y edad determinada.

4.3. CURVA DE CRECIMIENTO EN LONGITUD Y PESO

El crecimiento de la trucha de la laguna Suches, es casi perfecta puesto que tiene estrecha relación entre la longitud y peso. Comparando con otros estudios de crecimiento de trucha en lagunas de otras latitudes (Cuadro N° 04); el crecimiento de la trucha de la laguna Suches, presenta tallas y pesos mejores a las truchas de otras latitudes (Figura N° 09 y 10). Esto se debe a que los primeros meses de edad las truchas permanecen dentro de la laguna hasta llegar a tallas comerciales y por lo tanto adquieren buenas tallas y pesos, mientras en lagunas de otras latitudes, los alevinos habitan en los ríos para luego desarrollarse en las lagunas.

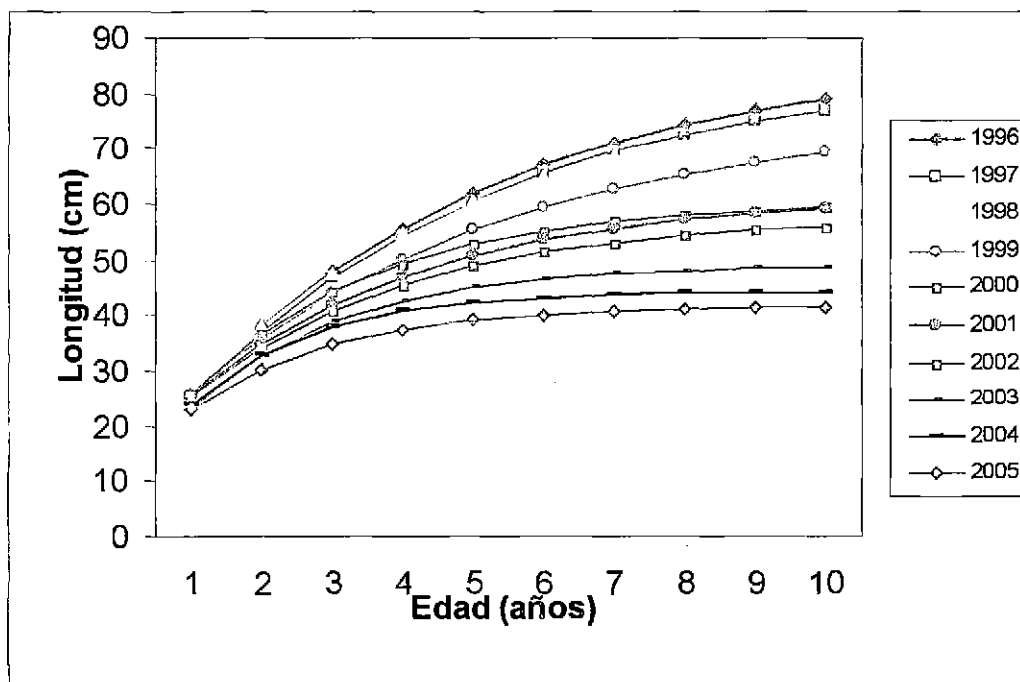


Figura N° 09. Curva de crecimiento en longitud según la ecuación de Von Bertalanffy para las truchas de laguna Suches de 1996 a 2005

La curvatura de crecimiento en longitud ha venido en aumento (Fig. N° 09), lo que nos ilustra que en los últimos años la longitud asintótica y/o máxima ha disminuido considerablemente.

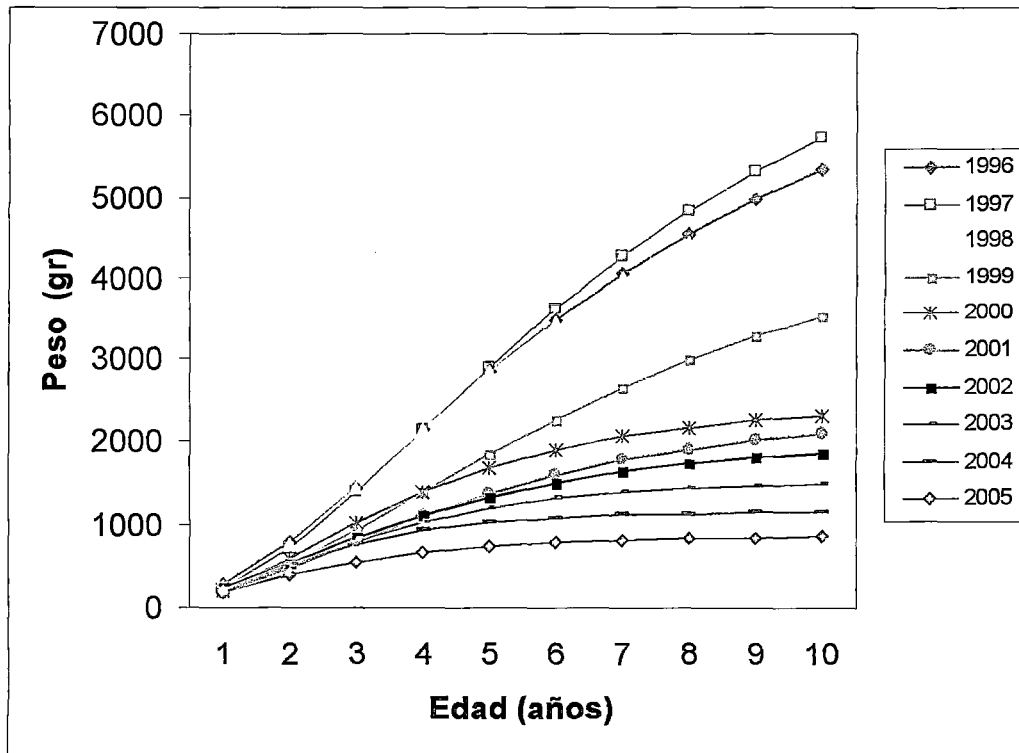


Figura N° 10. Curva de crecimiento en peso según la ecuación de Von Bertalanffy para las truchas de laguna Suches de 1996 a 2005

El crecimiento en peso estimada; año a año ha disminuido considerablemente al igual que la longitud (Figura N° 10).

Para los años de estudio 2004 y 2005, la curva de crecimiento en peso no supera los 1000 gr. (Figura N° 10).

4.4. TASA DE CRECIMIENTO

En la Figura N° 11, se muestra el incremento promedio mensual y/o tasa de crecimiento de las truchas cultivadas en la laguna Suches,

para cada año de edad. Esta figura esquematiza claramente que en el primer año de vida, las truchas presentan alta tasa de crecimiento, 1.76 cm/mes; y, a partir del segundo año la tasa de crecimiento tiende a disminuir en casi a la mitad, además del segundo año de vida las truchas tienden a incrementar el peso en forma casi constante en 30.10 g/mes, seguido por cada mes de vida y a partir del quinto año de vida sufre una ligera disminución en el incremento peso/mes.

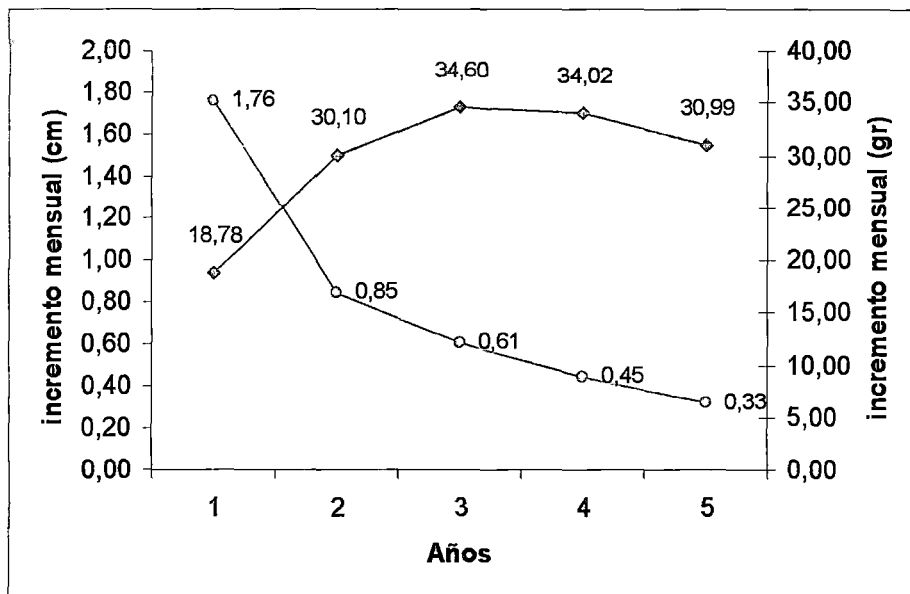


Figura N° 11. Tasa de incremento de longitud y peso promedio mensual

En esta se observa un elevado crecimiento en los individuos más jóvenes en longitud y peso, descendiendo a medida que avanza en edad.

4.5. RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD Y PESO

La relación entre longitud y el peso que mejor ajuste presentó fue en los primeros años de iniciada la actividad. Esta relación está dada en forma general por la siguiente ecuación:

$$P = 0,0626 L^{2,598} ; \text{ con } R^2 = 0,99$$

La relación longitud – peso para cada uno de los años de estudio se detalla en las Gráficas N° 12 y 13.

Por lo tanto, los datos reflejan un crecimiento alométrico de la población estudiada.

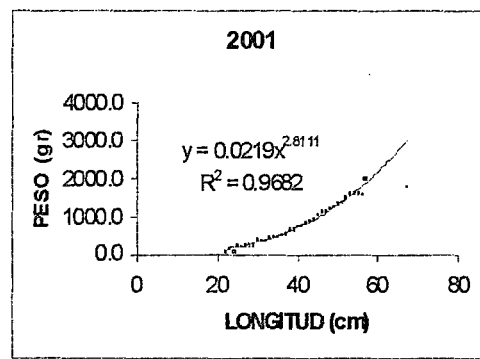
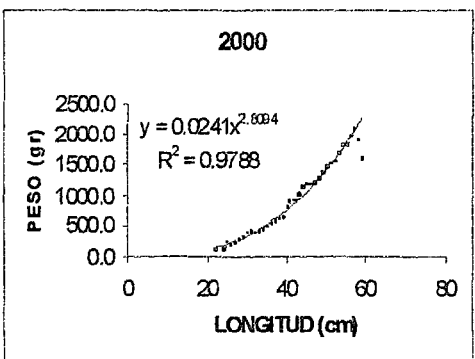
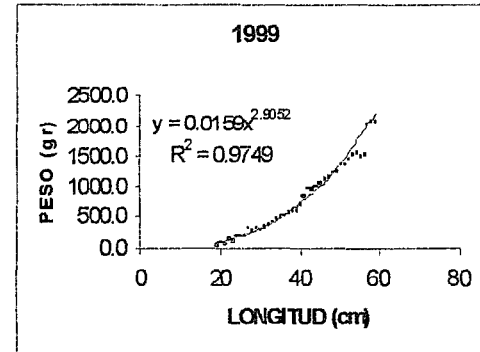
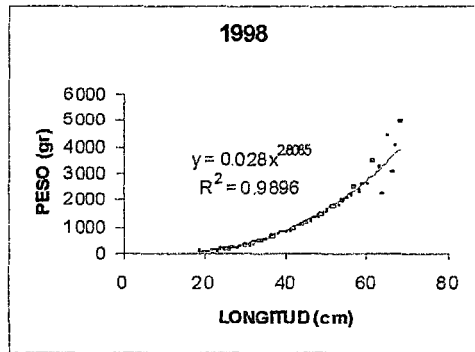
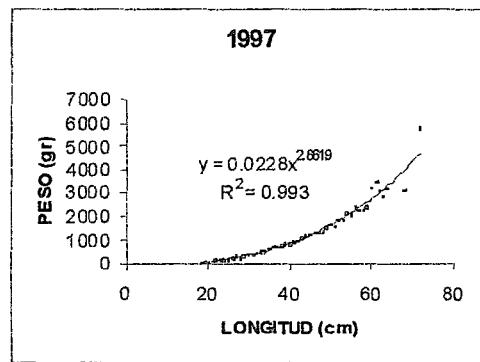
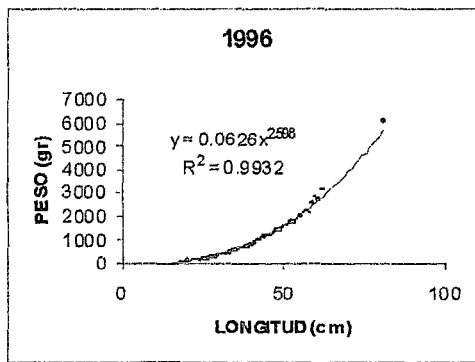


Figura N° 12. Relación entre longitud y peso desde 1996 al 2001

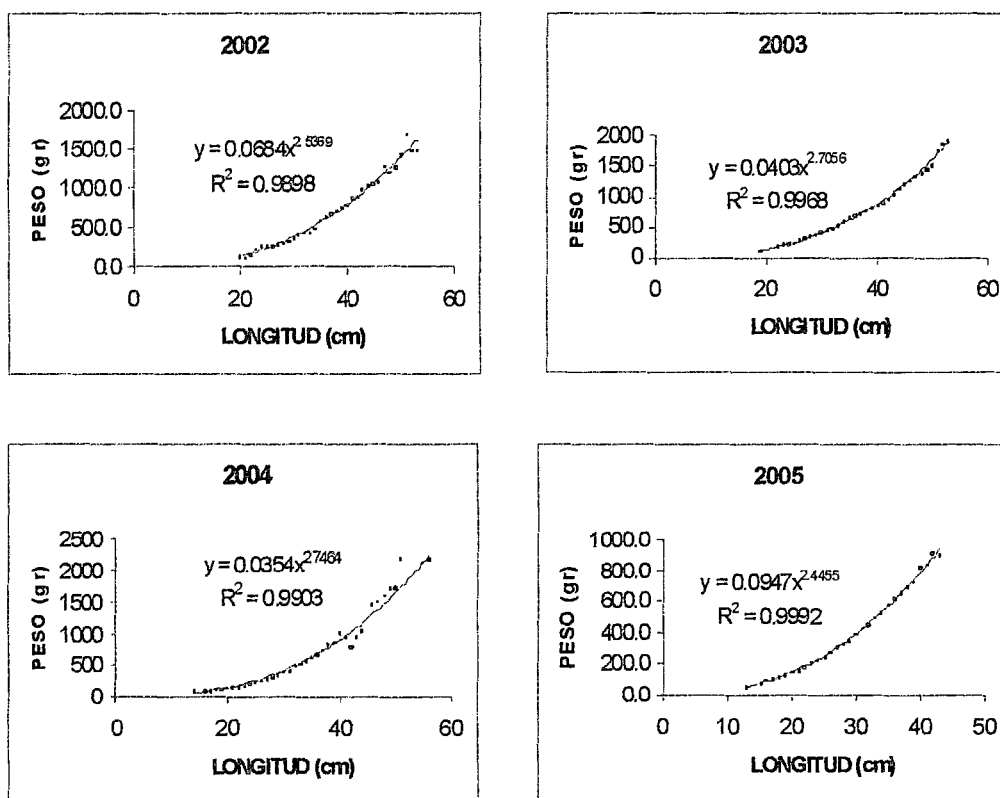


Figura N° 13. Relación entre longitud y peso desde 2002 al 2005

El coeficiente de correlación entre la longitud y peso para todos los años de estudio es muy cercano a 1; lo que nos indica que existe una relación directa entre la longitud y peso, además que esta relación ajusta a una ecuación exponencial (Figura. N° 12 y 13).

4.6. FACTOR DE CONDICIÓN

El factor de condición para los años 1999 a 2002, es mucho menor que en los tres primeros y tres últimos años de estudio (Figura N° 14). Sin embargo el factor de condición de las truchas de laguna Suches se encuentra superando a los lagos y lagunas de Argentina que también crían la trucha Arco Iris.

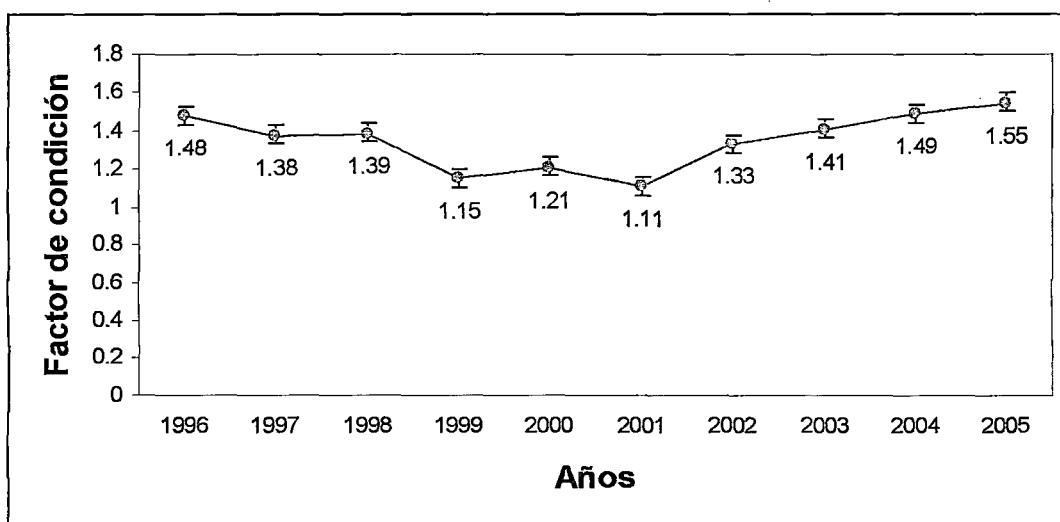


Figura N° 14. Factor de condición para truchas de laguna Suches desde 1996 a 2005

4.7. STOCK POBLACIONAL DE LA LAGUNA SUCHES

Para mantener los stock de trucha en condiciones de explotabilidad, se ejecuta campañas anuales de repoblamiento con alevinos producidos en nuestra Región y de la importación de ovas embrionadas de EE.UU, los mismos que eclosionan en la sala de incubación de Suches.

A los alevinos se los mantiene en jaulas flotantes hasta que lleguen a 8 a 10 cm de longitud, tallas aptas para realizar el poblamiento de este ambiente léntico.

En el cuadro N° 09, tenemos la siembra de alevinos desde 1991 hasta 2005 donde podemos observar que el número de alevinos sembrados ha sido casi constante de 150 000 alevinos/año a excepción de algunos años que fue menor.

Esto se debe que en esos años las ecloseries de alevinos de trucha no tenían en stock para adquirirlas o que simplemente no se contaba con el dinero suficiente para adquirir los alevinos.

Cuadro N° 09. Alevinos sembrados y ejemplares de trucha cosechados de la laguna Suches, desde 1991 hasta el 2005

AÑO	SIEMBRA	COSECHA	
	Alevinos	Ejemplares	kg
1991	116300	0	0
1992	70000	0	0
1993	94000	11535	16726
1994	165000	46140	70272
1995	100000	38836	48429
1996	150950	104767	111263
1997	150000	51647	53144
1998	129970	53173	47360
1999	150000	51428	43002
2000	145000	52579	51905
2001	120000	42383	34284
2002	150000	67138	44525
2003	150000	53372	43640
2004	150000	57731	20646
2005	150000	64528	29446
TOTAL	1991220	695257	614642

*: La cosecha se inició en el 2do. Semestre de 1993

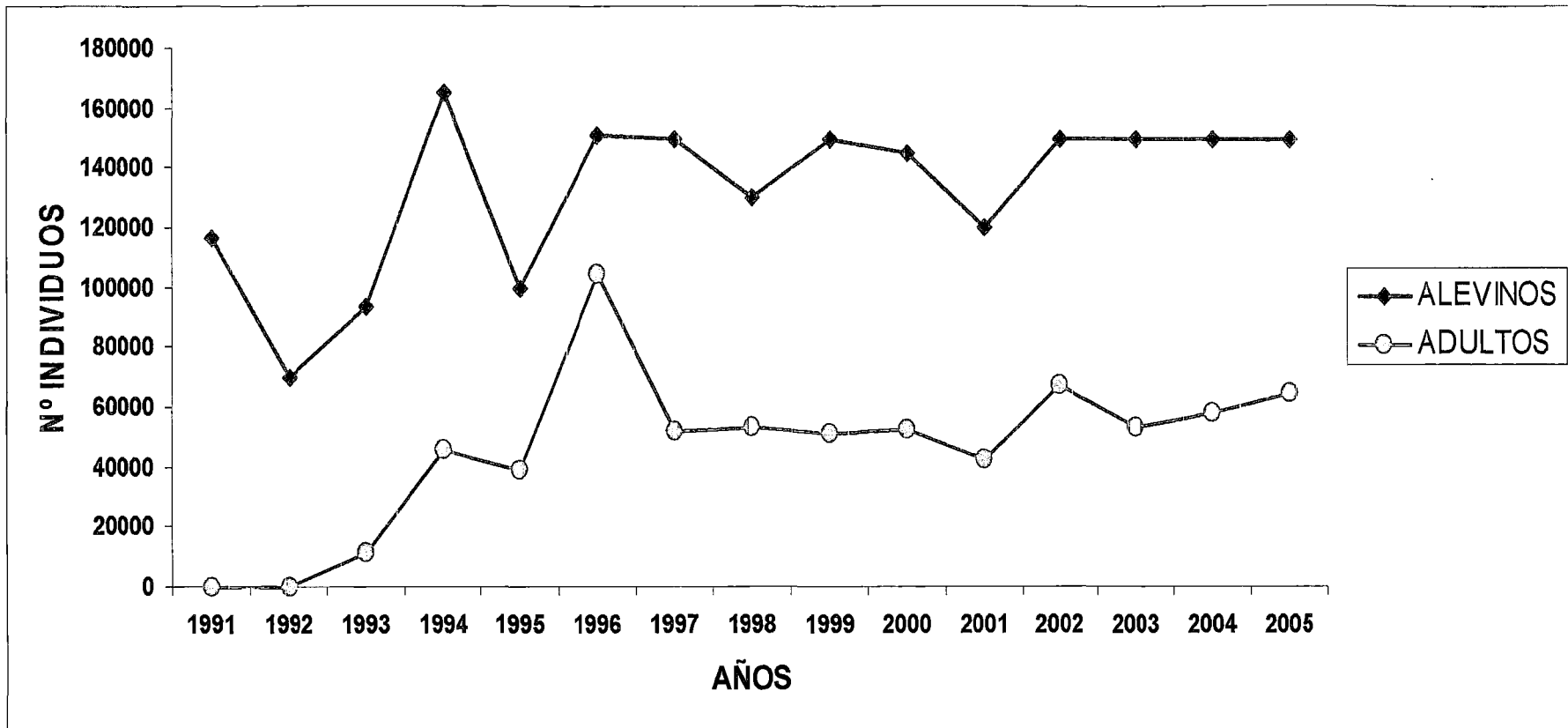


Figura N° 15. Alevinos sembrados vs ejemplares de trucha cosechados

En la Figura N° 15, observamos que existe una alta mortalidad entendiéndose que de cada 3 alevinos sembrados solo se llega a cosechar una trucha adulta.

4.8. COSECHA DE TRUCHAS CULTIVADAS EN LA LAGUNA SUCHES

La cosecha de trucha en numero de ejemplares capturados en el ambiente léntico, durante el periodo de estudio se ha mantenido constante.

Sin embargo, los volúmenes de cosecha en biomasa a venido disminuyendo considerablemente (Figura N° 16), lo que indica que ha existido un impacto negativo, básicamente ocasionado por efecto antrópico del hombre, que se traduce por el incremento de esfuerzo de pesca y no permite que las truchas lleguen a crecer mas de 3 años de vida, esto también esta reflejado en la disminución del peso promedio individual durante todos los años de crianza extensiva de trucha en la laguna Suches (Cuadro N° 10. Figura N° 17).

**Cuadro N° 10 Trucha extraída de la laguna Suches desde
1993 hasta 2005**

AÑO	Kg	N° EJEMPLARES	PESO INDIVIDUAL PROM. (Kg)
1993	16726	11535	1,450
1994	70272	46140	1,523
1995	48429	38836	1,247
1996	111263	104767	1,062
1997	53144	51647	1,029
1998	47360	53173	0,891
1999	43002	51428	0,836
2000	51905	52579	0,987
2001	34284	42383	0,809
2002	44525	67138	0,663
2003	43640	53372	0,818
2004	20646	57731	0,358
2005	29446	64528	0,456
TOTAL	614642	695257	

*: A partir del 2do. Semestre

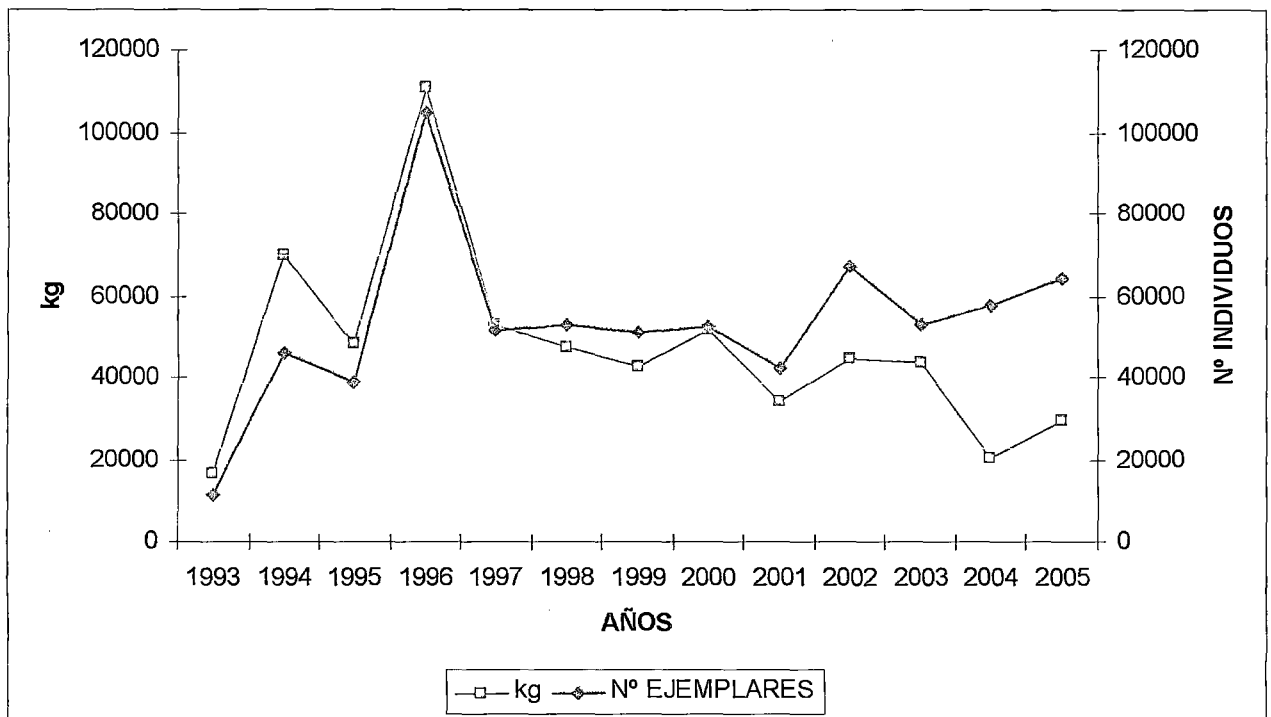


Figura. N° 16. Biomasa cosechada VS número de individuos de trucha adulto

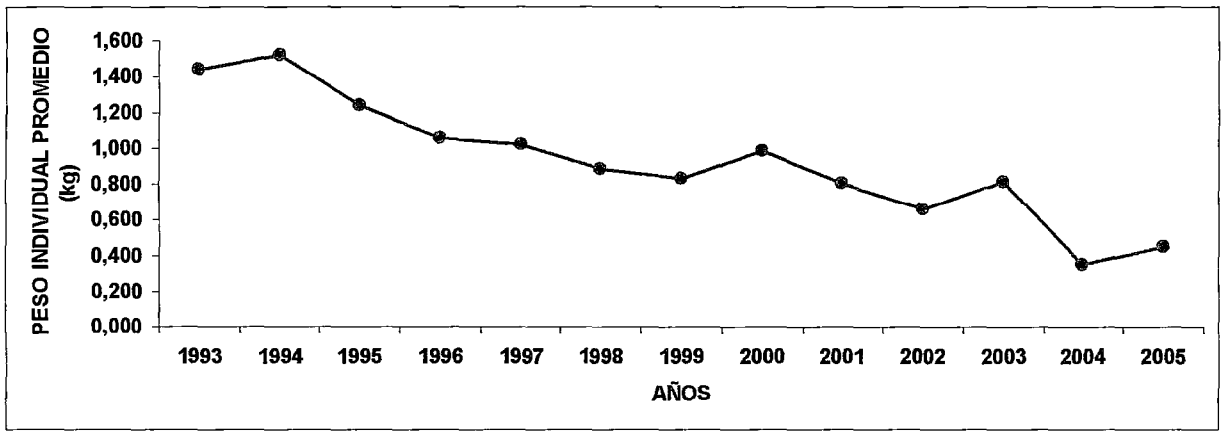


Figura N° 17. Peso promedio individual de truchas cultivadas en lagunas

Suches desde 1993 al 2005

V. CONCLUSIONES

- La relación longitud-peso de la trucha arco iris cultivada en forma extensiva en la laguna Suches para el periodo de estudio (1996 a 2005) obedece a la siguiente ecuación:

$$W = 0.0081x L^{3.748}$$

- Existe una correlación casi perfecta entre el peso y la longitud de la trucha, habiéndose encontrado un valor promedio del coeficiente de correlación (r^2) para todo el periodo de estudio de 0.987
- Los stocks de trucha promedio en la laguna Suches en el periodo estudiado presentan un grado de bienestar relativamente alto, siendo el promedio de 1.3
- El grado de bienestar, calculado como el factor de condición, para la trucha cultivada en la laguna Suches no varía grandemente a través de los años habiendo incrementado ligeramente en los últimos 4 años de estudio en 0.22

- El peso unitario promedio de la trucha extraída de la laguna suches en el periodo de estudiado, ha ido disminuyendo gradualmente, desde un valor máximo de 1,5 Kg (1996) hasta un mínimo de 0,4 kg (2004)

- La ecuación de crecimiento en longitud, según la formulación de Von Bertalanffy, para la trucha cultivada extensivamente en la laguna suches durante un periodo de 10 años, es la siguiente:

$$L_t = 64.41 [1 - e^{-0.34969(t+0.5993)}]$$

- La ecuación de crecimiento en peso, según la formulación de Von Bertalanffy obtenida para el periodo de estudio, es la siguiente:

$$W_t = 3579.4 [1 - e^{-0.34969(t+0.5993)}]^{2.723}$$

- La tasa de crecimiento mensual en longitud de la trucha producida en la laguna Suches ha ido decreciendo según la edad, pasando desde un valor máximo de 1.76 cm/mes (01 año de edad) hasta un mínimo de 0,39 cm/mes (05 años de edad)

- La tasa de crecimiento mensual en peso de la trucha, se ha incrementado conforme los especimenes iban ganando edad, pasando desde un mínimo de 18,78 gr. (al 1er año de edad) hasta un máximo de 34,60 gr. (03 años de edad) .Después de los 03 años de edad esa tasa experimentó un decrecimiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Investigar la productividad natural de la laguna Suches a fin de determinar si ha ocurrido cambios significativos en la alimentación natural.
- Realizar un estudio de crecimiento de trucha en la laguna Suches teniendo en cuenta los factores abióticos (T° , pH, O_2 , CO_2 , etc.).
- Programar estudios de impacto ambiental de la crianza extensiva de trucha sobre los componentes bióticos de la laguna Suches.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. BARTOLO et al, 1996. Evaluación de Crecimiento de juveniles de ***Concholepas concholepas*** Confinados en Sistemas Suspendido, en Caleta Punta Atala, Mediante el Modelo de Von Bertalanffy. Antofagasta
2. CACHAFEIRO, M. 1995. La Trucha Cría Industrial. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid/Barcelona - España.
3. CHIODO, L. 1998. Manual Cultivo de Truchas en Lagunas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Ediciones Calipso. Roma.
4. CCOPA, J. 1997. Estudio Bioecológico con Fines Piscícolas de la Laguna Suches-Tacna.
5. CANALES, A. 2000. Bioestadística. Edición Carlita. Perú.
6. CHAUCA, L. 1994. Jaulas Flotantes para el Cultivo de Truchas. Imprenta Rius. Huancayo - Perú.
7. CORONEL, N. 1987. Manual práctico de Evaluación del potencial piscícola. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna - Perú.

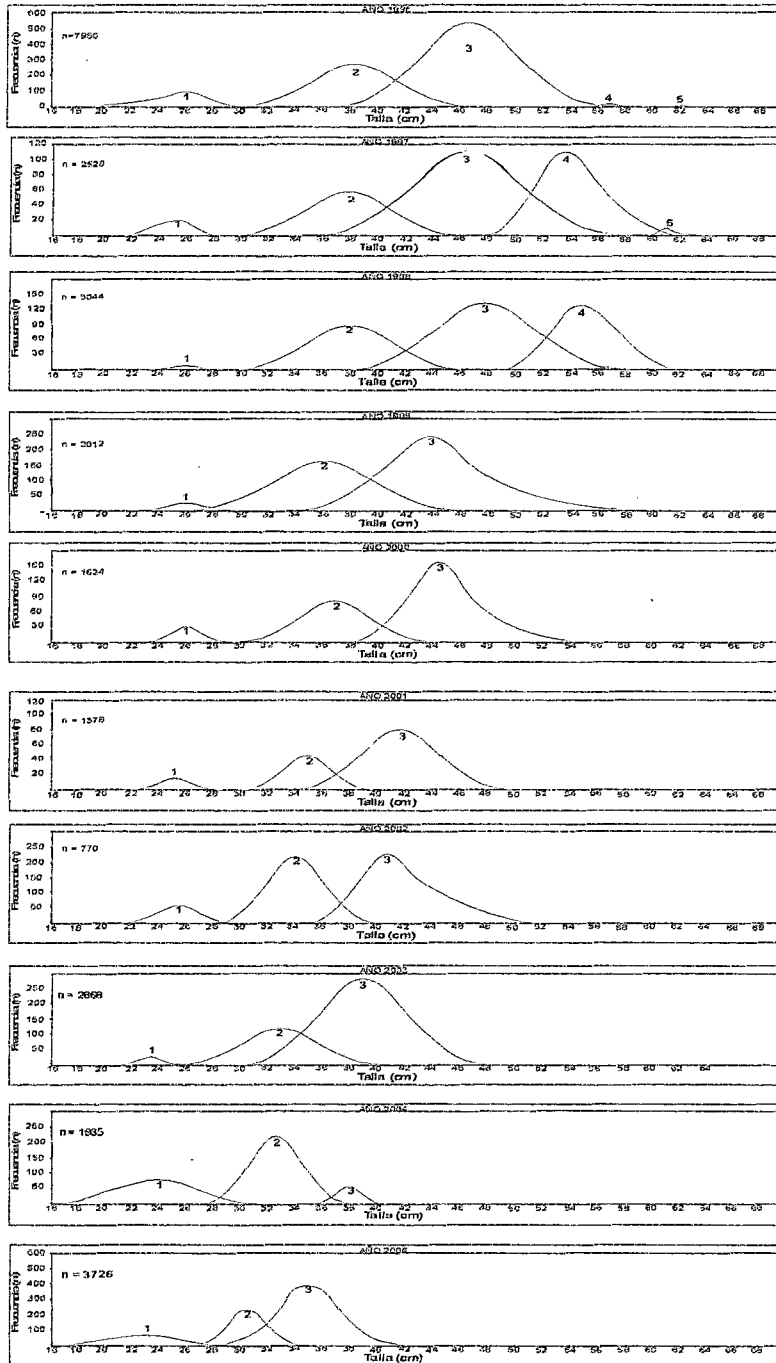
8. CSIRKE, S. 1980. Introducción a la Dinámica de poblaciones de Peces. Roma - Italia.
9. Dirección Regional de Producción (DIREPRO). 2001. Crianza de Truchas. Boletín de Información Técnica. Pasco - Perú.
10. Dirección Regional de Producción (DIREPRO). 2001. "Recurso Trucha" Capacitación en Manejo, Conservación de Cultivo, Procesamiento y Comercialización de Recursos hidrobiológicos. Curso de Capacitación. Ilo - Perú.
11. GULLAN, A. 1971. Manual de métodos para la Evaluación de las poblaciones de peces. Edición Acriba. Zaragoza - España.
12. IMAKI, A. 1987. Introducción a la Crianza de Trucha Arco Iris. JICA. La Paz - Bolivia.
13. LAFARGA, et al. 1985. Crecimiento de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, en ambientes patagónicos, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Buenos Aires - Argentina.
14. OGAWA, H y C, SALAZAR. 1997. Manual Técnico I "Reproducción de Truchas Arco Iris" – JICA. Centro de Desarrollo piscícola y Enseñanza técnica del Altiplano, Tiquina. Pongo - Bolivia.
15. PASCUAL, M. 2001. Recursos pesqueros del lago cardiel. Universidad Nacional de la Patagónica Austral

16. PASCUAL, et al. 2003. Análisis de algunos individuos de trucha arco iris (***Oncorhynchus mykiss***) capturados en el río negro, Centro Nacional de Patagónico (CONICET).
17. PER SPARRE, et al, 1997. Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales, FAO, Documento Técnico de Pesca, Dinamarca.
18. RODENAS, P. 1993. Manual para la Construcción de Jaulas Flotantes. Facultad de Oceanografía, pesquería y Ciencias Alimentarias. Lima - Perú.
19. RODRÍGUEZ, M. 1995. Crianza de Trucha Arco Iris, ***Oncrohychus mykiss*** en Centro Piscícola de Ingenio. Informe de Prácticas Pre profesionales, Universidad de Callao- facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos. Callao - Perú.
20. ROUNSEFELL, G. et al. 1960. Ciencia de las Pesquerías, sus métodos y aplicaciones. Editor SALVAT. Barcelona - España.
21. RUBIN, R. 1979. La Piscifactoría, cría Industrial de los peces de Agua dulce. Editorial Continental, S.A. México.
22. SOLANES, B. 1984. Piscicultura. Editorial Sintesis Ronda. Universidad de Barcelona. Barcelona - España.
23. STEVENSON, J. 1980. Manual de Cría de la Trucha. Editorial Acribia. Zaragoza -España.

24. TRESIERRA, A. et al 1995. Dinámica de poblaciones de peces. Edición Libertad E.I.:R:L. Trujillo - Perú.
25. TURLI, P. 1970. Cultivo de la Trucha. Editorial Acribia. Zaragoza - España.
26. WAKABAYASHI, W. 1987. Crianza de Trucha. Separata Técnica. Huancayo - Perú.
27. YUJRA, E. 2002. Proceso de Reproducción y Producción Anual de Alevinos de trucha Arco Iris Llaquepa – Puno. Trabajo Informe presentado en la Facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna - Perú.
28. ZAPATA, L. 1996. Instalación de una Sala de Incubación para Abastecimiento de Alevinos de trucha Arco Iris *Salmo gairdnerii irideus* en el Departamento de Puno. Tesis presentada en la facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna - Perú.

ANEXOS

Anexo N° 01. Distribución de frecuencias por clases de talla y asignación de edad, para los años de 1996 a 2005



Anexo N° 02 Formato de registro de información

CONTROLES BIOMETRICOS DE TRUCHAS CULTIVADAS EN LAGUNA SUCHES - TACNA		
Fecha :		
N°	LONGITUD (cm)	PESO (g)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
CANTIDAD		
Kg		
N° ejemplares		

Anexo N° 03 Composición del fitoplancton (N° Individuos /l) de la laguna suches de marzo a julio 97

CRYSOPHYTAS	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO
1. Cyclotella operculata		44 000	50 000	62 000	22 000	35 600
2. Rhoicospenia curvata		22 000		20 000	15 500	11 500
3. Synedra sp.	78 000	626 000				140 800
4. Amphora ovalis	133 000			112 000		49 000
5. Pinnularia sp.	394 000	182 000	204 000	157 933	184 000	224 387
6. Navicula sp.				80 120	85 000	33 024
7. Surirella factuosa			22 500		67 000	17 900
8. Pleurosigma	172 000	127 500	77 500	149 750	125 000	130 350
9. Eunotia faba		148 000		48 000		39 200
10. Tabellaria fenestrata	205 500	47 250				50 550
11. Frustulia sp		77 500	16 500	666 667	10 000	146 433
12. Cyclotella meneghiana	292 500	111 000	83 500			90 700
13. Stephanodiscus niagarae			66 500		43 500	44 200
14. Achnantes longipes	88 000			40 667		25 733
15. Ceratoneis arcus	55 000			71 600		25 320
16. Centricactus belonophorus	111 000			31 500		28 500
Sub Total	1 529 000	1 385 250	520 500	1 440 237	552 000	1 087 397
CLOROPHYTAS						
1. Pedisatrum tetras	445 000	82 500		46 500		114 800
2. Pediastrum boryanum	261 000	80 000	72 000	54 000	67 000	106 800
3. Staurastrum planktonic				144 000	151 500	59 100
4. Cladophora glomerata	112 000					22 400
5. Scytonema sp	67 000	144 000		51 000		42 200
6. Coelastrum						10 200
Sub Total	885 000	306 500	72 000	295 500	218 500	355 500
CHYANOPHYTAS						
1. Anabaena sp	220500	140 667	172 000		170 000	140 633
2. Gomphospharia lacustris	18 177 500	8 819 500	7 983 000	11 764 400	11 788 500	11 706 580
3. Microcystis sp	47 177 500	62 982 500	20 899 999	46 764 400	75 970 000	50 622 573
Sub Total	65 591 700	71 942 667	29 899 999	57 831 066	87 928 500	62 469 786
TOTAL	68 005 700	73 942 667	29 647 499	59 566 803	88 699 000	63 912 883

Anexo N° 04 Densidad poblacional (N° Individuos/l) del zooplancton de la laguna Suches, según categoría taxonómica de agosto 96 a julio 97

GRUPOS	1996					1997							PROMEDIOS
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	
Anfípodos	--	--	8	9	--	37	4	--	--	--	12	--	6
Copépodos	2 264	1 406	867	329	689	1 813	203	811	220	1 140	452	795	916
Ostrácodos	--	--	--	--	4	--	--	--	--	--	--	--	0,3
Cladóceros	--	--	--	--	410	12	--	7	573	--	44	--	87
Chironómidos	--	--	--	9	9	--	8	--	--	--	--	--	2
Otros	--	--	--	3	9	--	--	--	--	--	--	--	1
TOTAL	2 264	1 406	878	350	1 121	1 862	215	818	793	1 140	508	795	1 012,3

(:.) No se reportan organismos.

Anexo Nº 05 Biomasa (gr/l) mensual del zooplancton de la laguna Suches, según categoría taxonómica de agosto 96 a julio 97

GRUPO	1996					1997							PROMEDIO
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	
Anfipodos	--	--	0,1878	0,414	--	0,8694	0,0939	--	--	--	0,2819	--	0,15392
Copépodos	0,869	0,5351	0,3347	0,1347	0,2924	0,7927	0,0884	0,3333	0,092	0,4878	0,19	0,3373	0,37895
Ostrácodos	--	--	--	--	0,0002	--	--	--	--	--	--	--	0,00002
Cladóceros	--	--	--	--	0,0549	0,0016	--	0,0009	0,0768	--	0,0059	--	0,01118
Chironómidos	--	--	--	0,3386	0,3386	--	0,3362	--	--	--	--	--	0,08445
Otros	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
total	0,869	0,5351	0,5225	0,8873	0,6861	1,6637	0,5185	0,3342	0,1688	0,4878	0,4778	0,3373	0,62852

(--)-- No se reportan organismos

ANEXOS DE FOTOS

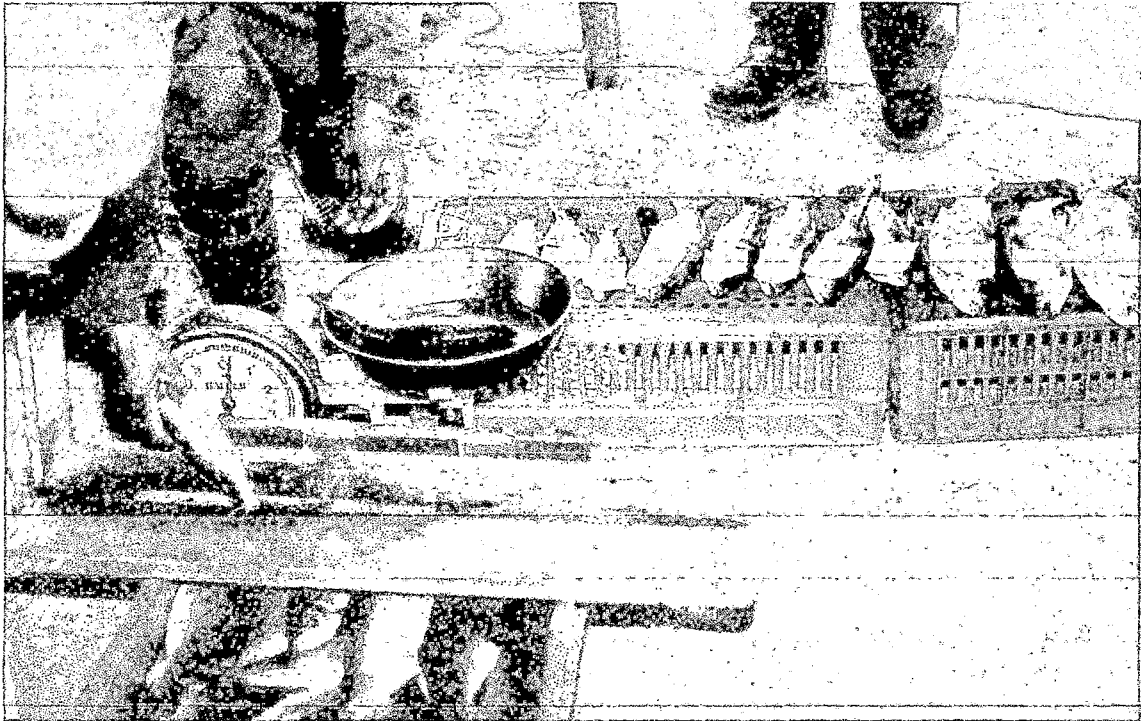


Foto N° 01 Muestreo Biométrico de Truchas en Laguna Suches

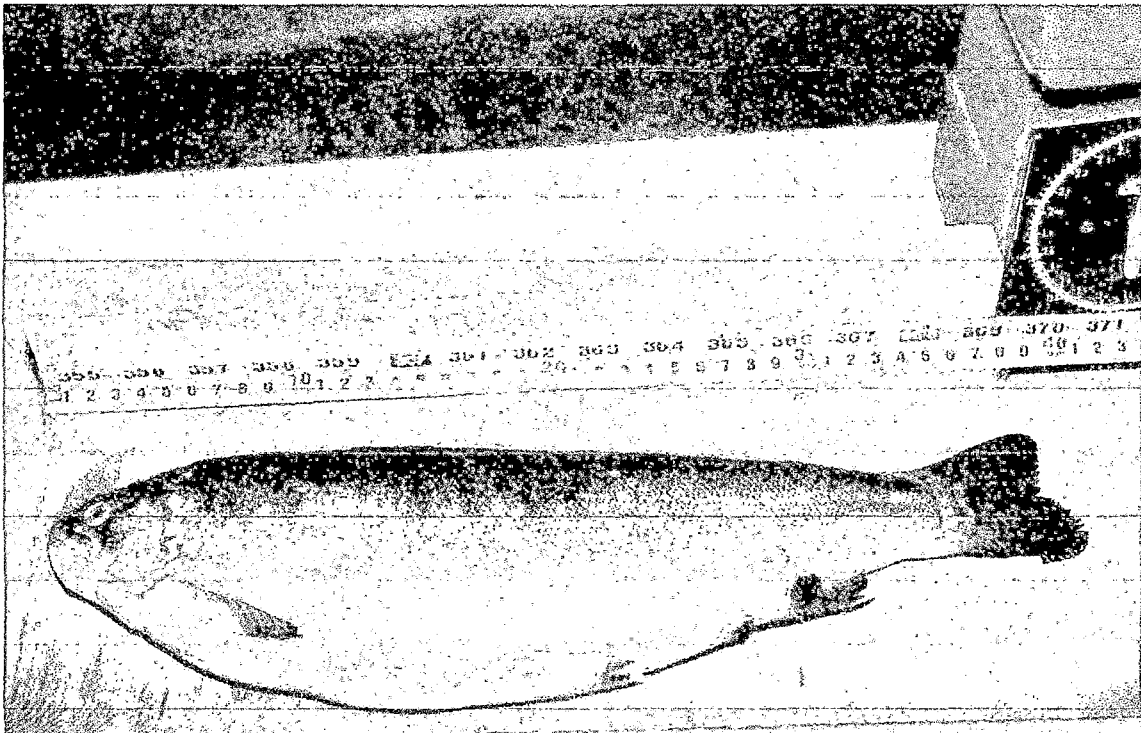


Foto N° 02 Ejemplar Adulto de 40 cm de Longitud de la Laguna Suches

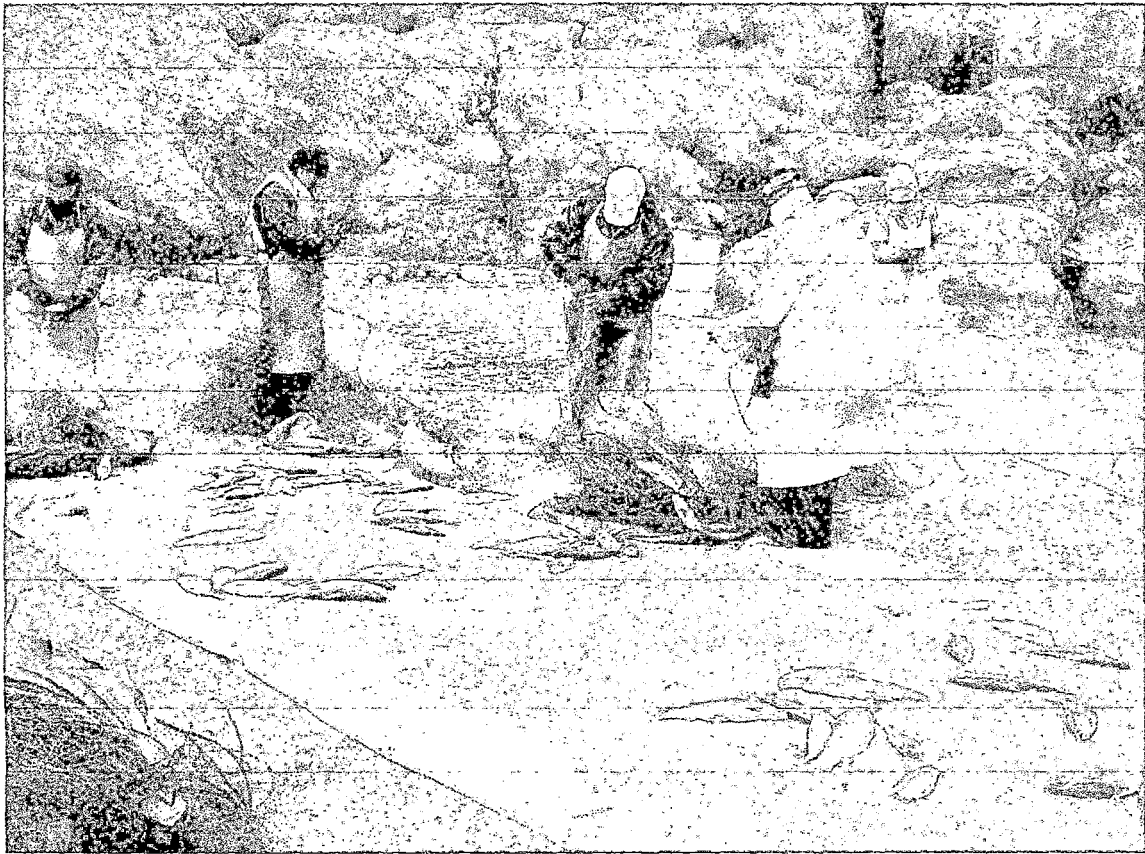


Foto N° 03 Extracción de Truchas por Redes de Cortina



Foto N° 04 Trucha Capturada por cada Extracción