

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE ACUICULTURA Y CIENCIAS VETERINARIAS
ESCUELA DE ACUICULTURA**



**APROVECHAMIENTO DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES
DE INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE SALMONES EN
PISCICULTURAS, EN EL ENGORDE DE CAMARÓN DE RÍO DEL
SUR, *Samastacus spinifrons*, Philippi 1882**

Tesis de Grado presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de Licenciado
en Ciencias de la Acuicultura.

**RAÚL ADRIÁN PALMA CARMONA.
TEMUCO
2004**

ÍNDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	3
1 INTRODUCCIÓN	5
2 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	12
3 OBJETIVO	20
3.1 OBJETIVO GENERAL:	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
4 HIPÓTESIS	21
4.1 HIPÓTESIS PARA OBJETIVO GENERAL	21
4.2 HIPÓTESIS PARA TEMA ESPECÍFICO	21
5 MATERIALES Y MÉTODOS	22
5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE EXPERIMENTACIÓN.	22
5.1.1 Unidad de engorde de peces	23
5.1.2 Unidad de recepción del efluente (U.R.E)	26
5.1.3 Unidad de distribución de sólidos (U.D.S.)	28
5.1.4 Sistema de suspensión de sólidos	29
5.1.5 Unidades de experimentación	30
5.2 MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	33
5.3 ANÁLISIS PRÓXIMAL	34
5.4 VARIABLES MEDIDAS	37
5.4.1 Sedimento acumulado	37
5.4.2 Parámetros zootécnicos	37
5.5 BALANCE DE MATERIA PARTICULADA	42
5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	43
5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	44
6 RESULTADOS.....	45
6.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS.....	45
6.1.1 Parámetros físico-químicos del agua.....	45
6.1.2 Análisis proximal	53
6.1.3 Parámetros zootécnicos	54
6.2 BALANCE DE MATERIA PARTICULADA.....	60
7 DISCUSIÓN	62
8 CONCLUSIÓN.....	72
9 BIBLIOGRAFÍA.....	73

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.- Recursos hidrobiológicos de cultivo potencial comercial en Chile	17
Tabla 2.- Registro de temperatura entre período de muestreo	46
Tabla 3.- Promedios de parámetros físico - químicos del agua de cultivo	46
Tabla 4.- Análisis de Wilcoxon para el parámetro Sólidos suspendidos	48
Tabla 5.- Análisis de Wilcoxon para el parámetro Alcalinidad	49
Tabla 6.- Análisis de Wilcoxon para el parámetro Dureza Total	50
Tabla 7.- Análisis de Wilcoxon para el parámetro Amonio	52
Tabla 8.- Contenido promedio de materia sedimentada	52
Tabla 9.- Composición proximal de materia sedimentada	53
Tabla 10.- Patrón de crecimiento de <i>Samastacus spinifrons</i> en sistema de cultivo.....	54
Tabla 11.- Estimación de curva de crecimiento de <i>Samastacus spinifrons</i>	55
Tabla 12.- Estimación de curva de relación Peso – Longitud de <i>Samastacus spinifrons</i> ..	56
Tabla 13.- Parámetros zootécnicos (Base Seca).....	58
Tabla 14.- Relación Peces (Salmones: Alevines – Smolts) – Efluentes - Camarones.....	59

ANEXO

Figura 1.- Cosecha y exportación de productos acuícolas (1993 – 2002).....	7
Figura 2.- Cosecha y exportación de salmones (1993 – 2002).....	8
Figura 3.- Descripción del sistema de experimentación.....	22
Figura 4.- Unidad de engorde de peces.....	24
Figura 5.- Vista superior del tanque de recepción del efluente.....	27
Figura 6.- Vista lateral de la unidad de recepción del efluente.....	27
Figura 7.- Vista lateral unidad de distribución de sólidos.....	28
Figura 8.- Vista superior de U.D.S. y U.E.	29
Figura 9.- Vista lateral unidad de distribución y suspensión de sólidos.....	30
Figura 10.- Vista lateral de unidades de experimentación y U.D.S.....	32
Figura 11.- Diagrama de balance de materia.....	42
Figura 12.- Temperatura promedio durante el periodo 30/10/2003 a 04/03/2004.....	45
Figura 13.- Tendencia de sólidos suspendidos.....	47
Figura 14.- Línea de Tendencia de la alcalinidad total (mg de CaCO_3/L).....	48
Figura 15.- Línea de tendencia de la Dureza Cálrica (mg de CaCO_3/L).....	50
Figura 16.- Comportamiento del Amonio en el mes de enero y marzo del año 2004.....	51
Figura 17.- Promedio de materia sedimentada por tratamiento.....	53
Figura 18.- Curva de crecimiento para <i>Samastacus spinifrons</i>	55
Figura 19.- Relación Longitud (cm) – Peso (g), según días de muestreo.....	56
Figura 20.- Intervalo de confianza del 95% para el peso (g) medio por réplica.....	57
Figura 21.- Intervalo de confianza del 95% para la Longitud media (cm), por réplica.....	57
Figura 22.- Tendencia de la mortalidad de <i>Samastacus spinifrons</i>	58
Figura 23.- Balance de materia sedimentada.....	61
Figura 24.- Ubicación de Piscicultura Río Pescado.....	85
Figura 25 - Vista Sur de Sistema de cultivo.....	85
Figura 26.- Tanque de Recolección de Materia Orgánica.....	86
Figura 27.- Tanque de Distribución de Materia Orgánica.....	86
Figura 28.- Vista Norte de unidades experimentales.....	87
Figura 29.- <i>Samastacus spinifrons</i> (Ejemplar Juvenil).....	87
Figura 30.- Cápsulas de desecación para determinación de materia orgánica.....	88

RESUMEN

El presente trabajo tiene su origen en la preocupación por atenuar impactos que se generan en la acuicultura, específicamente, sólidos que salen de las pisciculturas. Estos pueden ser disminuidos mediante su transformación en productos de buen valor en el mercado, como son los camarones.

En él se evaluó la disminución de materia orgánica proveniente de las pisciculturas a través del engorde de juveniles de camarón de río ***Samastacus spinifrons***, en unidades de sedimentación. Se efectuaron dos tratamientos con tres repeticiones: T-A: Sin camarones (Control) y T-B: Con camarones.

En las unidades de experimentación se sembraron juveniles de ***S. spinifrons*** a una densidad de 28 individuos por metro cuadrado. El material consumido por ***Samastacus spinifrons*** fue sólo materia proveniente del efluente del tanque de engorde de alevines de salmones, que se acondicionó para el desarrollo de la experiencia. Se realizó seguimiento a los factores físico – químicos del agua a las entradas y salidas de ambos tratamientos; habiéndose obtenido rangos de temperatura entre 8,2 °C. y 15,4 °C.; Promedios de sólidos suspendidos de 1,6 mg/L.; Alcalinidad Total de 19,3 mg/L de CaCO₃; Dureza Total de 15,6 mg/L de CaCO₃ y 0,309 mg/L de Amonio.

Los resultados que arroja la presencia de camarones en las unidades de experimentación es una disminución del 4,21 % de material sedimentado, en un total de 125 días de experimentación, un incremento de biomasa de camarones 2,34 g, un factor

de conversión alimenticia de 1,73, una eficiencia de conversión de 57,88% y una mortalidad total de 39,3%.

Como conclusión se puede, decir que la efectividad del sistema planteado, es decir, la disminución de carga orgánica y factibilidad del engorde de juveniles de ***Samastacus spinifrons*** dependerá o estará estrechamente ligado a la densidad de cultivo de los camarones y la temperatura del agua de la piscicultura en que se aplique el sistema.

SUMMARY

The present work has his origin in the worry for attenuating impacts that generate in the aquaculture, specifically, solid that go out of the fish farming's. These can be diminished by means of his transformation in products of good value on the market, since they are the crayfish.

It was evaluated the reduction of organic matter coming from fish farming dedicated to rear salmon smolts, in juveniles growing out phase of ***Samastacus spinifrons***. They were placed into experimental sedimentation units where two treatments were performed with three repetitions: T-A, without crayfish (control) and T-B with crayfish.

Juveniles of ***S. spinifrons*** were seeded at 28 individuals per square meter. The material consumed by de crayfish came from the effluents of the salmon smoltings installation, acondicionated for the experience work. Physical and chemical factors of the water were evaluated at influent and effluents points in both treatments, having a temperature range between 8,2 and 15,4 °C; Suspended solids, 1,6 mg/L; Total alkalinity, 19,3 mg/L of Ca CO₃; Total hardness, 15,6 mg/L of CaCO₃; and Ammonia, 0,309 mg/L.

The presence of crayfish into sedimentation tanks results in a reduction of 4,21 % of matter, during 125 days, a biomass increasing of 2,34 g, a feed conversion factor of 1,73, a conversion efficiency of 57,88% and a total mortality of 39,3%.

Since conclusion can, say that the efficiency of the system raised, that is to say, the decrease of organic load and feasibility of should put on weight of juvenile of ***Samastacus***

spinifrons it will depend or narrowly tied to the density of culturing of the crayfish and the temperature of the water of the fish farming in which the system is applied.

1 INTRODUCCIÓN

La alimentación es una de las funciones más importantes de un organismo, pues a partir de ella se obtiene la energía necesaria para efectuar una serie de funciones importantes entre las que se incluyen crecimiento, desarrollo y reproducción; de manera que la calidad del alimento y su disponibilidad son esenciales para el óptimo desarrollo de las especies (Rosales, 1976).

El objetivo principal de la acuicultura es la producción de especies acuáticas bajo condiciones controladas o semicontroladas por el hombre (Barnabé, 1996). La demanda de pescado y otros productos acuícolas han experimentado un incremento mundial particularmente pronunciado en Europa y otras áreas desarrolladas, (Rhodes *et al.*, 1993 en Robaina, 1998). La industria de la acuicultura continua creciendo de acuerdo a la demanda de recursos acuáticos, a diferencia de los productos de las pesquerías extractivas que continúan decayendo (Timmons *et al.*, 1994). Durante la última década la actividad de los centros de cultivo de recursos biológicos acuáticos en el mundo, se ha incrementado notoriamente, con un tonelaje para el año 2002 de alrededor de las 270 mil toneladas (Aguayo, 2003) y estimándose que para el año 2005 la producción pasará las 400 mil toneladas, por lo que el sector salmonicultor presenta una tasa de crecimiento promedio en la última década de entre 15 y 21% anual (Aguayo, 2003; Méndez, 1998).

Se estima que a nivel mundial, la producción acuícola se ha incrementado a razón de un 20% anual (Raa, 1997), contribuyendo en la producción de alimento de origen acuático con un 30% de la totalidad de la producción mundial (FAO, 1998). En algunos casos este crecimiento constituye una respuesta a los mayores volúmenes de capturas o

cultivo que presentan determinados recursos y la diversificación de la actividad, elaborándose productos de mayor valor agregado y comercial (CONAMA, 1999). Los consumidores han demostrado una marcada diferencia por los productos de cultivo, ya que éstos son más consistentes en calidad y presentación, y tienden a tener un sabor más suave que los productos de vida silvestre (Timmons *et al.*, 1994).

La acuicultura aportó el 20% de la producción pesquera mundial (29% del pescado destinado a la alimentación humana), en 1996. La mayor parte de la producción acuícola (15,1 millones de toneladas) tuvo su origen en aguas dulces. Del resto, 9,7 millones de toneladas se produjeron en ambiente marino y aproximadamente 1,6 millones de toneladas en ambientes salobres. Estas cifras no comprenden la producción de plantas acuáticas, que ascendió a 7,7 millones de toneladas en 1996 (FAO, 1998). Además señala que la producción mundial de salmón en 1998 llegó a las 1,29 millones de toneladas con una proyección de cultivo de salmón y trucha entre 1,6 millones a 1,8 millones de toneladas para el 2005 y de 2 millones de toneladas para el 2010 (Compendio de Acuicultura, 2001).

Chile es un país con una ventaja competitiva gracias a la calidad de sus aguas y condiciones ambientales favorables para el cultivo de recursos hídricos, las cuales permiten obtener una producción de alta calidad (Subsecretaría de Pesca, 2003).

El sector acuícola ha ganado gradualmente importancia dentro de la valoración de la actividad pesquera nacional, ya que para 1993 las exportaciones de los productos provenientes de la acuicultura solo representaban el 28% del total exportado, mientras que en el 2002 superó su valor de exportación en un 5% del total nacional alcanzando el

54% del mismo (Subsecretaría de Pesca, 2003), obteniendo un desarrollo explosivo en Chile en los últimos años (Figura 1)

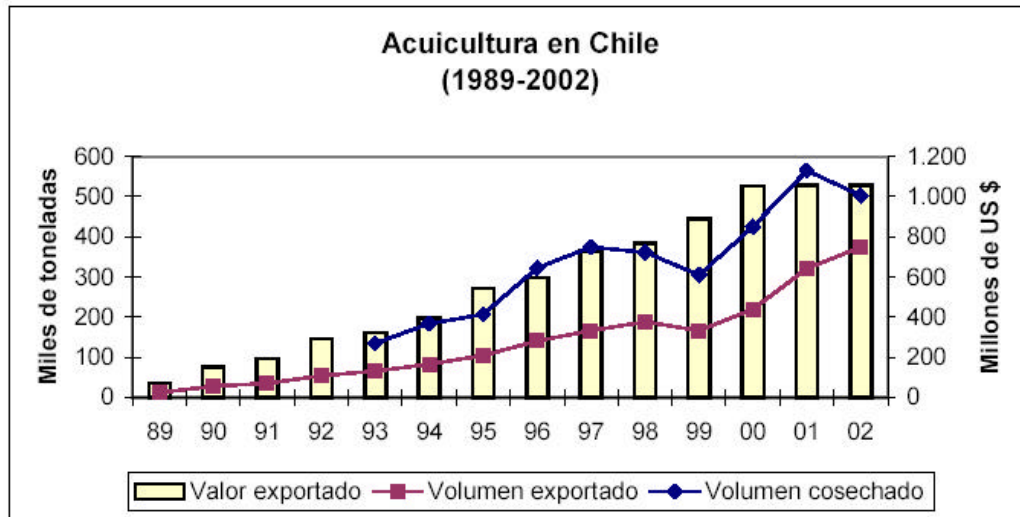


Figura 1.- Cosecha y exportación de productos acuícolas (1993 – 2002)

*Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Subsecretaría de Pesca

Hoy en día existen más de 800 centros acuícolas en el país, la gran mayoría concentrada en la producción de salmones y truchas, destinada hacia los mercados externos. Las exportaciones de éstos han experimentado un crecimiento exponencial, (Terram, 2001). Según el Servicio Nacional de Pesca y la Subsecretaría de Pesca, este crecimiento se debió a que durante los últimos 13 años la cosecha de 1989 aumentó de 11.675 toneladas a 428.644 toneladas cosechadas en el año 2002. Este se puede dividir en tres periodos: 1989-1994, 1994-1998 y 1998-2002. En términos porcentuales, la variación anual de la producción, muestra una tendencia decreciente al pasar de un incremento anual promedio del 155%, 39% y 30% para los tres períodos, respectivamente. Sin embargo, un análisis en términos físicos, presentó una tendencia creciente al mostrar variaciones anuales promedio de 18.000 ton, 39.500 ton y 76.800 ton para los tres períodos, respectivamente. El avance de la acuicultura ha producido en muchos casos la contaminación de las aguas o eutrofización, y como consecuencia ha puesto en peligro la sustentabilidad de la industria (Subsecretaría de Pesca, 2003).

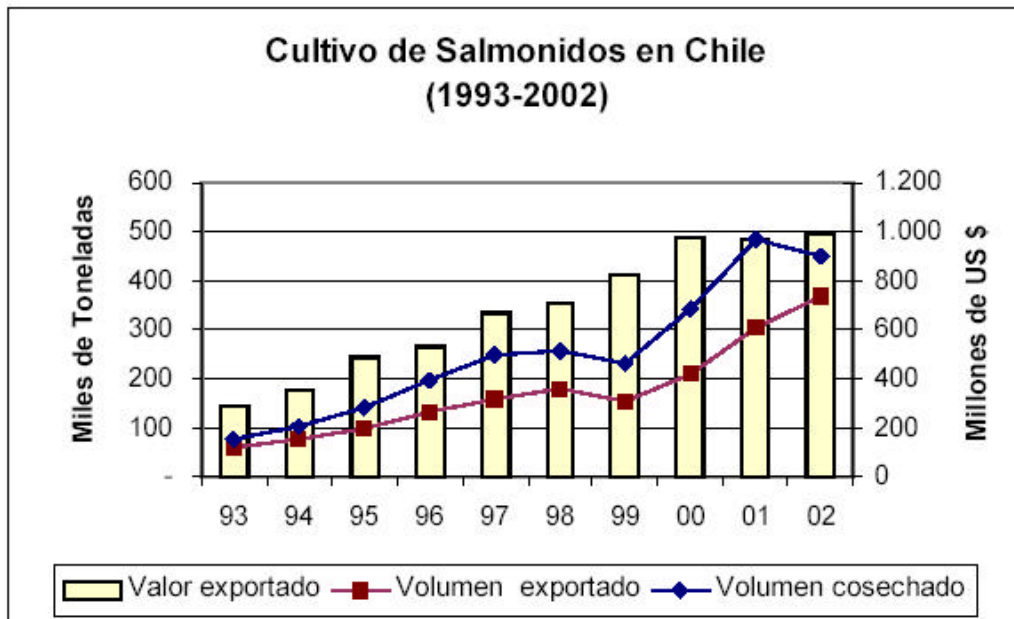


Figura 2.- Cosecha y exportación de salmones (1993 – 2002)

*Fuente: Servicio Nacional de Pesca y Subsecretaría de Pesca

En Chile, la acuicultura está principalmente enfocada a los salmones, la cual ha sido la actividad más dinámica, llegando a constituirse en el rubro que genera el mayor valor dentro de las exportaciones pesqueras, obteniendo un crecimiento no sólo notable en la valoración de la industria, sino que también en la tasa de crecimiento histórico del sector, centrado en las áreas costeras de la X región, y recientemente en la XI región, donde se realiza la engorda en balsas jaulas, ubicadas en canales, fiordos, bahías y lagos. La otra parte del ciclo del salmón (principalmente la IX y X región), se realiza en agua dulce, la cual está enfocada principalmente a la incubación y la producción de alevines y smolts (Aquanoticia N°65, 2001).

La salmonicultura se divide en dos etapas claramente definidas, las cuales son la parte de agua salada (centro de engorda), y centro de piscicultura o agua dulce (reproducción, incubación, alevinaje, y smoltificación) (Ley 18.892, 1989).

Los centros de agua dulce o tierra se caracterizan porque están enfocados a sólo una parte del ciclo vital o de producción. El flujo productivo de estos centros, es relevante principalmente cuando se trabaja con más de una especie a la vez (Bardach et. Al., 1982).

El flujo productivo de una piscicultura o centro de tierra, se pueden distinguir cuatro unidades básicas: sala de desove, sala de incubación y familias, sala de alevinaje y tanques de smoltificación. Hablando productivamente, el desove debe ser de la forma más rápida posible para asegurar la calidad de los gametos; la recepción de ovas se caracteriza por la desinfección de éstas a través de yodo generalmente, este periodo, culmina con el inicio de la alimentación exógena o primera alimentación, iniciándose el tercer periodo que es llamado alevinaje, el cual se extiende desde el inicio de la primera alimentación hasta cuando el pez alcanza a los 20 gramos de peso aproximadamente, para terminar finalmente en la etapa de smoltificación, donde el pez sufre una serie de cambios fisiológicos, siendo el peso, el indicador más importante para la adaptación al agua de mar, la cual está determinada por especies, que fluctúa entre los 40 y 80 gramos para salmones y 80 a 100 gramos para truchas (Austreng *et al.*, 1987).

A 20 años del inicio de la acuicultura se han constatado los importantes beneficios económicos y sociales de la misma, así como también la importancia de resguardar las condiciones ambientales, ya que esta actividad también genera interacciones con el ambiente donde se desarrolla (Subsecretaría de Pesca, 2003).

La acuicultura, como otras muchas actividades, es dependiente del empleo de recursos naturales como el agua, la tierra, la semilla y la comida (FAO, 1997). Esto se debe esencialmente por el empleo de los mismos por parte de acuicultores, ya que para asegurar una cantidad y calidad de estos recursos se interrumpen las interacciones

ambientales. Las interacciones de la acuicultura ya han sido estudiadas en la literatura (e.g. Chua et al., 1989; GESAMP, 1991; Barg, 1992; Phillips, 1995a, 1995b; Rosenthal, 1997). El incremento productivo que ha traído la salmonicultura al país, presenta procesos claros y definidos que generan cierto riesgo ambiental, (CONAMA, 1999), los cuales son producidos por la generación de mayores cantidades y tipos de residuos, el uso cada vez más limitante de terrenos y cuerpos de aguas, así como también la integración con otras actividades, Estos aportan residuos orgánicos sólidos o líquidos que pueden afectar los cuerpos receptores (Aguayo, 2003).

Los aportes de la carga orgánica son causados por un proceso industrial o bien de un cultivo intensivo, el cual se caracteriza por tener un mejor control del proceso productivo, generalmente con densidades más altas, suministro de fertilización, alimentación natural y artificial (Barnabé, 1991), el cual es generado principalmente en pisciculturas o balsas-jaulas (Messieh, 1992). Uno de los principales problemas que ha debido enfrentar la industria salmonicultora en el último tiempo, tiene relación con el tema medioambiental, principalmente el uso de antibióticos y otros químicos como los antifoulings y desinfectantes (Bushman, 2001).

Según lo establecido por la ley, todos los proyectos de acuicultura deben someterse a evaluaciones ambientales multisectoriales previo a su ejecución. En el ámbito sectorial, se promulgó el reglamento ambiental (RAMA) DS (MINECOM) N° 320/2001, que estableció requerimientos para el desarrollo de la actividad, con el objetivo de prevenir los impactos asociados (Subsecretaría de Pesca, 2003).

En los centros de cultivo en tierra, y en particular los centros de smoltificación, presentan un aportes plenamente identificados como son los restos de alimento no

consumido, estimados en un 20% para la Acuicultura Europea (Ackefors & Enell, 1992), fecas, las cuales varían según el ciclo metabólico y tasa alimenticia, productos químicos y drogas utilizadas para el control de enfermedades y parasitismo, las que son eliminadas a una piscina de decantación diseñadas para que el material particulado sea retenido y posteriormente tratado y reducido. De no ser así, se tendrían efectos similares a los descritos en los cultivos en balsas-jaulas (Gowen & Bradbury, 1987). El conjunto de residuos originados por esta actividad, descritos anteriormente, se les conoce como fangos residuales o lodos, los cuales se deben ser tratados y certificados (CONAMA, 1999).

En la disciplina de Ingeniería en acuicultura se deben integrar una serie de puntos, además de los que respecta a la biología de cultivo, estos son los aspectos económicos y de manejo, que influyen positiva y negativamente en el desarrollo económico. Dentro del ámbito laboral del acuicultor, se observan que existen áreas no exploradas, y que en este momento limita el campo laboral del Ingeniero. Es por esto, que el Ingeniero en acuicultura debe poseer una visión innovadora respecto a las áreas de desarrollo integral además de tener un cuidado especial en el medio ambiente, a su vez y optimizando los recursos para beneficio de la empresa o entidad estatal en que labore

Este trabajo tiene su origen en la preocupación por atenuar impactos que se generan en la acuicultura, específicamente, sólidos que salen de las pisciculturas que hacen cuestionar la sustentabilidad de esta actividad. En consecuencia, ésta propuesta trae tres beneficios: se podrá complementar los procesos biológicos naturales de purificación de las aguas residuales, habrá una recuperación de materiales energéticos y nutrientes, y estos se transformarán en producto de valor agregado.

2 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Los impactos acuáticos varían según el tipo de cultivo y las características ambientales locales en donde se desarrolle, aspectos tipológicos como hidromorfometría, geomorfología, caracterización de las componentes bióticas (diversidad, riquezas específicas, tramas tróficas, etc.), y los parámetros de calidad de agua como pH, alcalinidad, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno y concentración de sólidos totales (MOPT, 1992).

Los impactos ambientales asociados al cultivo de salmones en la piscicultura, se relacionan principalmente con la generación de residuos líquidos y sólidos y, en menor medida, con la generación de olores y ruidos. La generación de residuos sólidos consta de un manejo habitualmente diversos entre centros de cultivos; y los residuos líquidos que se generan presentan como cuerpo receptor, el curso de agua superficial utilizado para la extracción del recurso agua (Aguayo, 2003).

Depuración de aguas es el nombre que reciben los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de centros industriales y de cultivo (Unda, 1998). Estas aguas son resultados de actividades del proceso de cultivo, así como el origen, la composición y cantidad de desechos (Cortes, 1999). Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual (Metcalf & Eddy Inc., 1991).

Generalmente las aguas residuales son transportadas desde el punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías, generalmente clasificadas según tipo de agua residual que circule por ellas (Metcalf & Eddy Inc., 1991).

Actualmente, la gestión de residuos que se tiende a realizar en los centros acuícolas, consiste en empleo de piscinas de sedimentación para separar los sólidos sedimentables del agua utilizada por la piscicultura y que posteriormente procede a devolverse a su cauce natural (Nuñez & Salas, 2000). Estos tubos conducen el agua residual de los tanques y suelen ser más pequeños y fabricados de cemento, fibrocemento o PVC, o Polietileno, siendo necesario que la tubería tenga pendiente para permitir un flujo con una velocidad mínima de 0,46 m/segundo, ya que a velocidades más bajas, la materia sólida tiende a depositarse (Metcalf & Eddy Inc., 1991).

Las aguas residuales una vez que han pasado por el pozo de sedimentación y decantados la mayoría de los sólidos cambian de nombre, y pasa a llamarse “efluente”. Efluente es el caudal de aguas residuales que sale de la última unidad de conducción o tratamiento (www.marn.gob.sv, 2004), y la mezcla de sustancias o materia orgánica que se depositan en los fondos de los tanques de cultivo y pozos sedimentación se conocen como fangos residuales o lodos. Estos pozos deben tener una eficiencia de sedimentación capaz de separar el 85% de sólidos sedimentables provenientes de las instalaciones piscícolas, en base a una metodología dispuesta en el D.S. N° 427/1989,

Los efluentes contienen principalmente fecas y orinas producidas por los procesos de egestión y excreción metabólica de los peces y alimento no ingerido derivados de la alimentación exógena (Flores, 1995), lo que provoca cambios físicos y químicos en el agua (Hellawell, 1989), modificaciones de la productividad primaria y secundaria, cambios en el sedimento de ríos, poblaciones y comunidades bentónicas (Weston, 1990).

Dentro de esta materia orgánica que se deposita en lagunas de sedimentación se encuentra principalmente alimento no digerido por los peces, los que se estiman en un

20% para la Acuicultura Europea (Ackefords & Enell, 1992), deposiciones de peces, las que varían según el ciclo metabólico y tasa alimenticia, restos de peces muertos, materia orgánica ajena al cultivo como son: hojas, madera, insectos muertos, etc., asimismo se acumulan materias inorgánicas como arena y piedras de pequeño tamaño entre otras (Nuñez & Salas, 2000).

Existen normativas, leyes y códigos que cubren gran variedad de aspectos y situaciones tales como: emisiones gaseosas, vertidos líquidos, residuos sólidos, reciclado, sustancias peligrosas, ubicación de centros y prevención de riesgos laborales, entre otras.

El Servicio Nacional de Pesca es la institución ejecutora y fiscalizadora de la Ley General de Pesca y Acuicultura, y desde su creación, tiene la tarea de velar por el uso racional de la protección de la vida acuática del país, abarcando su jurisdicción a todos los sistemas acuáticos, sean estos dulces o marinos.

La Ley General de Pesca y Acuicultura es una norma que está dirigida a la administración y conservación de los recursos, especies hidrobiológicas y el medio que las sustenta; constituyendo el marco de referencia legal del accionar del SERNAPESCA. A la vez la subsecretaría de pesca genera el "Reglamento Ambiental para la Acuicultura" (RAMA) DS (MINECOM) N° 320/2001, el cual se aplica a todo tipo de actividad de acuicultura constituyéndose en uno de los cuerpos legales más importantes para la actividad, cuyos objetivos son: evitar que se supere la capacidad de carga (recepción de materia orgánica), de los cuerpos de agua para mantener la acuicultura y evitar el deterioro general del medio ambiente.

En marzo del 2002 el Ministerio Secretaria General de la Presidencia, establece la “Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas”, en la cual se define estándares físicos, químicos y biológicos con disposición final en suelos.

Por otro lado, el Servicio de Salud Ambiental a través del código sanitario y Superintendencia de Servicios Sanitario, dicta el Decreto Supremo N° 90/2001 “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales”, que establece las concentraciones máximas de contaminantes permitidas para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales, siendo su principal objetivo la protección ambiental y prevenir la contaminación de las aguas mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Estos residuos están normados a través de la Resolución Exenta N° 27 o “Reglamento para el Manejo de Lodos no Peligrosos Generados en Plantas de Tratamientos de Aguas”.

Se debe realizar una diferenciación entre el tratamiento de las aguas recirculadas y residuales, ya que el primer término considera el tratamiento de las aguas de un proceso que debe cumplir con un número mayor de parámetros de calidad más exigentes que los del agua residual. Con esta agua se tiene un especial cuidado de mantener y mejorar la calidad, retirando por separado los residuos sólidos que se acumulan en el fondo de los estanques, de tal manera que no afecten las etapas posteriores de purificación. Lo mismo ocurre cuando se realizan desinfecciones con productos químicos en las superficies de los tanques o baños curativos con antibióticos, desechando estas aguas residuales directamente al desagüe, sin pasar por las etapas de purificación, ya

que los desinfectantes y antibióticos utilizados destruyen los lechos bacterianos de las etapas de degradación del amoníaco (Lawson, 1994).

En la industria acuicultora no se ha dimensionado con precisión el daño que podría causar los lodos residuales de piscicultura en el ecosistema acuático y terrestre si no fuesen tratados (Nuñez & Salas, 2000). Las empresas vienen mostrando interés en temas ambientales, dado los requerimientos de certificación ambiental exigido por los clientes, motivo por el cual, es una de las principales preocupaciones la retención y separación de sólidos en estanques sedimentadotes. Hay que mencionar, que Chile, siendo el primer productor mundial de salmón y trucha, puede ser considerado como uno de los mayores productores de estos fangos residuales.

Debe entenderse por residuo sólido, todo material de desecho que posea una cantidad menor a 50% de agua. Según esto, los fangos residuales caen dentro de esta categoría (Nuñez & Salas, 2000).

Cortes (1999), establece que la mayor parte de los residuos sólidos provenientes de la salmonicultura provienen de la X región y que éstas representan un 70% de los sólidos vertidos por esta actividad al país. Aunque no se ha determinado la cantidad exacta de sólidos residuales que produce el cultivo total de truchas y salmones durante un año, se puede decir que un tanque de reproductores, de 54 metros cúbicos aportan dos toneladas anuales (Nuñez & Salas, 2000). Hay que mencionar que es de esperar que el crecimiento de la industria salmonera vaya acompañado por un aumento de los residuos sólidos (Cortes, 1999).

Las sustancias que pueden entrar a lagos y cursos de agua, como lo son los nutrientes vertidos por la salmonicultura, pueden causar exagerado crecimiento de algas y plantas acuáticas, interfiriendo con el funcionamiento del ecosistema; la interacción de animales, plantas, humanos y comunidades de microorganismos, influyendo en los procesos de degradación y alterando la calidad de las aguas que son aprovechadas por cualquier animal superior, organismo acuático, o plantas. (Nuñez & Salas, 2000).

Teniendo en consideración lo antes descrito, se espera sacar provecho a una piscicultura y disminuir el aporte de materia orgánica utilizando el concepto de cultivo integrado, para lo cual se utilizaría el cultivo de camarones nativos como beneficiario de ésta, ya que como es sabido todos los crustáceos son capaces de alimentarse de detritus bentónicos (Lee & Wickins, 1997). Estos hábitos alimenticios, hacen de los camarones un cultivo potencial según el Servicio Nacional de Pesca y Subsecretaría de Pesca (2003), lo cual traería un beneficio a la acuicultura nacional y la haría más sustentable (Tabla 1).

Tabla 1.- Recursos hidrobiológicos de cultivo potencial comercial en Chile

Tipo	Nombre común	Nombre Científico	Origen
Crustáceos	Langosta de agua dulce	<i>Cherax tenuimanus</i>	Introducido
	Centellón	<i>Paralomis granulosa</i>	Nativo
	Camarón de río del sur	<i>Samastacus spinifrons</i>	Nativo
	Camarón de río del norte	<i>Cryphiops caementarius</i>	Nativo
	Camarón tigre	<i>Penaeus japonicus</i>	Introducido
	Langosta australiana	<i>Cherax quadricarinatus</i>	Introducido
	Centolla	<i>Lithodes santilla</i>	Nativo

Dentro de este ámbito, el rubro de camarones se caracteriza por presentar un gran valor en distintos países, dentro de las cuales, el año 2001, se transaron cerca de 578.000 millones de dólares (Saltarini, 2003). Los camarones de agua dulce, “crayfish” o “crawfish” en su aporte a la acuicultura ha ido aumentando con el correr del tiempo, incrementándose desde las 71.557 toneladas para el año 1992 a 514.451 toneladas para

el año 2001, lo que en su aporte a la acuicultura se traduciría en un 14% de participación de mercado (Saltarini, 2003).

En lo que respecta al cultivo de camarón de río se sabe que es una práctica común a nivel mundial, teniéndose niveles de producción del orden de 386.185 toneladas métricas por un valor de 1.808.098 miles de U\$ dólares, para el año 2000 (Saltarini, 2003). Los más conocidos para la acuicultura pertenecen a las familias Palaemonidae, Pandalidae, Astacidae, Cambaridae y Parastacidae. Internacionalmente el cultivo de estos ha sido desarrollado en España, Austria, Alemania, Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos. En este último la astacicultura involucra alrededor de 50 mil hectáreas de lagunas de cultivo, generando una industria de gran envergadura.

En las aguas continentales de Chile habitan 4 especies de la familia Parastacidae: ***Parastacus pugnax*** (Poeppig, 1835), ***Parastacus nicoleti*** (Philippi, 1882), ***Virilastacus araucanius*** (Faxon, 1914) y ***Samastacus spinifrons*** (Philippi, 1882); cuya distribución geográfica se extiende desde el río Aconcagua (32°55'S, 71°18'W) hasta la península de Taitao (46°30'S, 74°30'W), de éstos, ***Samastacus spinifrons***, habita en ríos y lagos pertenecientes a la región descrita anteriormente (Riek, 1971; Hobbs, 1991).

En general el conocimiento de estas especies es escaso, fragmentario, y disperso en revistas nacionales, internacionales, tesis, resúmenes de presentaciones en congresos e informes técnicos. En los últimos años, el interés por diversificar la acuicultura nacional ha incrementado la demanda por información bioecológica.

De las cuatro especies de camarón existentes en Chile sólo ***Samastacus spinifrons*** presenta características biológicas que hacen de ella la especie más atractiva

para la acuicultura. En los ríos ***S. spinifrons*** se ubica en las zonas de remansos, entre la vegetación de las orillas, en donde excava cuevas ribereñas poco profundas e individuales, o bien se refugia bajo troncos, ramas, o piedras.

Samastacus spinifrons es politrófico, al igual que todas las especies de camarones de río del mundo. En los ejemplares de esta especie la relación talla y peso varía exponencialmente. En ambos sexos, los ejemplares de 15,0 mm de longitud céfalo torácica (LCT), pesan aproximadamente 1 g, los de 30,0 mm de LCT pesa 5 g. Sin embargo, los machos de 50,0 mm pesan 30 y 40g y las hembras sólo entre 25 y 30 g (ver Bocic *et al.*, 1998).

En la literatura relacionada con este parastácido de Chile, no existe ningún registro de muerte masiva de ejemplares, ni de enfermedades. Lo que sugiere que ***Samastacus spinifrons*** se encontraría libre de ellas. Rudolph *et al.* (1991) determinaron la composición proximal de la carne y desperdicios de ***Samastacus spinifrons***. Estos concluyeron que la carne de las quelas del primer par de periópodos y del abdomen de estas especies, presentan características químicas y alimentarias similares, y apropiadas para el consumo humano.

En la ribera del río Maullín, localidad de Llanquihue, los precios fluctúan entre \$ 3 mil y \$ 5 mil por kilo.

En el presente la Universidad Católica de Temuco ha hecho experimentos para determinar la adaptación al cautiverio, reproducción en cautiverio, maduración, apareamiento, producción de juveniles, y recientemente está experimentando con dietas para su alimentación en cautiverio de juveniles.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo General:

- ?? Disminuir el aporte de materia orgánica en las descargas de los efluentes de pisciculturas provenientes de instalaciones de producción de salmones, hacia los cuerpos de agua receptores, mediante el engorde de camarón de río, ***Samastacus spinifrons***.

3.2 Objetivos específicos:

- ~~///~~ Evaluar la disminución de la carga orgánica una vez ocurrido todo el proceso de engorde de juveniles de camarón de río del Sur ***Samastacus spinifrons***.
- ~~///~~ Evaluar la factibilidad del engorde de juveniles de camarón de río del Sur ***Samastacus spinifrons***, aprovechando la materia orgánica proveniente de instalaciones de producción de salmones
- ~~///~~ Determinar la tasa de crecimiento de juveniles de camarón de río del Sur ***Samastacus spinifrons***, en un ambiente con alta disponibilidad de materia orgánica.

4 HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis para objetivo general

~~Ho~~ **Ho**: La incorporación de juveniles de camarones de río ***Samastacus spinifrons*** en los tanques de sedimentación no disminuye el aporte de materia orgánica en las descargas de los efluentes de pisciculturas provenientes de instalaciones de producción de salmones, hacia los cuerpos receptores.

~~Ha~~ **Ha**: La incorporación de juveniles de camarones de río ***Samastacus spinifrons*** en los tanques de sedimentación disminuye el aporte de materia orgánica en las descargas de los efluentes de pisciculturas provenientes de instalaciones de producción de salmones, hacia los cuerpos receptores.

4.2 Hipótesis para tema específico

~~Ho~~ **Ho**: No es factible el engorde del camarón de río del Sur ***Samastacus spinifrons***, aprovechando la materia orgánica proveniente de instalaciones de producción de salmones.

~~Ha~~ **Ha**: Es factible el engorde del camarón de río del Sur ***Samastacus spinifrons***, aprovechando la materia orgánica proveniente de instalaciones de producción de salmones.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental de la presente tesis se realizó en las instalaciones de la piscicultura Río Pescado, ubicada a 23 Km. de la localidad de Puerto Varas, camino a Ensenada en la X región de Los Lagos (Figura 24), perteneciente a Marine Harvest Chile y en la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco entre el 26 de Agosto de 2003 y el 4 de Marzo del año 2004.

5.1 Descripción del sistema de experimentación.

El sistema de experimentación (Figura 3), estuvo conformado de: una unidad de engorde de peces U.E.P. (5.1.1), una unidad de recepción del efluente U.R.E. (5.1.2), una unidad de distribución de sólidos U.D.S. (5.1.3), un sistema de suspensión de sólidos (5.1.4), y seis unidades experimentales U.E. (5.1.5).

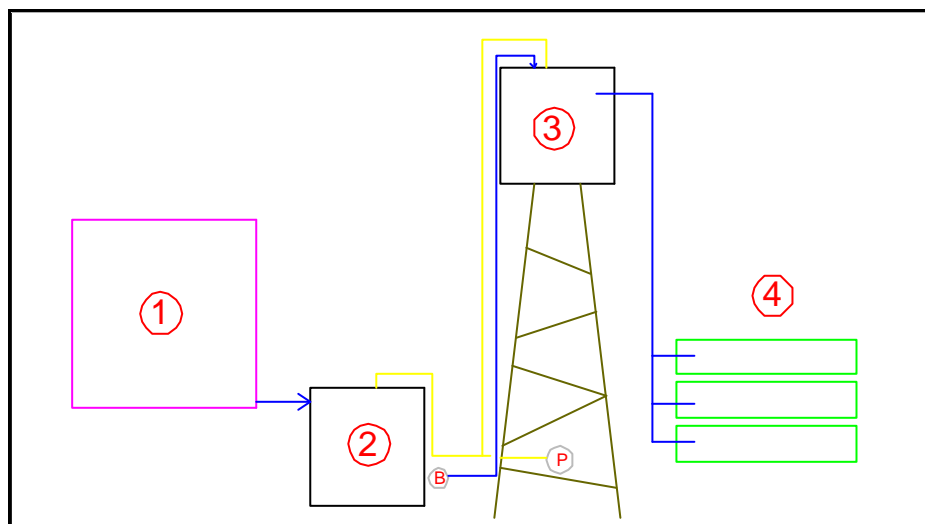


Figura 3.- Descripción del sistema de experimentación

*.- 1 = Unidad de engorde de peces; 2 = Unidad de recepción del efluente; 3 = Unidad de distribución de sólidos; 4 = Unidades experimentales; Sistema de suspensión de sólidos: P = Aireador; B = Bombas hidráulicas

El sistema de bombeo hacia la torre se realizó a través de dos bombas hidráulicas Pedroso de 40 L/min., la cual succionó el agua desde la unidad de recepción del efluente enviándolo a la unidad de distribución de sólidos.

La unidad de distribución de sólidos se encontraba en una torre de madera 1,8 m de altura, a la cual, se le hizo 6 perforaciones desde donde salieron las tuberías para cada unidad experimental. En la unidad de recepción del efluente y distribución de sólidos se instaló un sistema de aireación para que las partículas ingresarán de forma homogénea a las unidades de experimentación.

En el sistema de experimentación se utilizó un flujo de agua de 3,75 L/min. para cada unidad experimental.

5.1.1 Unidad de engorde de peces

La unidad de engorde de peces estuvo constituida por un tanque cilíndrico de fondo cónico de fibra de vidrio, con medidas de 2 m de diámetro x 1 m de altura cuya capacidad de almacenamiento de agua fue de 2m^3 , este tuvo una tasa de cambio de 1,8 y un flujo de agua constante de 60 L/min., el cual se reguló periódicamente, ya que por efecto de turbiedad del río, la válvula de regulación se tapaba con sedimento. La válvula también se cerró cuando fue necesario hacer aseo al tanque que contuvo los peces, ya que se depositó grasa en la superficie de la pared donde daba el nivel del agua. (Figura 4; Anexo: Figura 25- A).

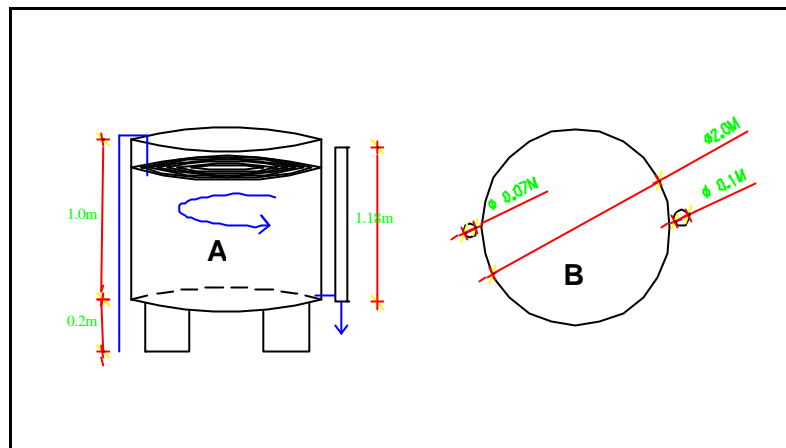


Figura 4.- Unidad de engorde de peces

*.- A = Vista lateral; B = Vista superior.

Para determinar qué biomasa debería tener el tanque que contendría los peces y sacar el mejor provecho productivo, se midió la altura del agua y el diámetro (volumen del tanque). Luego con la densidad de peces definida por la piscicultura se procedió a calcular la biomasa por medio de la siguiente fórmula:

$$B_t = D * V$$

Donde:

B_t = Biomasa de peces en el tanque
 D = Densidad de cultivo en el tanque (13 Kg/m³)
 V = Volumen del tanque (2 m³)

Por tanto, la biomasa total fue de 26 Kg en la unidad de engorde de peces, con esto se determinó el número de peces según la siguiente fórmula:

$$N_p = \frac{B_t}{\bar{P}_i}$$

Donde:

N_p = Número de peces en el tanque
 B_t = Biomasa de peces en el tanque (26 Kg)
 \bar{P}_i = Peso promedio individual de peces (0,0013 Kg)

En consecuencia, el número de peces empleado fue de 20.000 ejemplares de ***Onchorynchus kitsush***. Es importante mencionar que en el transcurso de la tesis, la densidad de cultivo en el tanque con peces aumentó por efecto del incremento en peso, manteniendo siempre el flujo y la tasa de cambio en el tanque. Para esto, se procedió a desdoblar los peces haciendo disminuir el número inicial de peces. Una vez sembrados los peces en la unidad de engorde fueron alimentados con un porcentaje corporal de 3,5%.

Para construir el sistema se eligió arbitrariamente dónde se instalaría el tanque de peces, y cuales serían su bocatoma y su efluente. Para la construcción del sistema hidráulico del engorde de peces se procedió a tomar agua del mismo canal que abastece los “raceways” de la piscicultura, para esto se ocupó una tubería de PVC de 0,11 m de diámetro, en la cual estuvo una llave tubular que dio el flujo de agua al tanque que contenía los peces.

Una vez que el agua se ocupó en el cultivo cayó por rebalse de la guillotina y el contenido pasó al U.R.E. para llevarlo al U.D.S. y luego a las unidades experimentales.

Para calcular el flujo de agua del tanque con peces se procedió a definir arbitrariamente cual sería la tasa de cambio (T.C. = 1,8), y se calculó el caudal en la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{T.C. * V}{60 \text{ min}}$$

Donde:

Q = Flujo de agua (L/min.)

$T.C.$ = Tasa de cambio

El caudal fue 60 L/min. Una vez hecho esto se procedió a verificar el flujo de agua utilizando un recipiente con capacidad de 10 L, y se calculó en cuanto tiempo se llenó (9,6 segundos)

El cálculo de alimento se consideró de la siguiente forma, se dijo que la biomasa de peces que contuvo el tanque sería multiplicada por el porcentaje de Peso Corporal (% PC), el cual daría el total de alimento a entregar diariamente. Así:

$$A.s. = B_p * \% P.C.$$

Donde:

$A.s.$ = Alimento suministrado a los peces (Kg)

B_p = Biomasa de peces en el tanque

$\% P.C.$ = Porcentaje de peso corporal suministrado a los peces

5.1.2 Unidad de recepción del efluente (U.R.E)

Conformado por un tanque de material de plástico, cuyas medidas fueron de 1 m x 1 m x 1 m, (1 m³) (Figura 5 - A y 6 - A; Anexo: Figura 26 - A); éste, poseía en su interior un tanque australiano de fibra de vidrio de 0,5 m de diámetro y 0,3 m de altura, (0,05 m³), que sirvió para recolectar el material en suspensión (Figura 5 - B y 6 - B; Anexo: Figura 3-B). Al U.R.E. se le utilizó el 95% de su capacidad, pues al estar en su interior un tanque circular receptor del efluente de fondo plano más pequeño, se disminuyó su capacidad total, generando una capacidad útil de 0,98 m³, ya que el nivel del agua en el tanque circular tendió a bajar por efecto de las bombas hidráulicas de succión (Anexo; Figura 26 - B).

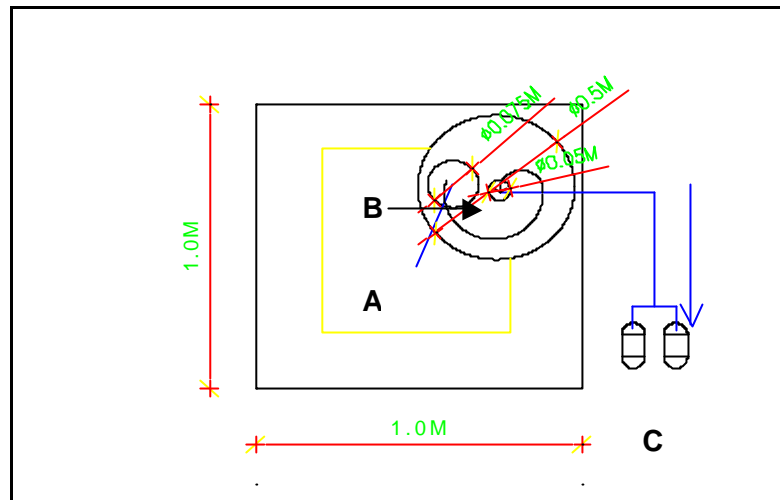





Figura 5.- Vista superior del tanque de recepción del efluente

*.- A = Fondo tanque de recepción del efluente; B = Tanque circular receptor del efluente; C = Bombas hidráulicas

**.-  = Red de agua;  = Dirección del agua;  = Red de aire

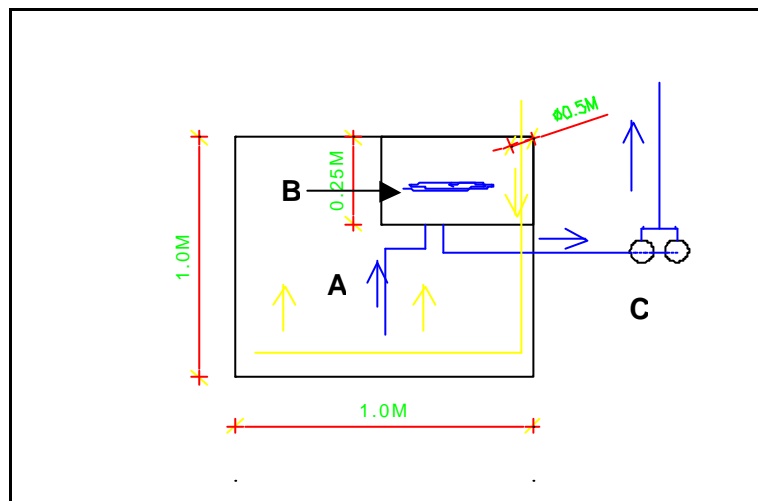






Figura 6.- Vista lateral de la unidad de recepción del efluente

*.- A = Tanque de recepción del efluente; B = Tanque circular receptor del efluente; C = Bombas hidráulicas

**.-  = Red de agua;  = Dirección del agua;  = Red de aire;  = Dirección del aire

5.1.3 Unidad de distribución de sólidos (U.D.S.)

El tanque de distribución de sólidos (U.D.S.) (Figura 7 y 8 -A; Anexo: Figura 27 – A), se ubicó en una torre de 2 m de altura, con una capacidad útil de 1 m x 1 m x 0,8 m, (0,8 m³), ya que poseía una pestaña para evitar que se rebalse el agua si alguna de las llaves de las unidades de experimentación se tapase. El U.D.S. tenía 6 tubos de PVC de 0,04 m de diámetro, incrustados paralela y horizontalmente a la pared vertical del U.D.S., la pestaña que poseía éste era de 0,05 m de diámetro y estaba a 0,8 m de altura del fondo del U.D.S.

El U.D.S. poseía un despiche para limpiar y sacar aquel material ajeno a la naturaleza del agua (Anexo: Figura 27– C), éste estaba incrustado en la pared vertical del tanque. La tubería del despiche era de 0,05m de diámetro y en cuyo final se encontraba una llave tubular del mismo diámetro.

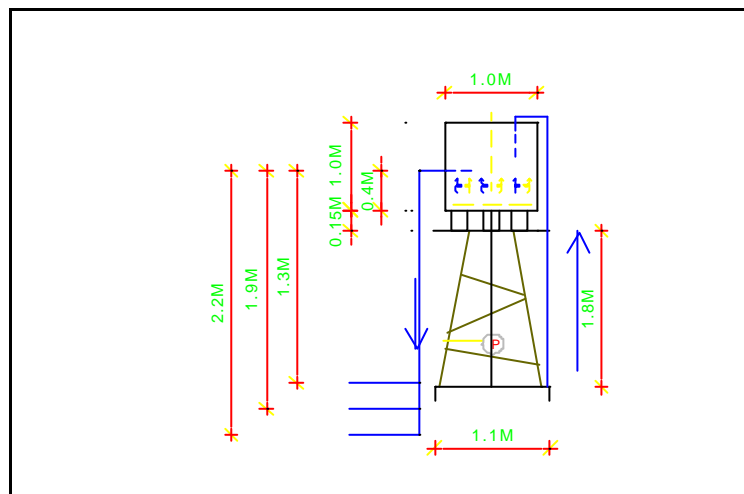


Figura 7.- Vista lateral unidad de distribución de sólidos

*.- = Red de agua; = Dirección del agua; = Red de aire; P = Unidad de suspensión de sólidos

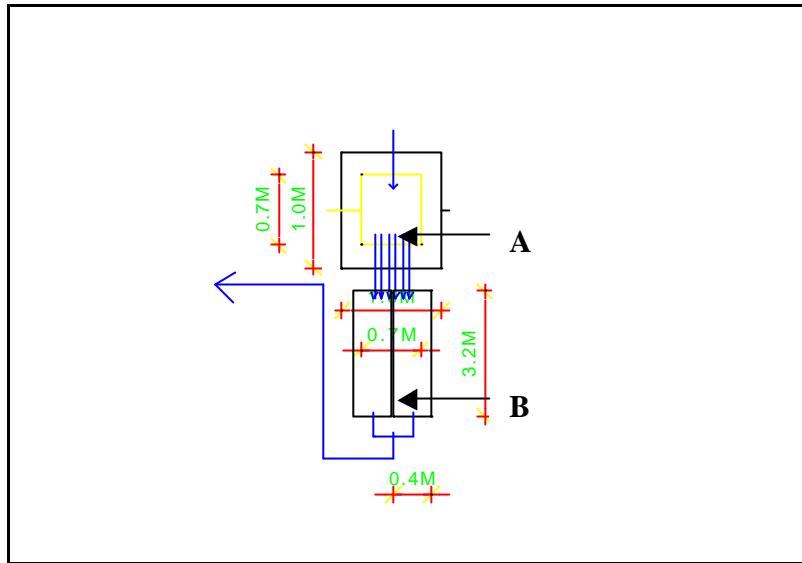


Figura 8.- Vista superior de U.D.S. y U.E.

*.- A = Unidad de distribución de sólidos; B = Unidad de experimentación; — = Red de agua; → = Dirección del agua; — = Red de aire.

5.1.4 Sistema de suspensión de sólidos

El sistema de suspensión de sólidos (Figura 8 y 9, Anexo: Figura 27 – B), consistió en un aireador modelo R4110-2, de la serie 0490, el cual inyectó aire al U.R.E. y al U.D.S. Este se instaló en la parte inferior de la torre que contenía al U.D.S., y del cual un tubo de PVC de 0,05 m de diámetro se uniría con una “T” del mismo diámetro distribuyendo el aire hacia el U.R.E. y el U.D.S.

Una vez que los tubos que contenían el aire llegaron al U.R.E. y al U.D.S. se sumergía hasta el fondo y por un sistema de ventana se les inyectaba aire.

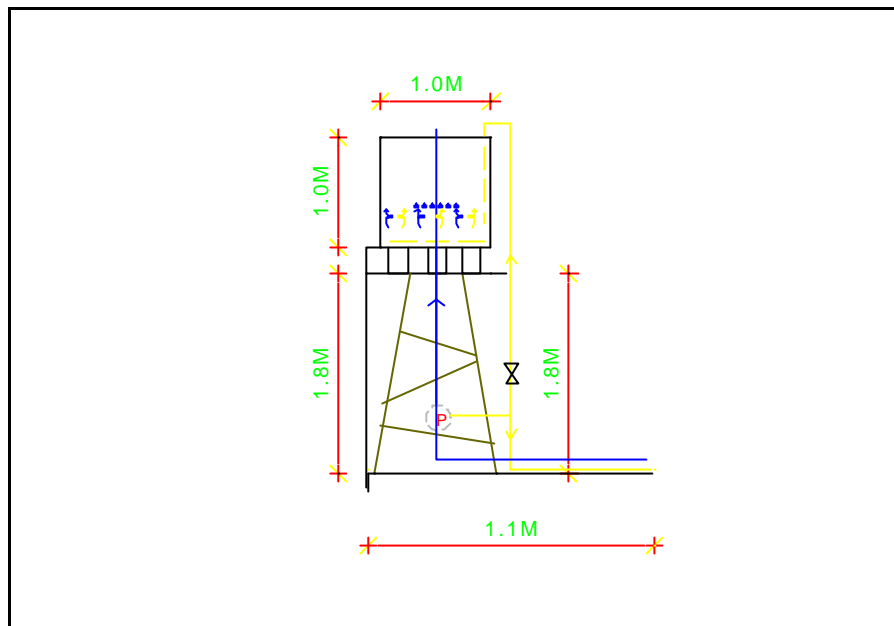


Figura 9.- Vista lateral unidad de distribución y suspensión de sólidos

*.- A = Unidad de distribución de sólidos; B = Unidad de experimentación; — = Red de agua; → = Dirección del agua; — = Red de aire; P = Unidad de suspensión de sólidos

5.1.5 Unidades de experimentación

Las unidades de experimentación (Figura 8 -B y 10 -A; Anexo: Figura 28 -A), estuvieron conformadas por 6 tanques rectangulares de fibra de vidrio, de 3,2 m de largo x 0,4 m de ancho, (área basal de 1,28 m²), y 0,20m de altura; tres de estos fueron destinados al tratamiento A y los otros tres al tratamiento B.

El flujo de agua de entrada a la unidad de experimentación fue regulado diariamente para evitar que se tapara por efecto de la acumulación de la materia suspendida en la llave. A estas unidades se les acondicionó un tubo de rebalse en la salida, cuyo objetivo era acumular agua y permitir que los sólidos sedimentaran en éstas, este tubo se encontraba empotrado en el lado opuesto a la entrada del flujo de agua, las dimensiones del tubo eran de 0,005 m de diámetro y se le colocó en la salida una rejilla

de acero inoxidable, para evitar la fuga de los camarones, haciéndolo del mismo modo en el tratamiento sin camarones para que se cumpliera las mismas condiciones. Cada unidad de experimentación del tratamiento B (con camarones), poseía 47 tubos de PVC de 0,025 m de diámetro y 0,1 m de largo, los cuales actuaron como refugios.

La instalación del sistema hidráulico de las unidades experimentales se puede dividir en dos partes:

A.- Afluentes: Son las entradas de agua hacia las unidades de experimentación proveniente del U.D.S., la cual distribuye homogéneamente los sólidos hacia las unidades experimentales a través de 6 tuberías de 0,04m de diámetro, en las cuales cada una tiene una llave que permite regular el flujo de agua.

B.- Efluentes: Son las salidas de agua proveniente de las unidades de experimentación, los cuales son dirigidos a través de una tubería de 0,075m de diámetro al efluente de la piscicultura (Anexo: Figura 28 – B).

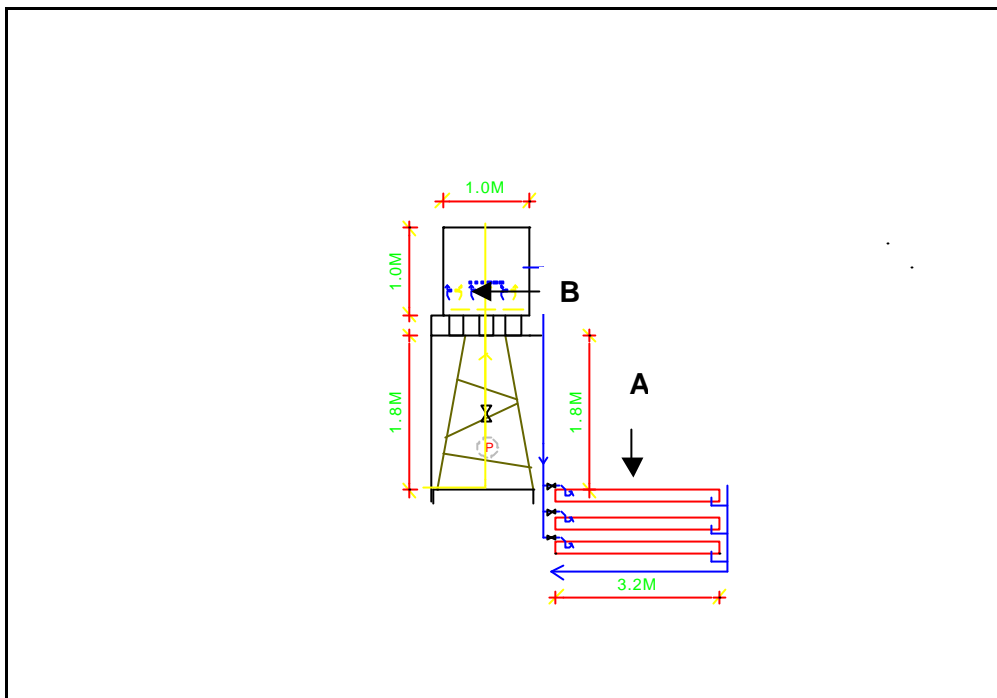


Figura 10.- Vista lateral de unidades de experimentación y U.D.S.

*.- A = Unidad de experimentación; B = Unidad de distribución de sólidos; — = Red de agua; → = Dirección del agua; — = Red de aire; P = Aireador

Para calcular el flujo de agua de las unidades de experimentación, se procedió a tomar una parte del total del efluente proveniente de la unidad de engorde de peces (60 L/min.) y ver qué estipula la Ley con respecto a los pozos de sedimentación, ésta dice que la velocidad de caída de la partícula deberá ser de $2,4\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{Hrs.})$ (D.S. N° 427/1989). Así se probó con un flujo de diseño de 14,21 L/min. y 6 flujos de agua distintos menores a este. Estos fueron 10; 7,5; 6; 5; 4; 2,8 y 3,75 L/min. durante 2 semanas.

Para elegir el flujo adecuado se procedió a observar el fondo de las unidades de experimentación, en la cual se evaluó la cantidad de sedimento y cantidad de hongos que existía en el fondo, determinándose que el flujo de agua de 3,75 L/min. era el más apropiado.

5.2 Medición y Análisis de parámetros Físico-Químicos

La calidad de agua es un factor importante en el cultivo de organismos acuáticos, y hay que ser aún más minucioso cuando se trata de la reutilización del agua. Es por lo antes mencionado que se realizaron pruebas de análisis físico-químicos del agua utilizada en el laboratorio de análisis químicos de Acuicultura (ANALACU) de la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco y parámetros físicos en la piscicultura de Marine Harvest S.A.

Para las unidades experimentales del tratamiento A y B se les realizó en un principio el análisis durante tres días seguidos para así tener un patrón de comportamiento y luego cada 15 días; el análisis de amonio se realizó en el mes de enero y marzo.

✍ **Regulación de flujos de unidades experimentales:** La regulación de los flujos de agua es indispensable para tener la certeza de que a cada unidad experimental está entrando la misma cantidad de sedimento y así tener una comparación representativa de cada una de las réplicas de cada tratamiento. Para regularlos se procedió a instalar una manguera de goma en la llave de la unidad de experimentación y se abrió el flujo de agua al máximo para eliminar el sedimento que se ha depositado en el interior de la tubería, este flujo se dejó caer en un balde de 20 L hasta que el agua salía clara y con poca evidencia de sedimento. Hecho esto se procedió a dejar el flujo de agua a 3,75 L/min.

✍ **Registro de temperatura:** Para registrar las temperaturas se procedió a tomarlas en las unidades experimentales que contenían los camarones, individualmente,

éstas se tomaron a las 8:00 y 20:00 hrs. registrándose los datos en una tabla Excel para su posterior análisis.

~~Se~~ **pH:** Se midió el día de cada muestreo antes de la toma de muestras, con un papel pH marca Macherey-Nagel, Rango 1-14, pH-Fix 014.

~~Se~~ Se tomaron muestras de agua en las instalaciones de las unidades experimentales de ambos tratamientos y se midieron niveles de **Sólidos Suspendidos**, los cuales se determinaron por filtración con un tamiz marca M.F.S. de Borosilicato modelo GL 50 y adición de calor a 105 °C. durante 8 hrs. a los papeles filtros; de **Alcalinidad Total**, la cual se determinó por titulación con indicador mixto; de **Dureza Total**, la cual se determinó por titulación con E.D.T.A. y de **Amonio** (NH₄-N) el cual se determinó por la reacción colorimétrica de Berthelot, para esto se utilizó un fotómetro (Spectroquant SQ118).

5.3 Análisis proximal

Este análisis se le efectuó a la materia sedimentada presente en las unidades de experimentación. Los métodos de análisis utilizados fueron “Métodos Oficiales de Análisis de la Asociación de Química Analítica”. (AOAC 1998). Estos se describen a continuación.

Humedad

La humedad de las muestras se determinó por desecación en estufa a 105 °C, hasta alcanzar peso constante en el sedimento de ambos tratamientos.

$$\% \text{ Materia seca } = \frac{\text{Masa muestra seca } 105^{\circ}\text{C}}{\text{Masa inicial muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad } = 100 - \% \text{ Materia seca}$$

Cenizas

Se determinó mediante la incineración de las muestras en horno mufla a 550 °C por tres horas, hasta alcanzar peso constante en el sedimento de ambos tratamientos.

$$\% \text{ Cenizas Totales } = \frac{\text{Masa Final}}{\text{Masa Inicial}} * 100$$

Proteínas

El contenido de proteínas (%N x 6,25) se determinó a partir de la composición de nitrógeno total de las muestras, mediante la técnica Kjeldhal. El método consistió en la digestión de las muestras con ácido sulfúrico concentrado a 400 °C en presencia de un catalizador, seguido de una destilación con Na(OH) al 40% en presencia de una solución indicadora con ácido bórico al 4%. Por último se realizó una titulación con HCl (0,1 N). La conversión a porcentaje de proteína bruta se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Proteínas (\%)} = \frac{(\text{Valor HCl ml} - \text{Valor Media blanco ml}) * 0.1 * 14.007 * 6.25 * 100}{\text{Peso muestra (mg)}}$$

Extracto Etéreo

El contenido de lípidos totales de las muestras se determinó mediante el método de extracción de grasa en caliente, con equipo Soxhlet usando éter de petróleo (40 – 60°).

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{\text{Masa muestra final} \times 100}{\text{Muestra masa inicial}}$$

Fibra

El contenido de fibra se determinó mediante una digestión ácida de las muestras desgrasadas con H_2SO_4 (0,225 N), seguido de una digestión básica con NaOH (0,313 N) en un sistema de digestión. A continuación se secó el residuo obtenido en una estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante, se calcinó a 550 °C durante 30 minutos en una mufla para pesar al final el residuo restante.

$$\% \text{ Fibra} = \frac{\text{Peso muestra seca a } 105^\circ\text{C} - \text{Peso muestra calcinada a } 550^\circ\text{C} \times 100}{\text{Peso muestra desgrasada}}$$

Extracto no nitrogenado

El extracto no nitrogenado se determinó mediante la diferencia entre 100 y la suma de los porcentajes de humedad, proteína, extracto etéreo y fibra.

5.4 Variables medidas

5.4.1 Sedimento acumulado

Determinación de materia sedimentada: Para determinar la materia sedimentada en cada unidad experimental se procedió a bajar el nivel de agua a cada unidad experimental con el máximo cuidado de no tomar parte del fondo en el sifonéo del agua, luego de esto, se depositó toda la materia sedimentada en un recipiente de 60 L, para tomar una submuestra de 2 L, luego rotularlos y enviarlos al laboratorio de análisis de la Escuela de Acuicultura, aquí se determinó la cantidad de materia orgánica a través de adición de calor a 550 °C durante 8 hrs (Figura 30).

Se realizaron dos muestreos de materia sedimentada, los cuales fueron los días 19 de diciembre del año 2003 (Periodo 1), y el día 4 de marzo del año 2004 (Periodo 2) en las unidades de experimentación.

5.4.2 Parámetros zootécnicos

Para estos efectos se hicieron tomas de muestras de camarones correspondientes al tratamiento B. Estos se efectuaron al inicio, a los 48 días, 79 días, 110 días y 125 días, en las cuales se midieron la longitud total y peso húmedo de cada individuo por unidad experimental.

La longitud total fue medida con una regla graduada al milímetro (Figura 29) y el peso húmedo fue medido con una balanza digital marca Sartorius, con 0,01 g de sensibilidad.

Los parámetros zootécnicos evaluados en este trabajo fueron: Porcentaje de crecimiento diario, Porcentaje de incremento en peso, Incremento real de biomasa, relación Peso – Longitud, Factor de conversión, Eficiencia de conversión y Porcentaje de mortalidad (Caicyt, 1987).

Porcentaje de crecimiento diario (Crecimiento específico – S.G.R.)

El porcentaje de crecimiento diario se consideró como la diferencia entre el logaritmo natural del peso final y logaritmo natural del peso inicial, dividido por el periodo de cultivo en días y multiplicado por 100 para ser expresado en porcentaje. Por lo tanto se estimó de la siguiente forma:

$$C.D. = \frac{\ln W_f - \ln W_i}{T} * 100$$

Donde:

$C.D.$ = Crecimiento diario (%)

$\ln W_f$ = Logaritmo natural del peso final (g) del camarón

$\ln W_i$ = Logaritmo natural del peso inicial (g) del camarón

T = Tiempo expresado en días

Porcentaje de incremento en peso

El incremento en peso se consideró como la diferencia entre el peso final y el peso inicial del camarón, dividido por el peso inicial y multiplicado por 100, para ser expresado en porcentaje. Por lo tanto se estimó de la siguiente forma:

$$I.P. = \frac{W_f - W_i}{W_i} * 100$$

Donde:

$I.P.$ = Incremento en peso (%)

W_f = Peso final del camarón (g)

W_i = Peso inicial del camarón (g)

Incremento de biomasa total

El incremento de biomasa total se calculó como la diferencia del promedio de peso de la biomasa inicial total en base seca restado a la biomasa final total en base seca, según la siguiente fórmula.

$$I.B. = B_f - B_i$$

Donde:

$I.B.$ = Incremento real de biomasa de camarones

B_f = Biomasa final de camarones en base seca

B_i = biomasa inicial de camarones en base seca

Relación Peso – Longitud

La relación Peso - Longitud se estimó como el coeficiente de correlación de Pearson (r^2).

Factor de conversión (FC)

El factor de conversión se estimó de acuerdo a la cantidad de materia sedimentada consumida seca y el incremento seco de biomasa registrada en los organismos cultivados. Se calculó según la siguiente fórmula:

$$F.C. = \frac{M.S.}{I.B.}$$

Donde:

$F.C.$ = Factor de conversión

$M.S.$ = Materia sedimentada consumida seca en el periodo muestreado (g)

$I.B.$ = Incremento en biomasa (g)

Eficiencia de conversión (EC)

Esta tasa corresponde a la relación entre la biomasa ganada (peso seco) y la materia sedimentada. Esta se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E.C. = \frac{I.B.}{M.S.} * 100$$

Donde:

E.C. = Eficiencia de conversión

Porcentaje de mortalidad

Se determinó como la relación entre el número final y el número inicial de camarones en cultivo multiplicado por 100 y restado a 1. Esta tasa se expresó como porcentaje de mortalidad, según la siguiente fórmula:

$$Mortalidad(\%) = 1 - \frac{N^{\circ}F.}{N^{\circ}I.} * 100$$

Donde:

N° F. = Número final de camarones

N° I. = Número inicial de camarones

Índice de conversión Peces (Salmones: Alevines – Smolts) – Efluentes-Camarones

El índice de conversión se determinó sobre la base de un flujo de agua de 3,75 L/min., calculando el aporte de materia sedimentada a las unidades de experimentación según la siguiente fórmula:

$$M.S. = \frac{M.S._m * V_{U.E.}}{1 * 10^6}$$

Donde:

M.S. = Materia sedimentada en el periodo muestreado (Kg)

M.S._m = Concentración de la materia sedimentada en la muestra (mg/L)

$V_{U.E.}$ = Volumen de la unidad experimental reducido a 60 L

Por su parte, para calcular la producción de camarón, se calculó sobre la base seca de su incremento en biomasa por unidad experimental ($? C_{U.E.}$), mediante la siguiente fórmula:

$$? C_{U.E.} = \frac{B_f - B_i}{V_{U.E.}}$$

Donde:

$? C_{U.E.}$ = Incremento real de biomasa de camarón por unidad experimental (Kg)

B_f = Biomasa final de camarones

B_i = Biomasa inicial de camarones

Como las unidades de experimentación no tuvieron todo el efluente, sino una parte de este (3,75 L/min.), entonces para saber cuanta materia sedimentada del efluente se produjo realmente en el periodo se utilizó la siguiente fórmula:

$$M.S.E. = \frac{M.S. * Q_E}{Q_{U.E.}}$$

Donde:

$M.S.E.$ = Kilos potenciales (60 L/min.) de sedimento producidos en el periodo muestreado (Kg).

Q_E = Caudal del efluente de la U.E.P. (L/min.)

$Q_{U.E.}$ = Caudal de las unidades experimentales (L/min.)

Así para saber cuantos kilos potenciales de camarón en 60 L/min. se podrían producir bajo las condiciones del experimento en el periodo se ocupó la siguiente fórmula

$$? C = \frac{M.S.E. * ? C_{U.E.}}{M.S.}$$

Donde:

$? C$ = Incremento potencial de biomasa de camarón (Kg)

5.5 Balance de materia particulada

El cálculo del balance de materia particulada se realizó sobre base seca, a partir del alimento suministrado a los peces según la Figura 11.

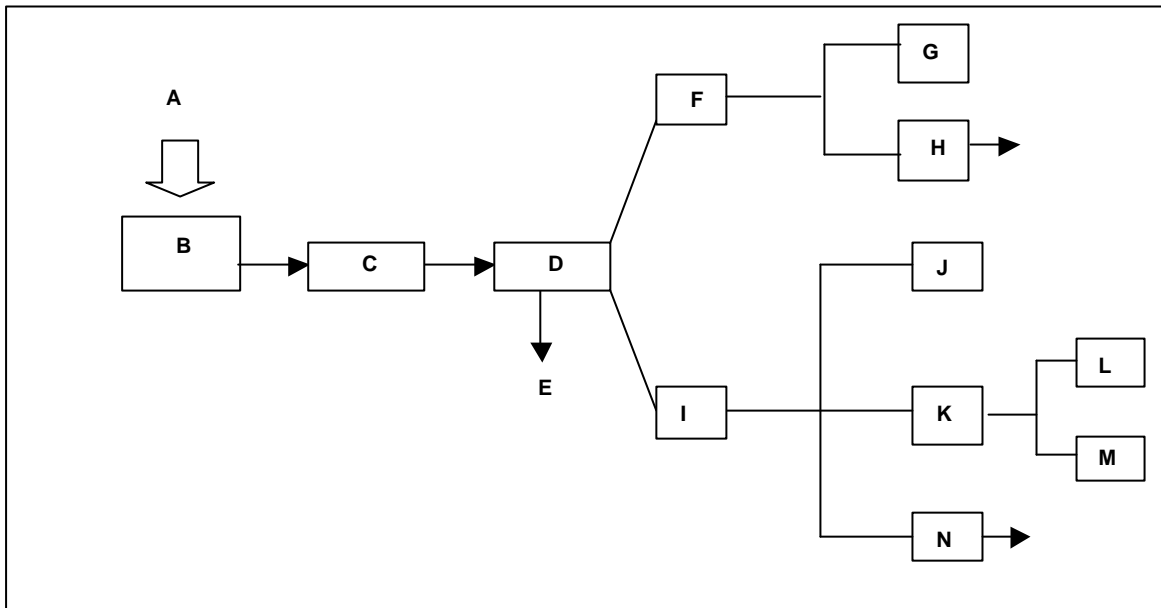


Figura 11.- Diagrama de balance de materia

Así el alimento suministrado (A), a la U.E.P. fue consumido por los peces (B), generándose un efluente compuesto de materia particulada, alimento no consumido y las heces producidas por los peces. Este efluente se recibió en la U.R.E (C) y luego este se dirigió hacia la U.D.S (D), donde parte del caudal se dirigió hacia el efluente general de la piscicultura (E), y el resto se dirigió hacia las U.E. del tratamiento A (F), y las U.E. del tratamiento B (I). En las U.E. del tratamiento A la materia particulada se dividió en dos: materia sedimentada: *M.S.* (G), y material que sale del efluente de la U.E.: *Ef.* (H). En las U.E. del tratamiento B, la materia particulada se dividió en tres: materia sedimentada: *M.S.* (J), material consumido por el camarón: (K) el cual a su vez se subdividió en dos: crecimiento ? $C_{U.E.}$ (L) y metabolismo (M); y el efluente propio de la unidad experimental (N), el cual fue dirigido hacia el efluente general de la piscicultura.

5.6 Diseño experimental

El estudio se realizó en un sistema de flujo abierto, con una duración de 125 días. En este sistema se dispuso dos tratamientos, el tratamiento A (sin camarones) y el tratamiento B (con camarones), para ver el efecto de los camarones sobre la disminución de la materia sedimentada en los efluentes. Cada tratamiento tuvo tres réplicas.

Para esto se trabajó con juveniles de *Samastacus spinifrons*, nacidos en cautiverio en las instalaciones de la Escuela de Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco. El acondicionamiento se llevó a cabo en un tanque de incubación de ovas de salmónes, de fibra de vidrio de 1,39 m² y 0.2 m de altura, este se dejó en oscuridad y con abundantes tubos de PVC. Los camarones fueron alimentados durante 3 días con alimento artificial de salmónes, para luego ser dispuestos en las unidades experimentales.

Los juveniles de *Samastacus spinifrons* fueron pesados y posteriormente distribuidos a las unidades experimentales. Así arbitrariamente se sembraron 28 ind./m² cuyos pesos variaron entre 0,3 y 0,4 g. Por consiguiente en las unidades experimentales pertenecientes al Tratamiento B se sembraron 39 ind./unidad experimental y por réplica. El diseño planteado comprende un diseño completamente aleatorio (Canavos, 1995).

Cabe mencionar que a los camarones no se les realizó tratamientos preventivos previos, sólo el agua de ingreso a las unidades experimentales trajeron un porcentaje de sal, proveniente de los baños que se les realizó a los peces del tanque de cultivo, la mortalidad se determinó mensualmente en el muestreo de peso y longitud. A las unidades experimentales nunca se les realizó una limpieza rutinaria, lo único que se hizo fue remover la cantidad de materia sedimentada transcurrido 50 días desde el inicio del

ensayo (Periodo 1), y así se limpió el fondo de las unidades experimentales sacando todo organismo ajeno al cultivo, hecho esto, se repitió el ensayo por 75 días (Periodo 2), y se volvió a tomar muestras del sedimento de la misma forma que en el periodo anterior.

5.7 Análisis estadísticos

Se realizó análisis estadísticos no paramétrico a los parámetros de calidad de agua de las unidades de experimentación.

De esta manera se planteó la siguiente hipótesis de trabajo para el análisis de las muestras de agua:

Hipótesis: $H_0: E[?]_E = E[?]_S$

$H_a: E[?]_E \neq E[?]_S$

Donde la respuesta $[?]$: es la cantidad del parámetro a analizar expresado en su unidad de medida.

El análisis estadístico que se aplicó fue el método de Wilcoxon, para variables dependientes, procedimiento no paramétrico que se utiliza con dos muestras relacionadas para contrastar la hipótesis de que las dos variables tienen la misma distribución, esta no hace supuestos sobre las formas de las distribuciones de las dos variables.

Respecto de la materia sedimentada durante el periodo total en las unidades de experimentación, se sometieron a un análisis de varianza de una vía (ANOVA), con un intervalo de confianza del 95% ($P < 0,05$). Posteriormente se aplicó el test de Tukey para la comparación de medias.

6 RESULTADOS

6.1 Análisis de parámetros

6.1.1 Parámetros físico-químicos del agua

?? **Temperatura del agua:** La temperatura (Tabla 2) promedio del agua registrada a las 8:00 hrs. siempre se mostró más baja que la temperatura promedio registrada a las 20:00 hrs. en todo el desarrollo experimental de la tesis. La amplitud térmica total promedio durante el período fue de 7,2 °C, basada en una mínima registrada (8,2 °C), en el periodo que comprende el 30/10/2003 al 17/12/2003, y una máxima registrada (15,4 °C) en el período que comprende el 18/02/2004 al 04/03/2004 (Figura 12), la amplitud térmica aumentó de 1,5 °C a 3,0 °C desde el mes de Noviembre al mes de Marzo

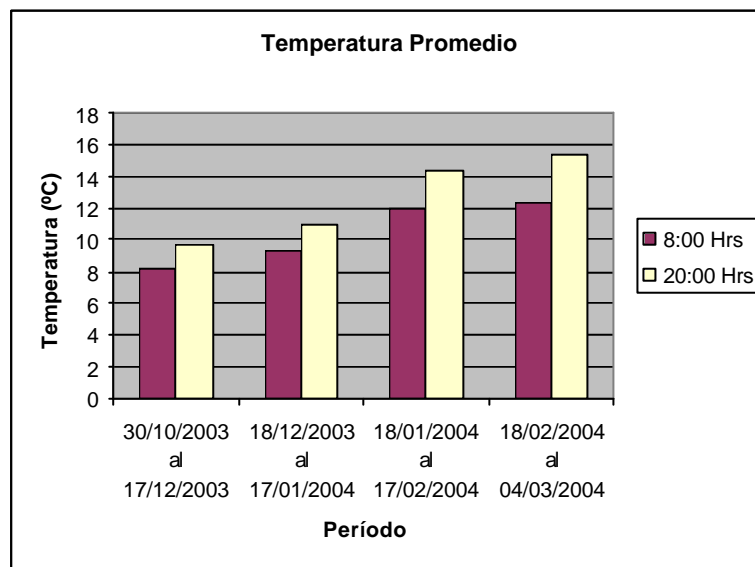


Figura 12.- Temperatura promedio durante el periodo 30/10/2003 a 04/03/2004

Tabla 2.- Registro de temperatura entre período de muestreo

Período entre	8:00 Hrs	20:00 Hrs	Amplitud térmica
30/10/2003 - 17/12/2003	8,2 °C	9,7 °C	1,5 °C
18/12/2003 - 17/01/2004	9,3 °C	11,0 °C	1,7 °C
18/01/2004 - 17/02/2004	12,0 °C	14,5 °C	2,5 °C
18/02/2004 - 04/03/2004	12,4 °C	15,4 °C	3,0 °C

Tabla 3.- Promedios de parámetros físico - químicos del agua de cultivo

Sólidos Suspensión (mg/L)

	Nov	Dic	Ene	Mar
T.A.e.	2,7	1,0	1,6	2,0
T.A.s.	1,3	0,0	1,4	1,3
T.B.e.	2,4	0,4	2,2	3,6
T.B.s.	1,4	0,4	1,3	2,3

Alcalinidad (mg/L de CaCO₃)

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
T.A.e.	12,0	16,0	23,3	24,4	20,5
T.A.s.	11,9	15,9	23,0	24,3	20,4
T.B.e.	11,6	16,9	23,2	24,4	20,5
T.B.s.	13,3	15,9	23,2	24,5	20,5

Dureza (mg/L de CaCO₃)

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
T.A.e.	10,1	11,5	18,4	19,2	18,2
T.A.s.	12,3	11,0	18,0	19,3	18,0
T.B.e.	11,6	11,0	18,1	19,3	18,0
T.B.s.	13,4	11,0	17,7	18,0	18,3

Amonio (mg/L)

	Ene	Mar
T.A.e.	0,22	0,49
T.A.s.	0,21	0,37
T.B.e.	0,21	0,40
T.B.s.	0,19	0,38

* (T.A.e. = Tratamiento A entrada; T.A.s. = Tratamiento A salida; T.B.e. = Tratamiento B entrada; T.B.s. = Tratamiento B salida)

?? **Sólidos suspendidos:** En el la Tabla 3 y Figura 13 se muestra la tendencia que tuvieron los sólidos suspendidos durante el período, ésta sigue un comportamiento similar entre el tratamiento A y el tratamiento B, evidenciándose que en la entrada de ambos tratamientos, tuvieron mayor cantidad de sólidos suspendidos que la salida.

Esta tendencia disminuye en el primer periodo de trabajo (noviembre – diciembre), para luego ascender a partir de diciembre hasta marzo

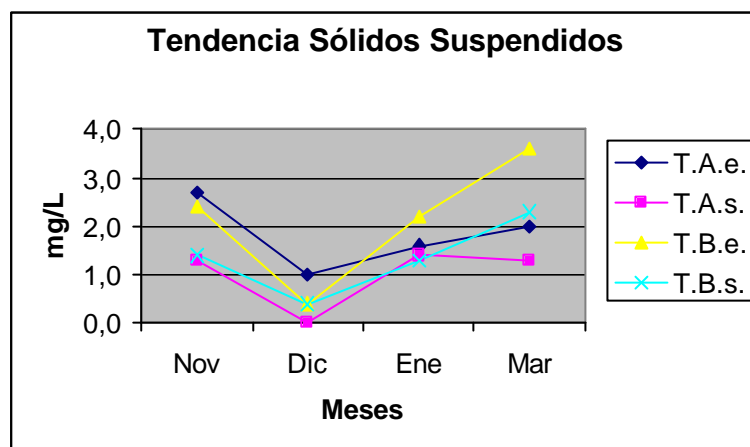


Figura 13.- Tendencia de sólidos suspendidos

*- T.A.e. = Tratamiento A entrada; T.A.s. = Tratamiento A salida; T.B.e. = Tratamiento B entrada; T.B.s. = Tratamiento B salida

La hipótesis estadística nula (H_0) de igualdad de media entre las entradas de ambos y tratamientos, y entre salidas de ambos tratamientos de sólidos suspendidos, indican al usar la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas (Tabla 4) una probabilidad de significancia estadística de $P = 0,68$ para el tratamiento A y de $0,189$ para el tratamiento B, siendo en ambos casos menores al nivel de riesgo $0,025$ para la prueba, por lo tanto, la hipótesis nula no se rechazaría, lo que indica que no hay diferencias significativas a nivel medio en sólidos suspendidos en los tratamientos A y B con respecto a sus entradas y salidas.

Tabla 4.- Análisis de Wilcoxon para el parámetro Sólidos suspendidos

	Tratamiento B Entrada - Tratamiento A Entrada	Tratamiento B Salida - Tratamiento A Salida
Z	-1,826(a)	-1,604,(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,068	,189

a Basado en los rangos positivos.

b Basado en los rangos negativos.

?? **Alcalinidad Total:** En la Tabla 3 y Figura 14 se muestra la línea de tendencia que tuvo la Alcalinidad durante el período experimental de la tesis, ésta sigue un comportamiento similar entre el tratamiento A y el tratamiento B, alcanzándose una alcalinidad mínima el mes de noviembre (11,6 mg de CaCO₃/L), y registrándose una alcalinidad máxima el mes de febrero (24,5 mg de CaCO₃/L).

Esta tendencia de las entradas de las U.E. empezó con un alza notoria promedio de 8,2 mg de CaCO₃/L el mes de noviembre hasta 23,3 mg de CaCO₃/L el mes de enero, luego ésta alza promedio disminuye hasta los 24,4 mg de CaCO₃/L el mes de febrero, y luego declina hasta los 20,5 mg de CaCO₃/L el mes de marzo.

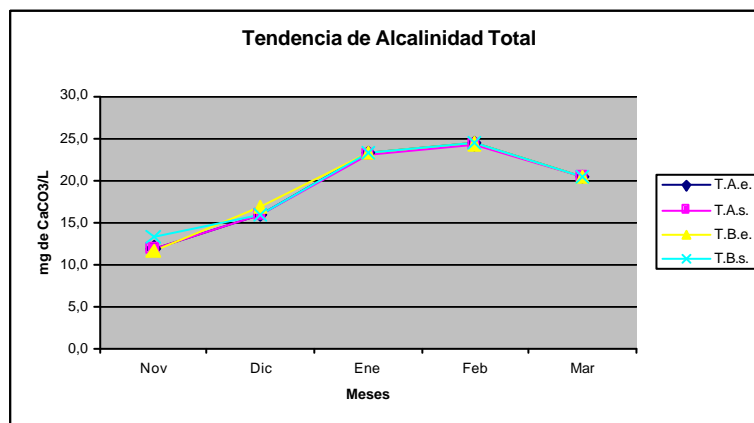


Figura 14.- Línea de Tendencia de la alcalinidad total (mg de CaCO₃/L)

*- T.A.e. = Tratamiento A entrada; T.A.s. = Tratamiento A salida; T.B.e. = Tratamiento B entrada; T.B.s. = Tratamiento B salida

La hipótesis estadística nula (H_0) de igualdad de media entre las entradas y salidas de ambos tratamientos de alcalinidad total, indican al usar la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas (Tabla 5) una probabilidad de significancia estadística de $P = 0,034$ para el tratamiento A y de $0,593$ para el tratamiento B, siendo en ambos casos menores al nivel de riesgo $\alpha = 0,025$ para la prueba, por lo tanto, la hipótesis nula no se rechazaría, lo que indica que no hay diferencias significativas a nivel medio en alcalinidad total en los tratamientos A y B con respecto a sus entradas y salidas.

Tabla 5.- Análisis de Wilcoxon para el parámetro Alcalinidad

	Tratamiento B Entrada - Tratamiento A Entrada	Tratamiento B Salida - Tratamiento A Salida
Z	-2,212(a)	-,535(b)
Sig. asintót. (bilateral)	,034	,593

a Basado en los rangos positivos.

b Basado en los rangos negativos.

?? **Dureza Total:** En la Tabla 3 y Figura 15 se presenta la línea de tendencia que tuvo la dureza cálcica durante el período, la cual se mostró de manera tal que las entradas de ambos tratamientos tuvieron un promedio menor durante los meses de muestreo al de sus salidas, mostrándose una diferencia de $0,08$ mg de CaCO_3/L en las salidas del tratamiento A con respecto al tratamiento B y de $0,24$ mg de CaCO_3/L en las entradas del tratamiento B respecto al tratamiento A.

Esta tendencia de las entradas a las U.E. empezó con $10,9$ mg de CaCO_3/L el mes de noviembre, el cual aumentó levemente a $11,3$ mg de CaCO_3/L el mes de diciembre, este aumento se pronunció a $18,3$ mg de CaCO_3/L el mes de enero, la dureza cálcica llegó a un pico de $19,3$ mg de CaCO_3/L el mes de febrero, el cual descendió a $18,1$ mg de CaCO_3/L el mes de marzo.

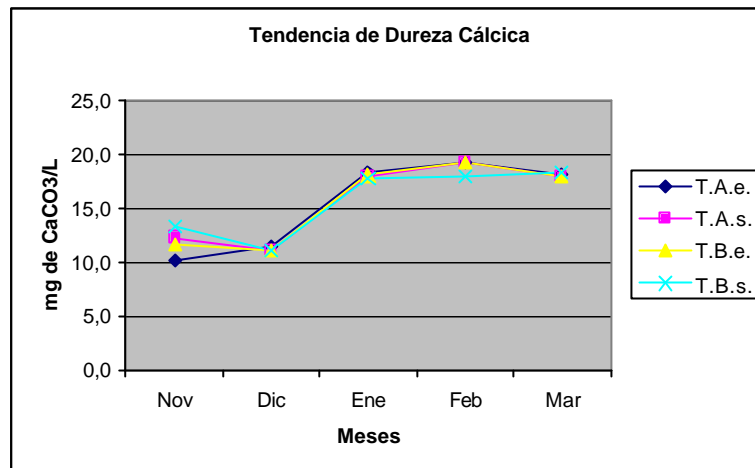


Figura 15.- Línea de tendencia de la Dureza Cálctica (mg de CaCO₃/L)

*- T.A.e. = Tratamiento A entrada; T.A.s. = Tratamiento A salida; T.B.e. = Tratamiento B entrada; T.B.s. = Tratamiento B salida

La hipótesis estadística nula (H_0) de igualdad de media entre las entradas de y salidas de ambos tratamientos, y entre entradas y salidas de un mismo tratamientos de dureza total, indican al usar la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas (Tabla 6) una probabilidad de significancia estadística de $P = 0,686$ para el tratamiento A y de 1,0 para el tratamiento B, siendo en ambos casos menores al nivel de riesgo $\alpha = 0,025$ para la prueba, por lo tanto, la hipótesis nula no se rechazaría, lo que indica que no hay diferencias significativas a nivel medio de dureza total en los tratamientos A y B con respecto a sus entradas y salidas.

Tabla 6.- Análisis de Wilcoxon para el parámetro Dureza Total

	Tratamiento B Entrada - Tratamiento A Entrada	Tratamiento B Salida - Tratamiento A Salida
Z	-,205(a)	-,000(b)
Sig. asintót. (bilateral)	,686	1,000

a Basado en los rangos positivos.

b La suma de rangos negativos es igual a la suma de rangos positivos.

?? **Amonio:** Respecto a los dos muestreos de Amonio (Tabla 3 y Figura 16), se observó un alza en los niveles de Nitrógeno; esto se observa en la entrada del tratamiento A, la cual es atípica, esto se debería a un defecto en la toma de muestra, ya que el agua de entrada provino de la misma unidad de distribución de sólidos, corroborándose en el comportamiento del tratamiento A salida y la tratamiento B entrada y salida.

Esta tendencia aumentó en las entradas y salidas de ambos tratamientos de las U.E. El promedio de ambas entradas (T – A y T – B) fue de 0,22 mg/L el mes de enero y 0,45 mg/L el mes de marzo; el promedio de ambas salidas (T – A y T – B) fue de 0,20 mg/L el mes de enero y 0,38 mg/L el mes de marzo.

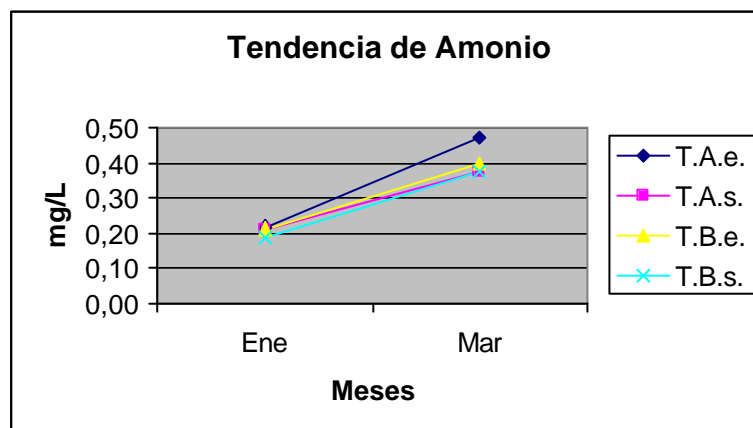


Figura 16.- Comportamiento del Amonio en el mes de enero y marzo del año 2004

*- T.A.e. = Tratamiento A entrada; T.A.s. = Tratamiento A salida; T.B.e. = Tratamiento B entrada; T.B.s. = Tratamiento B salida

La hipótesis estadística nula (H_0) de igualdad de media entre las entradas de ambos tratamientos, y entre salidas de ambos tratamientos del parámetro amonio, indican al usar la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas (Tabla 7) una probabilidad de significancia estadística de $P = 0,180$ para el tratamiento A y de $0,180$ para el tratamiento B, siendo en ambos casos menores al nivel de riesgo $0,025$ para

la prueba, por lo tanto, la hipótesis nula no se rechazaría, lo que indica que no hay diferencias significativas a nivel medio en amonio en los tratamientos A y B con respecto a sus entradas y salidas.

Tabla 7.- Análisis de Wilcoxon para el parámetro Amonio

	Tratamiento B Entrada - Tratamiento A Entrada	Tratamiento B Salida - Tratamiento A Salida
Z	.1-342(a)	-1,342(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,180	,180

a Basado en los rangos positivos.

?? **Materia sedimentada:** En relación a los muestreos de materia sedimentada, se observó (Tabla 8), que ésta disminuyó en un 2,36% en el tratamiento B (con camarones), con relación al tratamiento A en los primeros 50 días de ensayo o período 1. Respecto al segundo muestreo, se observó que disminuyó en un 5,73% después de 75 días de ensayo o período 2.

En resumen, el Tratamiento A tuvo 0,101 g de materia sedimentada y el Tratamiento B 0,97 g de materia sedimentada (Figura 17), el porcentaje promedio de la diferencia de B respecto a A disminuyó en un 4,21% en un período de 125 días o período total del ensayo lo cual representa 4,26 g de materia sedimentada, sin mostrar diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). En el gráfico 6 se muestra el total de materia sedimentada promedio que entró a las unidades de experimentación de ambos tratamientos en el periodo de ensayo.

Tabla 8.- Contenido promedio de materia sedimentada

	Período 1	Período 2	Período Total
Tratamiento A (g)	0,046	0,055	0,101
Tratamiento B (g)	0,044	0,053	0,097
% de diferencia B respecto A	0,002	0,002	0,004
% de diferencia B respecto A	2,36	5,73	4,21

*.- Los resultados de la Tabla están en materia seca a 550 °C.

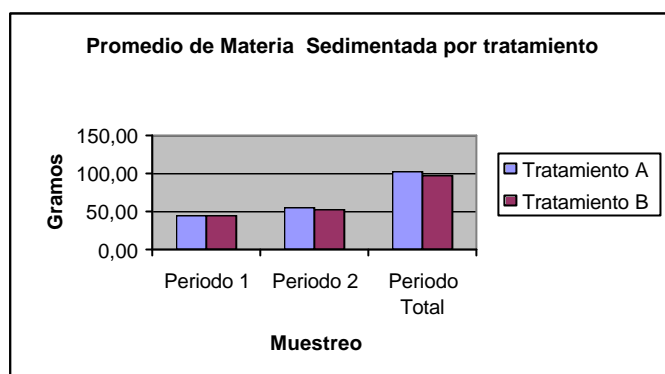


Figura 17.- Promedio de materia sedimentada por tratamiento

6.1.2 Análisis proximal

En la Tabla 9, se observa la composición proximal de la materia sedimentada, en la cual se observa que estuvo compuesta principalmente de proteína (15,57%), y extracto no nitrogenado (8,87%).

Tabla 9.- Composición proximal de materia sedimentada

Materia seca	13,81(%)
Proteína	15,57(%)
Extracto Etéreo	1,55(%)
Fibra	3,77(%)
Cenizas Totales	70,24(%)
Extracto no nitrogenado	8,87(%)
*Energía Bruta (Kj/100g)	1208,13

6.1.3 Parámetros zootécnicos

?? **Tasa de crecimiento instantánea (TCI) o S.G.R.:** En relación a la tasa de crecimiento instantánea de los camarones del Tratamiento B, se puede observar que al inicio se presentó baja (0,35%), con un aumento gradual de ésta de 0,65% al día 79, 0,77% al día 110 y llegando hasta un 0,86% de promedio en el día 125 (Tabla 10).

?? **Incremento en peso (%IP):** Respecto al incremento en peso, se observa en la Tabla 10, que para el día 48 el incrementó en peso fue 18,42%, lo cual fue aumentando a medida que el tiempo transcurrió hasta llegar a 197,36% en un total de 125 días de prueba.

Tabla 10.- Patrón de crecimiento de *Samastacus spinifrons* en sistema de cultivo.

Duración (Días)	Nº Ind	Peso (g) X ± D.S.	B.t./U.E (g)	D. (Ind/m ²)	TCI (%)	I.P. (%)	M.A. (%)	M. R. M. A. (%)
0	39	0,38 ± 0,14	14,8	28	XXX	XXX	0	0
48	29	0,45 ± 0,16	13,03	21	0,35	18,42	26,5	26,5
79	26	0,64 ± 0,25	16,4	19	0,65	68,42	34,2	10,5
110	24	0,89 ± 0,32	21,8	17	0,77	134,21	38,5	6,5
125	24	1,13 ± 0,39	26,5	17	0,86	197,36	39,3	1,3

*.- Nº Ind = Número de total de individuos; x = promedio; D.S = Desviación estándar; B.t./U.E = Biomasa total de individuos por U.E.; D = Densidad promedios de individuos por U.E.; TCI = Tasas de Crecimiento instantáneo, I.P = Incremento en peso; M.A. = Mortalidad Acumulada durante el periodo total; M. R. M. A. = Mortalidad acumulada respecto del muestreo anterior.

**.- El peso promedio y cálculos están realizados en Peso Húmedo

En la Tabla 11 y el Figura 18, se observa que existe una relación entre el peso y tiempo de cultivo, pudiendo ser estimada a través de un modelo matemático del tipo cuadrático, el cual muestra un R² de 0,997.

Tabla 11.- Estimación de curva de crecimiento de *Samastacus spinifrons*

Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	BO	b1	b2
PESO	QUA	0,997	2	366,76	0,003	0,382	-0,0013	5,60E-05

* Dependent = Variable dependiente; Mth = Modelo matemático; Rsq = R^2 ; d.f = Grados de libertad; F = Fisher; Sigf = Significancia; bO = Beta 0; b1 = Beta 1; b2 = Beta 2

La ecuación resultante fue la siguiente forma:

$$Y = 0,382X^2 - 0,013X + 5,6e^{-25}$$

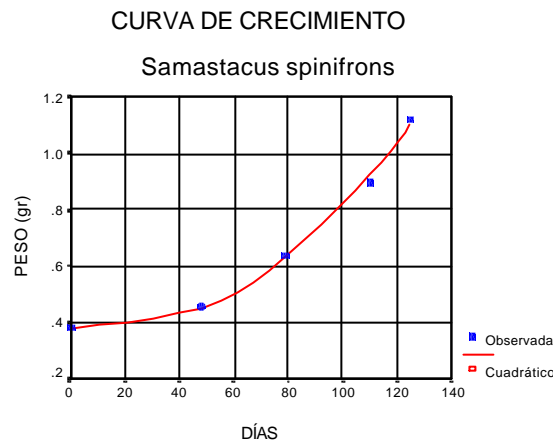


Figura 18.- Curva de crecimiento para *Samastacus spinifrons*

?? **Incremento de biomasa total:** Respecto del incremento de biomasa seca del primer periodo (50 días), no se pudo calcular puesto que la biomasa seca de camarones para éste fue inferior a la biomasa seca de camarones de la siembra; el incremento de biomasa seca del segundo periodo (75 días), fue de 2,69 g. El incremento total de la biomasa seca de camarones fue de 2,34 g en 125 días de experimentación

?? **Relación Peso Longitud:** En el Figura 19 se ajusta una relación de longitud v/s peso, donde se superpuso la variable tiempo, lo que permite observar simultáneamente como los camarones a medida que el tiempo transcurre van aumentando el peso y la talla.

En la Tabla 12, se observa que existe una relación entre el peso y tiempo de cultivo, pudiendo ser estimada a través de un modelo matemático del tipo polinomial, el cual muestra un R^2 de 0,837

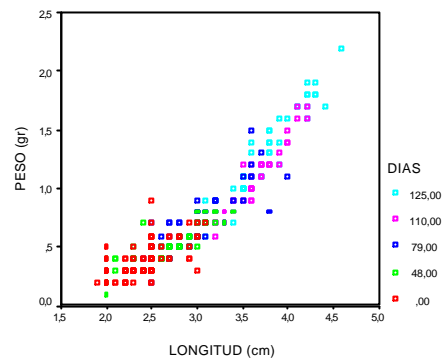


Figura 19.- Relación Longitud (cm) – Peso (g), según días de muestreo

Tabla 12.- Estimación de curva de relación Peso – Longitud de *Samastacus spinifrons*

Dependent	Mth	Rsqr	d.f.	b0	b1	b2
Peso-LONG	POL	0,837	2	-0,487	2,309	1,65

*.-Dependent = Variable dependiente; Mth = Modelo matemático; Rsqr = R^2 ; d.f = Grados de libertad; b0 = Beta 0; b1 = Beta 1; b2 = Beta 2

Así la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$Y = -0,487 X^2 + 2,309 X + 1,65$$

En las Figuras 20 y 21 se presentan los intervalos de confianza (95%) para el peso medio y longitud media de *Samastacus spinifrons*, por réplica. Los intervalos se van ampliando de forma natural debido al crecimiento diferenciado que las poblaciones biológicas tienen.

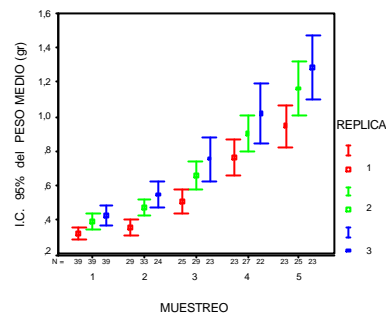


Figura 20.- Intervalo de confianza del 95% para el peso (g) medio por réplica.

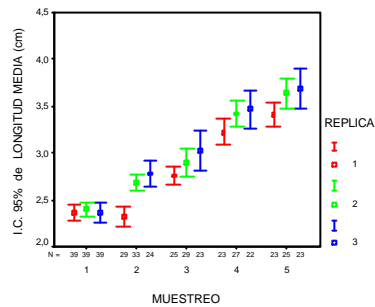


Figura 21.- Intervalo de confianza del 95% para la Longitud media (cm), por réplica

?? **Mortalidad:** En relación a la mortalidad de *Samastacus spinifrons*, se pudo apreciar que la tendencia de mortalidad acumulada (S.A.), tuvo una fuerte aumento en los primeros 48 días de ensayo (26,5%), luego la pendiente de ésta tendió a aumentar levemente de 34,2% el día 79, de 38,5 el día 110 y terminando con una sobrevivencia acumulada de 39,3% el día 125. En relación a la mortalidad respecto del periodo anterior (S.R.M.A.), se observó que el día 48 la sobrevivencia fue de 26,5% empezando a disminuir de 10,5% el día 79, 6,5%; el día 110 y llegando a 1,4% el día 125. (Tabla 9, Figura 22).

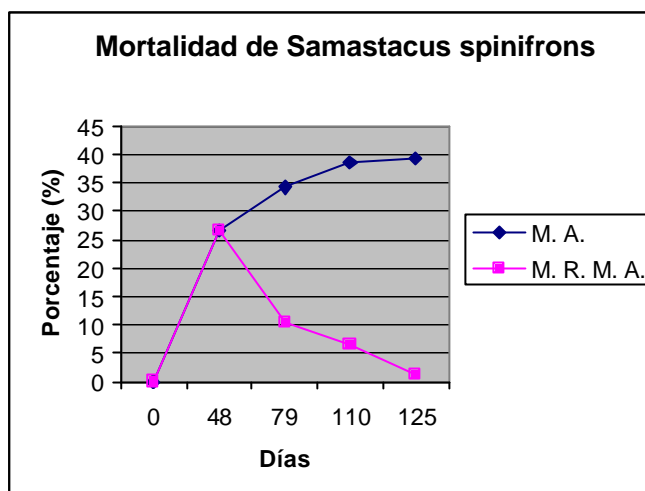


Figura 22.- Tendencia de la mortalidad de *Samastacus spinifrons*

*.- M.A. = Mortalidad acumulada

**.- M.R.M.A = Mortalidad respecto del muestreo anterior

?? **Factor de Conversión (FC):** En cuanto al factor de conversión promedio primer periodo no se pudo calcular, ya que la biomasa seca total de los camarones luego de 50 días fue menor a la biomasa seca inicial peso registrada en la siembra. Para el segundo periodo (75 días), se observó que el factor de conversión fue de 1,13.

El Factor de Conversión promedio durante los 125 días fue de 1,73. Hay que hacer mención que la materia consumida por los camarones se calculó en peso seco, al igual que el incremento en peso de la biomasa total de los camarones (Tabla 12).

Tabla 13.- Parámetros zootécnicos (Base Seca)

	Siembra	Periodo 1	Periodo 2	Periodo Total	Unid. medida
Sedimento T - A	XXX	45,78	55,50	101,28	g
Sedimento T - B	XXX	44,70	52,32	97,02	g
Consumo de materia	XXX	1,08	3,18	4,26	g
% de deferencia B respecto A	XXX	2,36	5,73	4,21	%
Peso Promedio de camarones	0,38	0,46	1,13	1,13	g
Nº Individuos promedio/ batea	39	29	24	24	Individuos
Biomasa promedio/batea	2,96	2,61	5,30	5,42	g
Consumo promedio/Ind.	XXX	0,04	0,13	0,18	g/Ind.
Incremento de biomasa	XXX	XXXX	2,69	2,34	g
Factor de conversión promedio/Ind.	XXX	XXXX	1,13	1,73	
Eficiencia de conversión promedio/Ind.	XXX	XXXX	89,62	57,88	%

?? **Eficiencia de conversión (EC):** En relación a la eficiencia de conversión para el primer periodo no se pudo calcular, ya que el peso seco promedio de los camarones luego de 50 días fue menor al peso registrado en la siembra de camarones. La eficiencia de conversión para el segundo periodo (75 días), fue de 85,62 y para los 125 días fue de 57,88. Hay que hacer mención que el cálculo de materia consumida por los camarones fue en peso seco (Tabla 13).

?? **Índice de conversión Peces (Salmones: Alevines – Smolts) – Efluentes-Camarones:** En la Tabla 14, se observó que 13 Kg de salmones (Alevín – Smolts), en 1 m² producen 97,02 g de materia particulada seca y un incremento en biomasa seca promedio de camarones de 2,34 g. Si se cultiva 1 Kg de salmones (Alevín – Smolts), en 1 m² se obtendrá 7,5 g de materia particulada y un incremento en biomasa promedio de 0,18 g. Es importante mencionar que estos cálculos fueron hechos para un flujo de 3,75 L/min., lo cual, traducido al flujo real (60 L/min.), se obtendrá que 13 Kg de salmones (Alevín – Smolts), en 1 m³ producen 1552 g de materia particulada seca y un incremento en biomasa seca promedio de camarones de 37,44 g. Con este caudal (60 L/min.), si se cultiva 1 Kg de salmones (Alevín – Smolts), en 1 m² se obtendrá 120 g de materia sedimentada seca y un incremento en biomasa seca promedio de camarones de 2,88 g. Estos cálculos se efectuaron tomando como base de alimentación un suministro de 3,5% del peso corporal.

Tabla 14.- Relación Peces (Salmones: Alevines – Smolts) – Efluentes- Camarones

Salmones(*)	Efluente 3,75 l/m	Camarones 3,75 l/m	Efluente 60 l/m	Camarones 60 l/m
13 Kg	97,02 g	2,34 g	1552 Kg	37,44 g
1 Kg	7,5 g	0,18 g	120 g	2,88 g

*.- Peso húmedo

6.2 Balance de materia particulada

Respecto del balance de materia particulada (Figura 23), el alimento suministrado 78.800 g (A) durante 125 días, en la U.E.P. fue consumido por los peces (57.200 g) (B), generándose un efluente compuesto de materia particulada como lo son el alimento no consumido y las heces producidas por los peces, este efluente se recibió en la U.R.E (21600 g) (C) y luego este se dirigió hacia la U.D.S (D), donde parte del caudal se dirigió hacia el efluente general de la piscicultura (13.500 g) (E); el resto se dirigió hacia las U.E. del tratamiento A (4.050 g) (F), y las U.E. del tratamiento B (4.050 g) (I). En las U.E. del tratamiento A la materia particulada se dividió en dos: materia sedimentada: *M.S.* (303,84) (G), y material que sale del efluente de la U.E.: *Ef.* (3.746,16) (H); En las U.E. del tratamiento B, la materia particulada (4.050 g) (I), se dividió en tres: materia sedimentada: *M.S.* (291,06 g) (J), material consumido por los camarones (12,78) (K) el cual a su vez se subdividió en dos: crecimiento $? C_{U.E.}$ (7,02 g) (L) y metabolismo (5,76 g) (M); y el efluente propio de la unidad experimental (3.746,16 g) (N), el cual fue dirigido hacia el efluente general de la piscicultura.

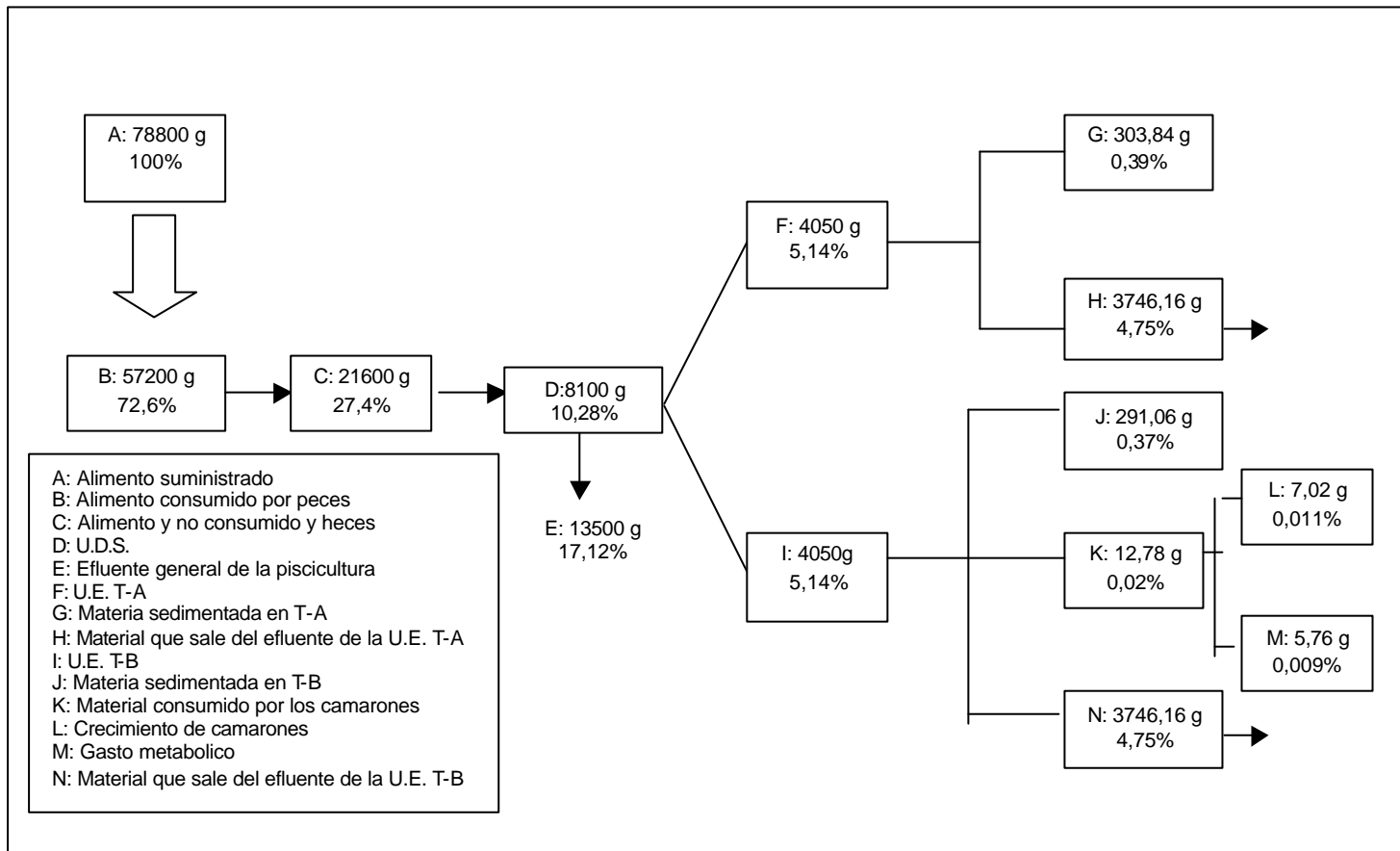


Figura 23.- Balance de materia sedimentada

7 DISCUSIÓN

Respecto de la materia no sedimentada (heces y alimento no consumido), pueden incrementar la concentración de materia orgánica particulada y contribuir al total de sólidos suspendidos, sin embargo, el mayor efecto sobre los sólidos suspendidos es la contribución en los sedimentos. La concentración de sólidos suspendidos totales se define como la tasa de partículas sobre 1 μm de diámetro (Timmons *et al.*, 1994), presente en un volumen de agua conocido. En relación a los efluentes de las unidades de sedimentación se observó mayor cantidad de sólidos suspendidos promedio en los efluentes de las unidades experimentales del tratamiento B (1,35 mg/L), que las unidades experimentales del tratamiento A (1,0 mg/L), aún así las unidades de sedimentación no presentaron diferencias significativa ($p > 0,025$) entre efluentes del tratamiento A y B, estos podrían colaborar con la resuspensión de partículas y sedimentos. Wang (1990) mencionó que la caracterización de partículas en suspensión en cuanto a la distribución de tallas, concentración y microbiología es de primordial importancia en el manejo de estanques de cultivo de camarón. Los sólidos suspendidos contribuyen a la turbidez; éstos, en muchas ocasiones, pueden tener efectos adversos sobre las comunidades bentónicas que sirven de alimento a camarones y limita la penetración de la luz, lo cual, a su vez reduce la producción de oxígeno por fitoplancton (Saldías, 2001). Sin embargo, rara vez podría tener un efecto adverso directo sobre los organismos en cultivo (Boyd, 1984).

Un trabajo realizado por Chon *et al* (1993) en Timmons *et al.*, 1994, muestra que del 80% al 90% del peso total de los sólidos que se encuentran en un tanque (una vez retenida las partículas menores a 130 μm) se compondría de partículas sólidas individuales que tienen diámetros menores a 35 μm .

Respecto a la alcalinidad, en ambos tratamientos, este parámetro tuvo un comportamiento similar sin registrarse cambios sustanciales, la alcalinidad mínima registrada en el sistema de sedimentación fue de 11,6 mg/L de CaCO₃, y la máxima de 24,5 mg/L de CaCO₃ (Tratamiento – B), sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0,025$), entre el Tratamiento A y el Tratamiento B, lo que sugeriría que la presencia de ***Samastacus spinifrons***, no tendrían efecto sobre la composición química sobre el CaCO₃ en el agua con densidades menores a 28 ind./m². Al compararlos con los parámetros expuestos por Rudolph, (2002) se ve que estos valores son inferiores a los registrados en el ambiente natural de 53,5 mg/L para ***Samastacus spinifrons***, y además son menores a los 200 mg/L requeridos por ***Cherax tenuimanus*** (Langosta Marrón), en el cultivo comercial (Meruane, 2003). Por otro lado en Crayfish, alcalinidades menores a 100 mg CaCO₃/L, inhiben la nitrificación (Lawson, 1995). Según Metcalf & Eddy Inc., (1998), la Alcalinidad de aguas residuales está probada por la presencia de Hidróxidos, Carbonatos y Bicarbonatos de elementos como el Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio o el Amoníaco. Se puede decir como referencia, que un agua residual doméstica, fácilmente puede tener una concentración de 50 mg/L de CaCO₃, la cual estaría muy por encima de lo registrado en la presente tesis cuyo valor máximo se alcanzó en la salida del tratamiento B y fue de 25 mg/L de CaCO₃.

La dureza del agua, tuvo un comportamiento similar sin registrarse cambios sustanciales, la dureza mínima fue de 11 mg de CaCO₃/L y la máxima fue de 19,3 mg de CaCO₃/L registrada en la entrada del Tratamiento B, sin embargo, no se evidenció diferencias significativas ($p > 0,025$), entre el tratamiento A y el tratamiento B, lo que sugeriría que ***Samastacus spinifrons***, no cambiaría la composición química del agua

respecto a CaCO_3 en el agua con densidades menores a 28 ind/m^2 . Ambos valores son cercanos a los encontrados por Rudolph (2002), en el ambiente natural, los cuales fluctúan entre 17,8 a 35,6 mg CaCO_3/L . y a los requeridos por “Red Claw” (***Cherax quadricarinatus***), que necesita sobre 60 mg CaCO_3/L (Cortés, 2003). En ***Macrobrachium rosenbergii*** se sabe que aguas con durezas muy altas (alto contenido de carbonato de CaCO_3), dificultan el crecimiento (Barreto *et al.*, 1986), según Malecha (1978), la dureza recomendada para ***Macrobrachium rosenbergii*** es de 120 mg/L.

El amonio registrado en las unidades de sedimentación aumentó conforme transcurrió el tiempo, aún así, las salidas de ambos tratamientos (T –A y T- B) disminuyeron respecto a sus entradas aproximadamente en 0,02 mg/L. La presencia de camarones durante el desarrollo experimental de la tesis, podría explicar la diferencia de concentraciones entre las salidas del tratamiento A y el tratamiento B, esta disminución no mostró una diferencia significativa ($p > 0.025$), es por esta razón que podría haber disminuido el aporte de amonio en la columna de agua. Aún así, la materia residual orgánica la producirán la comida sobrante, materia fecal proveniente de camarones y decaimiento de mudas y camarones muertos. Este material orgánico producirá amonio con el tiempo, lo que podría hacer disminuir la tasa de crecimiento y causaría una alta mortalidad si es que llegasen a niveles de 2 ppm (www.scotmas.com , 2004). Hargreaves (1997), indica que una fuente importante de amonio en la columna de agua es la mineralización de la materia orgánica y la consecuente regulación de nutrientes en la interfase sedimento – agua. Un modelo de simulación que describe la dinámica de amonio en estanques de bagres estimó que el 20% al 30% del amonio en la columna de agua fue derivado desde los sedimentos. Martín *et al* (1998) determinó que en los cultivos semi – intensivos de camarón, un 38,4% del Nitrógeno que entra a un tanque es acumulado en

los sedimentos; pero que, a baja densidad de cultivo el sedimento no podría actuar como un dador, sino como un acumulador de este elemento.

Algunos factores del medio ambiente pueden acelerar o retrasar la tasa de crecimiento (Chittleborough, 1975), entre estos se encuentra la temperatura del agua. Muchos experimentos se han llevado a cabo para determinar la temperatura óptima necesaria para obtener la mayor tasa de crecimiento en diversas especies de camarones (Witham, 1973; Chittleborough, 1974, 1975; Serfling y Ford, 1975; Phillips *et al.*, 1977). La falta de control en éste y otros factores en el medio de cultivo (alimentación, oxigenación, espacio, etc.), pueden detener el proceso de crecimiento (Marshall, 1948), e incluso llegar a provocar un "stress" tal, que disminuyan su tamaño y/o su peso en algunas mudas (Martínez *et al.*, 1976; Weinborn, 1977).

Respecto de la materia sedimentada, al observar los parámetros físico - químicos en interacción con el crecimiento de ***Samastacus spinifrons*** se tiene una diferencia del 2,36% entre ambos tratamientos es representada por 1,0 g de diferencia en peso seco promedio producida en el primer período (50 días de experimentación), fue consumida por 28 camarones/m² de 0,46 g en promedio, por lo tanto, se puede deducir que la cantidad de materia sedimentada consumida por camarón fue de 0,03 g, esta cantidad consumida se podría deber a que ***Samastacus spinifrons*** no tuvo un período de adaptación al nuevo hábitat y las temperaturas fueron relativamente bajas (Rango entre 8,2 °C y 11 °C). Rudolph (2002), expone que la temperatura en la que habita ***Samastacus spinifrons*** en ambiente natural fluctúa de 8 a 14 °C. Las especies de crayfish encontradas en aguas frías tiene un crecimiento lento (Momot, 1991). Auvergne (1982), establece que las exigencias de temperatura dependen de cada especie, estableciendo un rango para ***Astacus***

astacus de 18 a 20 °C, para **Astacus pellis** de 8,5 a 15 °C y para **Procambarus clarkii** un rango de 22 a 26 °C.

En el segundo período (75 días de experimentación), se observó que la disminución de la materia sedimentada se acentuó y fue mayor que el periodo anterior (5,73%), esto se podría deber a que **Samastacus spinifrons** estuvo ya adaptado al sistema de sedimentación y el rango de temperatura aumentó (12 °C a 15,4 °C), durante los cuales se obtuvieron mayores tasas de crecimiento; esto concuerda con lo descrito por Bautista (1988), que establece un rango óptimo de 12 a 18 °C, para el cultivo del camarón de río. El total de materia consumida fue de 4,21%, lo que se traduce en un consumo de 4,26 g de materia sedimentada seca con un rango de temperatura de (8,2 a 15.4 °C.).

La materia consumida por **Samastacus spinifrons** (material sedimentado), estuvo constituido con un porcentaje de 15,57% de proteínas, 1,55% de lípidos y 8,87% de carbohidratos, lo cual estaría por debajo de los requerimientos proteicos discutidos por Valdebenito (2004), donde plantea que la mejor de sus dietas propuesta tuvo un porcentaje de 30,5% de proteínas y 22,2% de carbohidratos para juveniles de **Samastacus spinifrons**. Ackefort en 1992 plantea que la inclusión de proteínas para juveniles de **Astacus astacus** debe tener 30% a 35% de proteínas, 20% a 25% de carbohidratos y no más de 10% en lo que respecta a lípidos. Lo escrito por Ackefort en 1992 concuerda con la experiencia realizada por Castillo *et al.*, (2002), el cual propuso que el nivel óptimo de proteínas de la dieta para juveniles de **Cherax quadricarinatus** es de menos de 31% y 7,7% de lípidos a una temperatura de 27 °C. Hay que hacer mención que el material consumido fue sólo residuos provenientes de la unidad de engorde de peces, es por esta razón que serían bajos los porcentajes de proteínas y carbohidratos

El porcentaje de crecimiento diario que presentó ***Samastacus spinifrons*** durante los 125 días fue de 0,86%, este sería cercano al descrito por Valdebenito (2004), en una de sus dietas preparadas (29,5% de proteínas y 34,9% de carbohidratos) para juveniles de ***Samastacus spinifrons***, con la cual tuvo un crecimiento diario de 0,93%, para un sistema de flujo abierto y de 0,6 a 1,3% con la misma dieta y un sistema de recirculación de agua. Según Augsburger (2003), en trabajos de laboratorio con individuos nacidos en cautiverio han obtenido un crecimiento diario de 1,645% en camarones juveniles ***Samastacus spinifrons*** provenientes de una población del río Maullín.

Este valor descrito en la presente tesis se encuentra dentro del rango descrito por Villarreal (1996), cuando evaluó el cultivo potencial de ***Cherax tenuimanus***, el cual alcanzó un crecimiento diario de 0,82 y 1,3% a 27 °C, con la inclusión de distintos niveles de Proteína y Carbohidratos; por otro lado este valor (0,86% de crecimiento diario), estaría dentro de los rangos descritos para ***Cherax tenuimanus*** por Fotedar (1998), quien estableció que el rango de crecimiento diario fue de 0,5 a 1,1%. Los rangos antes mencionados son contrarios con los datos obtenidos para juveniles de ***Cherax quadricarinatus*** por Cortés (2003), en donde se registraron crecimientos diarios cercanos al 3% con dieta preparada (36,7% proteína y 41,2% de carbohidratos).

En lo que respecta a los incrementos de peso y biomasa no se pudo calcular en el primer período debido a una posible relación inversa entre el peso individual ganado y la sobrevivencia (Valdebenito, 2004), coincidiendo con lo obtenido por Salgado (2001), en la evaluación de dos dietas con diferente fuente proteica animal y una temperatura de 26 °C, en la fase de engorde de ***Macrobrachium rosenbergii***.

Según Bautista (1988), los requerimientos energéticos dependen de la especie, de la edad, de la actividad, del tipo de alimentación y de los factores ambientales. En general el crecimiento de camarones se reduce cuando se les suministra un exceso o falta de energía total (Valdebenito, 2004). La energía bruta total de materia sedimentada fue de 1208,13 kJ/ 100 g. Valdebenito (2004), registró bajos crecimientos en dietas preparadas con un nivel de energía de 1157,8 y 1666,7 kJ/ 100 g.

El crecimiento de camarones depende principalmente de las proteínas, posiblemente por la limitada capacidad para almacenar reservas como lípidos y carbohidratos (Valdebenito, 2004). Estos últimos son asimilados cuando se incluyen como Almidón (Rosas *et al.*, 2000). Considerando lo anterior, puede ser que los crecimientos obtenidos estén influenciados por el tipo de carbohidrato suministrado en la dieta.

El factor de conversión de ***Samastacus spinifrons*** para el total de 125 días fue de 1,73 con una rango de temperatura que varió entre los 8,2 a los 15,4 °C en promedio. Valdebenito (2004), obtuvo un factor de conversión que varió de 3,4 a 9 con dietas preparadas para la misma especie con distintos niveles de Proteínas y Carbohidratos y con una temperatura que varió entre 15,4 y 19,3 °C. Cortés (2003), con ***Cherax quadricarinatus***, alcanzó un nivel de conversión de 3,2 con una frecuencia de alimentación de una vez al día. Salgado (2001) describió como mejor factor de conversión alimenticio de 3,45 para ***Macrobrachium rosenbergii*** a 26 °C.

Molina y colaboradores en el año 2000 propusieron que el momento del día en que los camarones se encuentran más asiduos a aprovechar el alimento es un aspecto importantísimo, ya que alimentar con frecuencia cercana a los picos de actividad

enzimáticas y en cantidades acordes a los estadios de mudas, permite obtener un aprovechamiento del alimento, lo cual sugeriría que el factor de conversión disminuiría.

Al relacionar la mortalidad con la temperatura que se obtuvo en el ensayo se puede decir que fue de un 27% a 9 °C.; 11% a 10,1 °C.; 9; 8% a 13,3 °C. y 0% a 13,9 °C., la cual se acerca a lo registrado por Ausburger (2003) en la cría de ***Samastacus spinifrons*** con flujo cerrado, donde se obtuvo una mortalidad del 80% a 8 °C., 70% a 9 °C.; 45% a 10 °C.; lo cual hace inferir que la incidencia de la Temperatura en la mortalidad y crecimiento es un factor importante dentro del cultivo de ***Samastacus spinifrons***. Otra forma que ayudaría a entender el comportamiento de la mortalidad registrada durante el desarrollo de la tesis, se podría explicar con una posible relación inversa entre el peso promedio individual y la sobrevivencia acumulada, ya que al aumentar el peso individual promedio, se hace más difícil la disponibilidad del alimento, causando una competencia intraespecífica entre organismos, esta podría derivar en un canibalismo en la especie.

Fundación Chile en cultivos experimentales ha demostrado que la mortalidad de camarones juveniles de ***Samastacus spinifrons*** es termo dependiente, alcanzando mortalidades superiores al 50% mensual con temperaturas bajo los 10 °C., por otra parte con temperaturas de 15 °C. se han obtenido mortalidades superiores al 30% mensual (Augsburger, 2003). La mortalidad acumulada en el sistema de cultivo fue de 26,5% en 48 días de experimentación, la cual está dentro de lo registrado por Valdebenito (2004), en donde ésta varió de 8% a 30% para flujos abiertos con dietas preparadas y 48 días de experimentación y de 50% a 52% para flujos cerrados con dietas preparadas y 48 días de experimentación. Tsvelnenco, *et al.*, (1995) obtuvo en ***Cherax tenuimanus*** las mejores tasas de mortalidad (3%) en individuos de 12 g con dietas preparadas en cultivos

experimentales. Esto no coincidiría con Castillo *et al.*, (2002), que obtuvo en 60 días de cultivo en juveniles de ***Cherax quadricarinatus*** mortalidades de un 33,2% con dieta preparada. Esto se reafirmaría en lo descrito por Villarreal (1996), quien obtuvo en una mortalidad de 35% en una de sus dietas elaboradas (20% de proteínas) a 27 °C. Los datos antes mencionados concuerdan con lo experimentado por Salgado (2001), en lo que respecta a tratamiento con distinta fuente proteica para ***Macrobrachium rosebergii***. Para los 125 días que duró el experimento total, la mortalidad que se obtuvo fue de 39,3%, este resultado está dentro de los registrados en Europa, durante numerosos experimentos realizados en condiciones de laboratorio durante 50 a 180 días, donde las mortalidades han fluctuado de 40 a 100%, en juveniles de ***Pacifastacus leniusculus*** y ***Astropotambius palliles***, (Carral, 2003).

Respecto de la eficiencia del sistema Peces (Alevines – Smolt) – Efluente – Camarones se observó que al cultivar 13 kilos de peces en 1 m³ y un flujo de 3,75 L/min. se producen 97,02 gramos de efluente en base seca, el cual producirá 2,34 g de camarones en base seca. Si este flujo se ampliara se producirá una mayor cantidad de materia sedimentable y por ende una mayor cantidad de gramos de camarón, así se extrapoló a un flujo de 60 L/min. en donde si se cultivan 13 kilos de peces en 1 m³ se producirá teóricamente un efluente de 1552 g de materia sedimentable en base seca y un incremento en biomasa de camarón 37,4 g en base seca.

Se observa que de 303,94 g de materia sedimentada seca, 12,78 g son consumidos por ***Samastacus spinifrons***, de los cuales 7,02 g es el incremento real del camarón y 5,76 g es lo que destina a metabolismo. Este crecimiento se podría explicar por la variación de la tasa metabólica con relación al peso y talla (Gerking, 1955^a; Paloheimo y Dickie, 1966; Job, 1969a y b; Edwards *et al.*, 1972), ya que es en esta etapa

donde el organismo requiere de mayor energía para su crecimiento dado que presenta constantes cambios de exoesqueleto (ecdisis), (Rodríguez – Serna *et al.*, 2002).

Es importante tener conocimiento sobre las diferentes técnicas de tratamiento de efluentes de pisciculturas, con el objetivo de lograr un mejor provecho de los residuos provenientes de estas. El sistema integrado expuesto en la presente Tesis podrá ser un ejemplo de protección ambiental y de gestión del desarrollo de la acuicultura, cuyos beneficios se obtienen con un menor costo y que, al mismo tiempo, consiguen una perfecta armonía con el entorno. Esta práctica podría llegar a ser una base de conocimiento avanzado y permitiría considerar a las aguas residuales como un nutriente barato para producir alimento, más que como un contaminante, además ayudará a resolver de un modo eficaz la problemática a la que deben hacer frente los países en desarrollo, tales como: el tratamiento de los residuos, la producción de alimentos a bajo costo y la creación de puestos de trabajo.

8 CONCLUSIÓN

- ?? En las condiciones del presente trabajo, el aporte de materia sedimentada en las descargas de los efluentes de pisciculturas provenientes de instalaciones de producción de alevines de salmones, hacia los cuerpos receptores, disminuyó en un 4,21% por efecto de la presencia de juveniles de camarón de río, ***Samastacus spinifrons***.
- ?? La tasa de crecimiento específico para ***Samastacus spinifrons*** fue de 0,86% y el porcentaje de crecimiento en peso fue de 197,36% en un periodo de 125 días.
- ?? El factor de conversión de ***Samastacus spinifrons*** fue de 1,13 y la eficiencia de conversión fue de 57,88% para un periodo de 125 días.
- ?? La mortalidad acumulada de ***Samastacus spinifrons*** fue de 39,3% en el periodo indicado.
- ?? La tasa de mortalidad durante el periodo fue disminuyendo desde 26,5% al inicio hasta llegar a un 1,4% al final.
- ?? Se puede decir que el sistema planteado es efectivo para la disminución de carga orgánica particulada en los efluentes de pisciculturas, así como para el engorde de camarones de río del sur, ***Samastacus spinifrons*** y podría ser aplicado en todas las pisciculturas.

9 BIBLIOGRAFÍA

- ☞ Ackefors, H.; Castell, J.D. ; Boston, L.D.; Raety, P. y Svensson, M. 1992. Standard experimental diets for crustacean nutrition research. 2. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* (Linne) fed diet containing various amounts of protein, carbohydrate and lipid. *Aquaculture*, 104 (1992) 341 – 356.
- ☞ Ackefors y Enell, 1992. En <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s05.htm>.
- ☞ Aguayo, C. 2003. Incorporación de criterios ambientales en el diseño, construcción y operación de centros de cultivos de especies salmonídeas en la etapa de agua dulce (pisciculturas) para el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. Tesis de grado. Universidad Católica de Temuco. 159pp.
- ☞ Aqunoticias, 2001. “Acuicultura Tierra Adentro”. *Revista Aqunoticias* N° 65 pp 22 – 29.
- ☞ Ausburger, A., 2003. La experiencia del cultivo del camarón de río del sur *Samastacus spinifrons*. Primer Seminario Internacional de Astacicultura, Área Recursos Marinos, Fundación Chile. Puerto Varas, Chile.
- ☞ Auvergne, A. 1982. El cangrejo de río. Cría y explotación. Ed. Mundi-prensa. España. 119pp.
- ☞ Austreng, E., T. Storebakken & T. Asgard, 1987. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and Rainbow trout. *Aquaculture*, 60: 157 – 160.
- ☞ Bahamonde, N., Carvacho, A., Jara, C., López, M., Ponce, F., Retamal, M. A., & E. Rudolph. 1988. Categorías de conservación de decápodos nativos de aguas continentales de Chile. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile*, 47: 91-100
- ☞ Bardach, J. E., J.H. Ryther & W.O. Maclarney, 1982. *Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y agua dulce* AGT Editor S.A., México DF, México: 741 pp.

- ✂ Barg, U.C., 1992. Guidelines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. FAO Fisheries Technical Paper No. 328. Rome, FAO. 122pp
- ✂ Barnabé, G. 1991. Acuicultura. Ed. Omega. 478pp.
- ✂ Barnabé, G. 1996. Bases Biológicas de la Acuicultura. Ed. Omega. 563pp.
- ✂ Barreto, L.; de Sousa, E.; Alves, E. 1986. Camarao, Manual de cultivo do **Macrobrachium rosenbergii** (pitu havaiano – gigante de Malasia). Ed Aquaconsult. 124pp.
- ✂ Bautista, C. 1988. Crustáceos. Tecnología de cultivo. Ed. Mundi-prensa. España. 180pp.
- ✂ Bocic, V., Rudolph, E. & D. López. 1988. Biología reproductiva y dinámica poblacional del camarón de río **Samastacus spinifrons** (Philippi, 1982). Bol. Soc. biol., Concepción, Chile, 59: 9-21
- ✂ Boyd, C. E. 1984. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, EEUU. 359pp.
- ✂ Buschmann, A., 2001. Impacto Ambiental de la Acuicultura. "El estado de la investigación en Chile y el mundo. Terram Publicaciones, 67 pp.
- ✂ Caicyt, 1987. Alimentación en acuicultura II. Industrias gráficas España, S.L. España. 318pp.
- ✂ Canavos, G. 1995. Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos. Ed. Mc Graw – Hill. México. 615 pp.
- ✂ Carral, J. 2003. La astacicultura en Europa: con especial referencia al estado actual de la investigación aplicada al cultivo. Ponencia primer seminario internacional de Astacicultura. Área recursos marinos, Fundación Chile. Puerto Montt, Chile. 17 Octubre, 2003.

- Castillo, E.; Cisneros, L.; Ortiz, S. y Jover, M. 2002. Evaluación de dietas proteicas en precrías de langosta de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*). Primer Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. 1-5pp.
- Chittleborough, R. G., 1974. Western rock lobsters reared to maturity. Aust. J. mar. Freshw. 221-225. 25
- Chittleborough, R. G., 1975. Environmental factors affecting growth and survival of juvenile Western rock lobsters *Panulirus longipes* (Milne-Edwards). Aust. J. mar. Freshwater. 177-196. 26:
- Chua, T.E. J.N Paw and F.Y. Guarin, 1989. The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in Southeast Asia. Marine Pollution Bulletin 20(7): 335-343 pp
- CONAMA (Comisión nacional del Medio Ambiente), 1999. Orientaciones para la evaluación de impacto ambiental en proyectos de cultivo y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos. Edición Sub Departamento de Evaluación de Impacto Ambiental CONAMA. 218 pp.
- Compendio Acuicultura, 2001. Acuicultura y Pesca Compendio y Directorio Chile 2001. Producido por revista Aquanoticias, 400pp.
- Cortes T., N. 1999. Diseño y tratamiento de aguas residuales para un plantel de cultivo de smolts de salmones y truchas. Tesis de grado presentada como parte de los requisitos para optar a Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.
- Cortés, E.; Villarreal, C. y Rendón, R. 2003. Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de Langosta de Agua Dulce (*Cherax quadricarinatus*). Primer congreso iberoamericano virtual de acuicultura. 882-890pp.

- ✂ Edwards R R. C., D.M., Finlayson and J.H, Steele, 1972. An experimental study of the oxygen consumption, growth and metabolism of the cod ***Gadus morhua*** (L.). J. Exp. Mar. Biol. 8:299-309.
- ✂ FAO, 1993. Informes sobre temas hídricos. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. En anales de la consulta de experto organizada por FAO Chile, 385pp
- ✂ FAO, 1997. FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service, Fishery Resources Division, FAO Fisheries Circular. No 886, Rev. 1. Rome, 163pp.
- ✂ FAO, 1998. El Estado mundial de la pesca y la acuicultura. FAO. Roma (Italia). <http://www.fao.org/docrp/W9900s/W9900s00.htm>.
- ✂ Flores, H., 1995. Control Ambiental en Maricultura. Contaminación por Alimentación en Cultivo de Peces. Curso de Nutrición y Alimentación de Salmonídeos. Universidad Católica de Temuco. Chile.
- ✂ Fotedar, R. 1998. Nutrition of marrón, (***Cherax tenuimanus***) under different culture environment a comparative study. Muresk Institute of Agriculture. 174 pp.
- ✂ GESAMP, 1991. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Reducing Environmental Impacts of Coastal Aquaculture, *GEASAMP Reports and Studies* No. 47, Rome, FAO. 35 pp.
- ✂ Gerking S.D., 1955 (a). Influence of rate of feeding on body composition and protein metabolism of bluegill sunfish
- ✂ Gowen, R.J. & Bradbury, N.B. 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 25, 563-575.
- ✂ Hargreaves, J. 1997. A simulation model of amonia dynamics in comercial catfish ponds in the southeastern United States. *Aquacultural Engeniering* 16, 27 –13.

- ☞ Hellawell, J., 1989. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Elsevier Applied Science. 1ª edición. EEUU.
- ☞ Hobbs, H. H., Jr. 1991. A new generic assignment for a South America crayfish (Decapoda: Parastacidae) with revised diagnoses of the South America genera and comments on the Parastacid mandible. Proc. Biol. Soc. Washington, 104(4): 800 – 811.
- ☞ <http://www.marn.gob.sv/legisla/reglaman/aguares.htm>, 2004.
- ☞ <http://www.scotmas.com/web-esp/agriculture/aqua-mainpage>, 2004
- ☞ Iracabal, J., Rudolph, E., Alvarado, P., Bravo, W. & J. Yañez. 1994. Diseño dimensionamiento y construcción de una Astacicultura experimental. XIV Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Mayo 1994.
- ☞ Jara, C. 1994. Camarones dulceacuícolas en Chile. Informe técnico-científico. Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile. 15pp.
- ☞ Job, S.V., 1969(a). The respiratory metabolism of *Tilapia mossambica* (teleostei). I.- The effect of size, temperature and salinity. Marine Biology, 2:121-126.
- ☞ Job, S.V., 1969(b). The respiratory metabolism of *Tilapia mossambica* (teleostei). II.- The effect of size, temperature, salinity and partial pressure of oxygen. Marine Biology 3: 222-226.
- ☞ Lawson T.B., 1994. Fundamentals of aquaculture engineering. First Ed. Chapman & Hall. EE.UU.
- ☞ Lawson, T. 1995. Fundamentals of aquacultural engineering. Chapman & Hall. EE.UU.
- ☞ Lee, D., wickins, J. 1997. Cultivo de crustáceos. Editorial Acribia, S.A. 499 pp.
- ☞ Liao, J. and N. Chao. 1982. Progress of *Macrobrachium* farming and its extentsion in Taiwan. En: New. M. ed. Giant Prawn Farmin.g. Elsevier, New York, 357-379pp.
- ☞ López, M. T., Paredes, M., Ruiz, V., Gavilán, J. F. & F. Alay. 1990. Interacción entre el camarón de río y lucheillo en acuario. Agro-Ciencia, 6(1): 27-30.

-
- Malecha. S.R., 1978. Aquaculture of the freshwater prawn **Macrobrachium rosebergii** in Hawaii: History, present status and application to other areas. Anais Simposio Brasileiro de Aqüicultura. Recife – 1-23pp.
- Malecha. S.R., D.H. Buck., R.J. Baur and D.R. Onizuka. 1981. Polyculture of freshwater prawn, **Macrobrachium rosebergii**, chineese and carp common carps in pond enriched with swine manure. I. Initial trials. Aquaculture, 24 (3 – 4): 101 – 116pp.
- Manning, R. B., & H. H. Hobbs, Jr. 1997. Decapoda: 157-162, *In*: S. H. Hulbert (Eds.) Biota acuática de Sudamérica austral. San Diego State University, San Diego, California.
- Marshall, N. 1948. The molting without growth of spiny lobster *Panulirus argus* kept in a live car. Trans. Amer. Fish. Soc., 267-269. 75
- Martin, J., Y. Veran, O. Guelorget y D. Pham. 1998. Shrimp rearing: stocking density, growth, impact on sediment, waste output and their relationships studies through the nitrogen budget in rearing ponds. Aquaculture 164: 135-149
- Martínez A E. Lozano P. Briones S. CORTÉS. 1976. Informe final 1ª etapa. Programa Uso de la Zona Costera de los estados de Michoacán y Guerrero. Aspectos generales de la biología, ecología y semicultivo de las langostas. (*Panulirus gracilis* y *P. inflatus*) en la Isla de Ixtapa, Gro., y áreas circunvecinas. Convenio Comisión del Río Balsas, S.R.H. y Centro Cienc. del Mar y Limnol.Univ. Nal. Autón. México. Contrato de estudios CRB-038/76-E: 50 p., 24 figs., 18 tablas.
- Martínez-Córdova, L., H. Villareal y M. Porchas. 1995. Culture of white shrimp **Penaeus vannamei** in reduced water exchange ponds in Sonora Mexico. World Aquaculture 26:47-48.
- Mendez, R. 1998. La acuicultura en Chile: un buen balance. Aquanoticias internacional N° 45: 13 – 21.

- Meruane, J. 2003. Antecedentes generales del cultivo de langosta Marron (***Cherax tenuimanus***). Ponencia primer seminario internacional de astacicultura. Área recursos marinos, Fundación Chile. Puerto Montt. Chile. Octubre. 17, 2003.
- Messieh, N., 1992. Diposal of fish wastes in Atlantic Canadá. Unep Industry and Environment, pp: 29 – 33.
- Metcalf and Eddy Inc. 1991. Wasterwater engineering: treatment, disposal and reuse. Revised tchobanoglous G. and burton. Third edition Mc Graw Hill Inc United States of America. 845 pp.
- Metcalf and Eddy Inc. 1998. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización de aguas residuales. McGraw -Hill, cop 1995. ISBN 84-481-1607-0
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 2001. D.S. N° 90/2001. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. Chile.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 2000. Resolución Exenta N° 27 Aprueba el Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos no Peligrosos Generados en Plantas de Tratamientos de Aguas. Chile.
- Molina, C.; Cadena, E.; Orellana, F. 2000. Alimentación de camarones en relación a la actividad enzimática como una respuesta natural al ritmo circadiano y ciclo de muda, In: Cruz-Suárez, L:E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A. y Civera-Cerecedo. R, (Eds). Avances en nutrición acuícola V. Memorias del V simposium internacional de nutrición acuícola. 19-22 nov, 2000 Mérida, Yucatán. México.
- Momot, W., 1991. Potential for Explotation of Freshwater crayfish in Coolwater Systems: Management Guidelines and Issues. Fisheries: Vol. 16, N° 5, 14-20pp.

- ✍ M.O.P.T. Ministerio de Obras Públicas, 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Secretaría para las Políticas del Agua y Medio Ambiente, Ministerio de Obras Publicas y Transporte. España.
- ✍ Nuñez, M.; Salas, C. 2000. Caracterización, clasificación y tratamiento de fangos residuales de pisciculturas salmónideas para su biodisponibilidad como bioremediador de fertilizante orgánico. Tesis de grado presentada como parte de los requisitos para optar a Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.
- ✍ Paloheimo J.E. and L.M., Dickie, 1966. Food and growth of fishes. II.- Effects of food and temperature on the relation between metabolism and body weight. J. Fish. Res. Bd. Canada 23(6): 869-908.
- ✍ Phillips, B. F. N. A. 1977. Campell W A. Rea Mar. Biol. Laboratory growth of early juveniles of the Western rock lobster *Panulirus longipes cygnus*. 31-39. 39
- ✍ Phillips, M.J. 1995a. Aquaculture and the environment – striking a balance, p.26-55. In K. P. P. Nambiar and T. Singh (eds.) Aquaculture towards the 21 st century. Proceedings of INFOFISH-AQUIATECH, 94 International Conference on Aquaculture, Colombo, Sri Lanka, 29-31 August 1994. Organized by INFOSIFHand the Sri Lanka Export Development Board.
- ✍ Phillips, M.J. 1995b. Shrimp culture and the environmental, p. 37-62. In T,U Bagarinao and E.E.C. Flores (eds.) Towards Sustainable Aquaculture in Southeaster Asia and Japana. Iloilo (Philippines), SEAFDEC Aquaculture Department.
- ✍ Raa J., 1997. ¿Cual es el futuro de la acuicultura? Aqunoticias Internacional N°36.
- ✍ Riek, E. 1971. The freshwater crayfish of South America. Proc. Biol. Soc. Washington 84: 129- 136.

- Robaina, L. 1998. Utilización nutritiva de fuentes de proteínas alternativas a la harina de pescado en dietas de engorde para dorada (***Sparus aurata***). Informes Técnicos Instituto Canario de Ciencias Marinas. (4). 195pp.
- Rodríguez-Serna, M., 1999. Biología y sistemática de los Cambáridos del sudeste de México y su potencial aprovechamiento en la acuicultura. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, 101 p.
- Rosales, FJ. 1976. Alimento de algunas especies del género *Penaeus*. Mem. Biología y Dinámica Poblacional de Camarones. 1:352-373
- Rosas, C.; Cuzon; G.; Gaxiola, G.; Pascual, C.; Brito, R.; Chimal, M. y Wornhoudt, A. 2000. El metabolismo de los carbohidratos de ***L. setiferus***, ***L. vannamei*** y ***L. styrostris***. In: Cruz – Suárez, L.; Ricque – Marie, D.; Tapia – Salazar, M.; Olvera – Novoa, M. y Civera – Cerecedo, R. (Eds). Avances en nutrición acuícola V. Memorias de V simposium internacional de nutrición acuícola. 19 – 22 Noviembre, 2000. Merida, Yucatán.
- Rosenthal, H. 1997. Environmental issues and the interaction of aquaculture with other competing resources users, p. 1-13. In ACC Special Publication Nn. 2.. St. Andrews, Aquaculture Association of Canada.
- Rudolph, E., 1984. Perspectivas del cultivo de camarones de agua dulce en Chile. Mems. Asoc. latinoam. Acuicult., 5: 769- 773.
- Rudolph, E., De la Fuente, L., Van Hasselt, M., Díaz, A., Dumenes, A., 1991. Composición química proximal de los tejidos comestibles y desperdicios de los camarones dulceacuícolas, ***Samastacus spinifrons***, ***Parastacus pugnax*** y ***Parastacus nicoleti*** (Crustacea: Decapoda: Parastacidae). Alimentos, N° 2, Vol. 16.
- Rudolph, E., & J. Iracabal. 1994. Desarrollo embrionario y postembrionario del camarón de río ***Samastacus spinifrons*** (Philippi, 1882) (Decápoda, Parastacidae). Bol. Soc. biol. Concepción, Chile, 65: 43-49.

-
- ✍ Rudolph, E. 2002. Sobre la biología del camarón de río ***Samastacus spinifrons*** (Philippi, 1882) (Decápoda, Parastacidae). Gayana Zoología (aceptado).
- ✍ Timmons, M. y T., Losordo. 1994. Aquaculture water reuse systems: Engineering design and management. Ed. Elsevier. EE.UU. 333pp.
- ✍ Timmons, M., Ebeling, J., Weaton, F., Summerfeldt, S., Vinci, B., 2002. Sistemas de recirculación para la Acuicultura. Ed. Fundación Chile, 748pp. Chile.
- ✍ Saldías, C. 2001. Efluentes y balance de nutrientes en piscinas camaroneras con diferentes prácticas de manejo. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Ecuador.
- ✍ Salgado, I. 2001. Efecto de dos dietas con diferente fuente proteica animal en la fase de engorde de ***Macrobrachium rosenbergii***. Universalia 6 (2), 27 – 35.
- ✍ Saltarini, D. 2003. Antecedentes económicos del cultivo de astacidos. Ponencia en primer seminario internacional de astacicultura. Área recursos marinos, Fundación Chile., Puerto Montt; Chile. 17 Octubre, 2003.
- ✍ Serfling, S. A. R. F. Ford. 1975. Aquaculture Laboratory culture of juvenile stages of the California spiny lobster *Panulirus interruptus* (Randall) at elevated temperatures. 6: 377-387.
- ✍ Subsecretaría de Pesca, 1989. Decreto Supremo 427. Ley N°18.892 General de Pesca y Acuicultura. Chile.
- ✍ Subsecretaría de Pesca, 1989. Decreto Supremo 430 Ley N°18.892. Ley General de Pesca y Acuicultura. Chile.
- ✍ Subsecretaría de Pesca, 2001. D.S. (MINECOM) N° 320/2001. Reglamento Ambiental para la Acuicultura. (RAMA) Chile.
- ✍ Subsecretaría de Pesca, 2003. Política Nacional de Acuicultura, <http://www.subpesca.cl/areas/acuicultura/documentos/PNA%205.0.pdf>.
- ✍ Terram, 2001. El Costo Ambiental de la Salmonicultura en Chile. Publicaciones

- ✍ Tsvelnenco, T.; Santelices, M. y Evans, L. 1995. Effect of dietary protein levels and beta – carotene on growth of marron (***Cherax tenuimanus***) in an intensive culture system. Aquatic Science Research Unit, Curtin University of Technology, Bentley, WA 6102, Australia. Freshwater Crayfish. 10: 611 - 622
- ✍ Unda, F., 1998. Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. Editorial Limusa S.A. México. p 968
- ✍ Valdebenito, H., 2003. Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de juveniles de camarón de río del sur ***Samastacus spinifrons***, Philippi 1882, alimentados con distintos valores de proteínas y carbohidratos. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Católica de Temuco. Chile
- ✍ Villarreal, H. 1996. Evaluación del potencial de cultivo de la langosta de agua dulce (***Cherax tenuimanus***) en función de su eficiencia bioenergéticas. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 11-13 Noviembre, 1996. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
- ✍ Wang, J.K. 1990. Managing shrimp pond water to reduce discharge problems. Aquaculture engineering 9:61-73.
- ✍ Weston, D.P., 1990. Cuantitative Examination of Macrobentic Community Changes Along an Organics Enrichment Gradient. Marine Ecology Progress Series. 1ª Edición EEUU
- ✍ Weinborn, V., J. A., 1977. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Estudio preliminar de la biología, ecología y semicultivo de los Palinúridos de Zihuatanejo, Gro., México (*Panulirus gracilis* Streets y *P. inflatus* (Bouvier)). 27-77.4 (1):
- ✍ Witham, R. 1973. Preliminary thermal studies on young *Panulirus argus*. Fla. Scientist. 154-158.36 (24):

- ✍* Witham, R., 1973. Preliminary thermal studies on young *Panulirus argus*. Fla. Scientist.
154-158.36 (24)

ANEXO



Figura 24.- Ubicación de Piscicultura Río Pescado

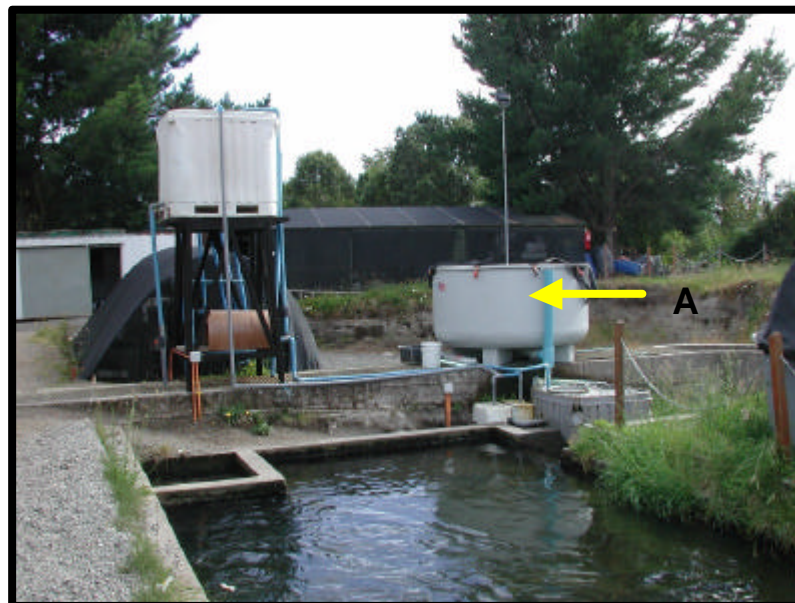


Figura 25 - Vista Sur de Sistema de cultivo

?? *- A = Tanque con peces

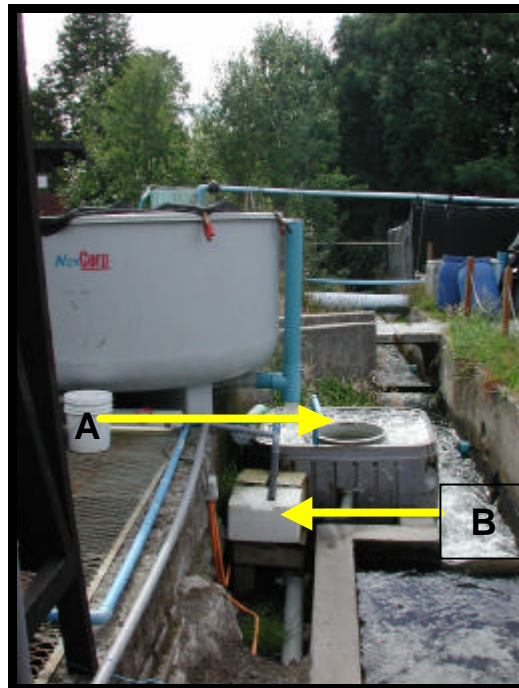


Figura 26.- Tanque de Recolección de Materia Orgánica

- *.- A = Tanque de Recolección de Materia Orgánica.
- **.- B = Bombas de succión de Materia Orgánica.

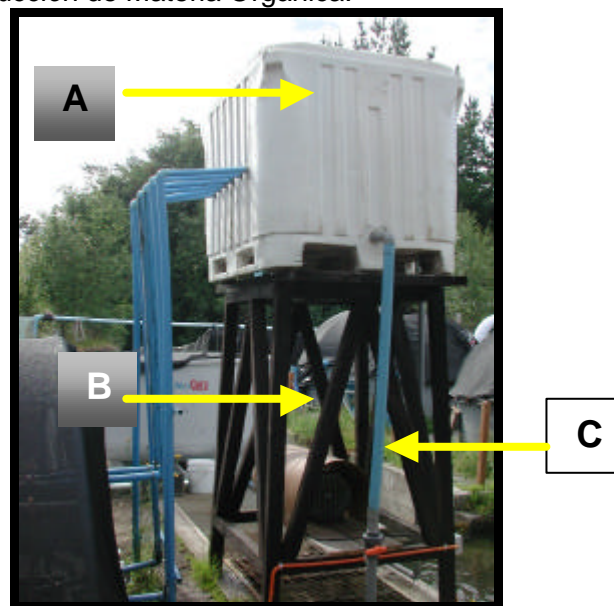


Figura 27.- Tanque de Distribución de Materia Orgánica.

- *.- A = Tanque de distribución de Materia Orgánica
- **.- B = Sistema de aireación
- ***.- C = Despiche

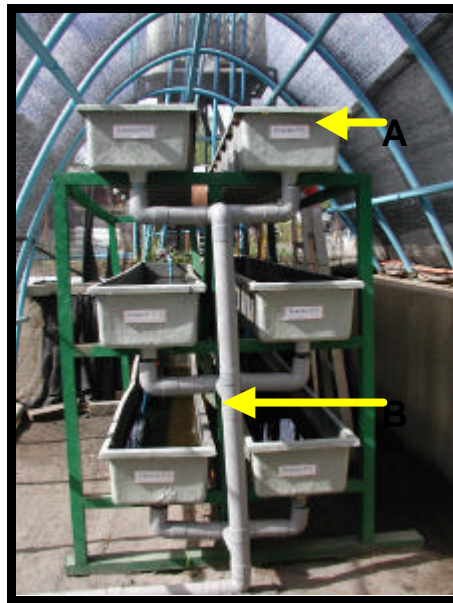


Figura 28.- Vista Norte de unidades experimentales

- *.- A = Unidades experimentales
- **.- B = Sistema hidráulico de Efluentes

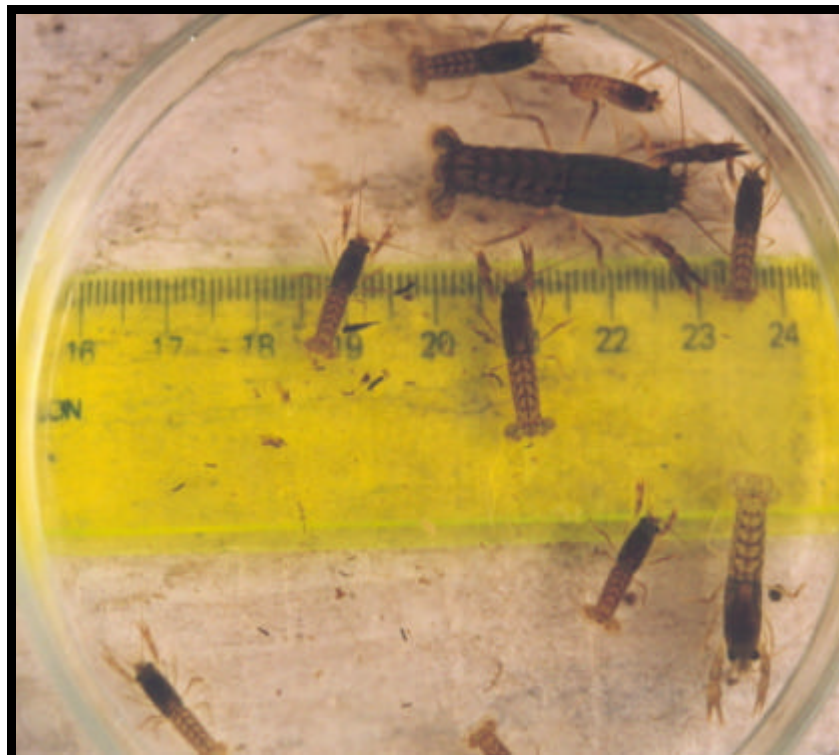


Figura 29.- *Samastacus spinifrons* (Ejemplar Juvenil)



Figura 30.- Cápsulas de desecación para determinación de materia orgánica