



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA MARÍTIMA Y CIENCIAS DEL MAR**

**INGENIERIA PARA ACUICULTURA**

**“ESTUDIO DEL CULTIVO DEL *Litopenaeus vannamei* CON AGUA DULCE  
PROVENIENTE DE ACUIFEROS, EN LA ZONA DE CHURUTE”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO ACUACULTOR**

**PRESENTADO POR**

**PAULO CÉSAR BALDA MENDOZA  
RAÚL ERNESTO MENÉNDEZ MOLINA**

**GUAYAQUIL- ECUADOR**

**2002**

### **AGRADECIMIENTO.**

A Dios sobre todas las cosas, porque es quien guía el desarrollo de la presente tesis.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional.

A los profesores de nuestra Facultad y a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, por habernos brindado la oportunidad de alcanzar nuestra meta.

A nuestros compañeros y amigos, quienes compartieron junto a nosotros buenos y malos momentos.

A M.Sc. Jerry Landivar, quien más allá de colaborar como Director en nuestra Tesis ha sido un gran amigo.

Al Biólogo Marcos Alvarez, por su paciencia, apoyo y colaboración en el desarrollo de nuestra Tesis.

A los dueños de la empresa camaronera en que se desarrolló la tesis, quienes nos ayudaron en la recolección de datos, y brindaron su apoyo en todo momento.

A todos ellos... muchas gracias.

**DEDICATORIA**

A Dios,  
y a nuestra familia.

**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**



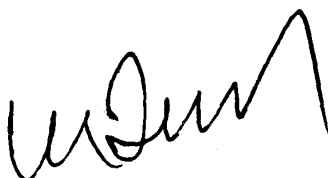
---

Ing. Eduardo Cervantes B.  
Presidente del Tribunal



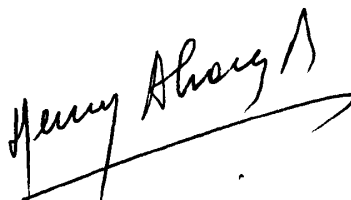
---

M.Sc. Jerry Landívar Z.  
Director de Tesis



---

Blgo. Marco Álvarez G.  
Miembro Principal

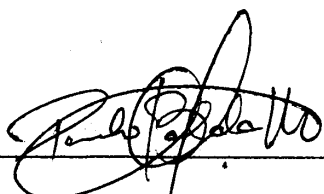


---


Acc. Henry Alvarez A..  
Miembro Principal

**DECLARACION EXPRESA**

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en ésta tesis, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Paulo César Balda Mendoza



Raúl Menéndez Molina

# Índice.

<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO #1: <u>GENERALIDADES</u></b>	<b>4</b>
1.1.- Fisiología de la Osmorregulación	4
1.2.- Generalidades del agua de pozo	9
1.2.1.- Características del agua subterránea	9
1.2.1.1.- Fuentes de agua	10
1.2.1.2.- Tipos de pozos.	11
1.2.1.3.- Granulometría del acuífero y diseño de filtros.	14
1.2.2.- Partes de un acuífero.	16
1.3.- Técnicas requeridas para el manejo con agua de pozo.	20
1.3.1- Protocolo de manejo.	22
<b>CAPITULO 2: <u>APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE ACUÍFEROS EN ACUACULTURA</u></b>	<b>28</b>
2.1.- Caracterización fisico-química del agua subterránea	23
2.1.1.- Impacto ecológico del uso de acuíferos	39
2.1.1.1.- Rendimiento del agua del subsuelo	39
2.1.1.2.-Marco legal de los cultivos tierra adentro	42
2.2.- Equipo requerido para la extracción del agua	39
2.2.1.- Construcción del Pozo	45
2.2.2.-Bombeo	48
2.2.1.1.- Tipos de bombas usadas en cultivos tierra adentro.	49
2.3.- Infraestructura usada en el cultivo	51
2.3.1.- Infraestructura de estanques	51
2.3.2.- Equipo adicional (aireadores)	52
<b>CAPITULO 3: <u>MEDICIONES DE CAMPO Y LABORATORIO</u></b>	<b>56</b>
3.1.- Planos de localización	56
3.1.1.- Cotas topográficas	56
3.1.2.-Planos del área de construcción	67
3.2.- Características de la camaronera en estudio	57
3.2.1.- Datos técnicos del proyecto a desarrollar	57
3.2.2.- Cronograma del proyecto a realizar.	59
3.3.- Mediciones de calidad de agua en los estanques	63
3.3.1.- Parámetros durante el ciclo.	66
3.4.- Cálculo del caudal promedio del sistema	69

## INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

<b>Figura # 1: Partes de un acuífero.</b>	<b>16</b>
<b>Figura # 2: Ciclo del oxígeno en un estanque.</b>	<b>25</b>
<b>Gráfico 1: Cálculo de HP. requerido para un estanque con aireación.</b>	<b>55</b>
<b>Gráfico 2: Evolución de los parámetros físico químicos del agua.</b>	<b>67</b>
<b>Gráfico 3: Tasa de crecimiento semanal de la población en la piscina estudiada.</b>	<b>77</b>
<b>Gráfico 4: Frecuencias de tallas en la piscina estudiada.</b>	<b>78</b>
<b>Gráfico 5: Comparación de los factores bióticos y abióticos con el crecimiento del camarón.</b>	<b>84</b>
<b>Gráfico 6: Eventualidades más importantes durante el ciclo productivo</b>	<b>89</b>
<b>Gráfico 7: Curvas de crecimiento de las otras piscinas de prueba.</b>	<b>92</b>
<b>Gráfico 8: Rendimiento de la bomba utilizada.</b>	<b>94</b>

## **RESUMEN**

Las pruebas para esta tesis las llevaremos a cabo en la camaronera "El Paraíso", ubicada en la zona de Churute perteneciente al Ing. Henry Andrade, quien ofreció sus instalaciones para los fines ya establecidos.

En el presente proyecto se ofrecen datos de ciclos de cultivo realizados en piscinas de dicha camaronera, en el periodo comprendido entre agosto del 2001 y mayo del 2002 un seguimiento completo a una de las piscinas de prueba y con base a los resultados se exponen datos financieros que nos pueden dar un estimado económico del costo por hectárea de un proyecto de mayor escala.

La piscina es de 0,8 Hectáreas., conocida como Semillero ha funcionado anteriormente como piscina de transferencia para ciclos de cultivos tradicionales de camarón

Por tratarse de una prueba, los costos manejados fueron razonables; así contamos con una bomba de 3 pulgadas que sirvió para llenar la piscina en un lapso de 22 días y para mantener un recambio adecuado del agua. En la caída de agua se adaptó un sistema de tablas para provocar la aireación mecánica de la misma.



Todos los detalles técnicos del cultivo estuvieron acompañados con análisis químicos semanales de agua y un monitoreo constante de la cantidad de oxígeno disuelto.

Fueron efectuados análisis periódicos adicionales de microorganismos y conteos de algas en el medio, así como también se midió la cantidad de metales pesados.

Adicionalmente se hicieron pruebas en otras piscinas con el mismo protocolo con pequeñas diferencias en la relación de fertilización y la presencia de aireadores en una de ellas.

Se puede ver en la parte de los resultados que el camarón marino se adaptó a la baja salinidad, pero a los 4,5 gramos u ocho semanas de siembra presentó problemas de stress debido a que se llegó a una biomasa crítica y la concentración de oxígeno en el agua no era la adecuada.

También se observó que en el ensayo existe rentabilidad en el ciclo de cultivo. El rubro más fuerte es la construcción del pozo resultó económicamente bueno debido a factores como la poca profundidad del acuífero y a que la mano de obra que existe en la zona tiene un bajo costo, obteniéndose un TIR del 19,4 % mensual.

Nuestra tesis está orientada a dar pautas de los actuales cultivos tierra-adentro que en la actualidad están en boga y ensayar el cultivo del camarón con agua dulce.

Entonces podemos establecer como objetivos generales del presente documento:

- Comprobar la viabilidad del cultivo de camarón en agua dulce de acuíferos.
- Realizar un estudio completo a nivel tanto biológico como de calidad de agua, manejo técnico y rentabilidad de los cultivos con agua dulce.
- Ofrecer la posibilidad de realizar un ciclo de cultivo normal con este tipo de agua sin la necesidad del uso de salmuera.
- Utilizar piscinas de cultivo tradicional para cultivar con agua de pozo basados en la hipótesis de que se puede también aprovechar la capacidad instalada de las camaroneras para llevarlos a cabo y luego encontrar formas de adaptar sistemas apropiados.
- Sugerir el cultivo semi-intensivo con agua dulce en como una opción para las empresas que desean invertir ya que la inversión inicial y los costos directos de producción son relativamente bajos y la producción a largo plazo es mas segura pues el problema actual de proyectos de agua dulce que han frenado su operación es de que han sido super-intensivos.

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos de camarón con agua de pozo son realizados en zonas de tierras agrícolas de tierra adentro o llamadas también de tierra adentro por su traducción en inglés "in land farm", utilizadas en los EEUU. Estos cultivos requieren un manejo especial, ya que se trata de cultivos de alto rendimiento con los cuales se busca levantar a la industria camaronera del país, misma que actualmente atraviesa por la peor crisis de su historia debido principalmente a dos causas: la presencia del virus de la Mancha Blanca, y los problemas económicos para reinvertir en la industria colapsada desde el año 1999.

En el presente proyecto presentamos una alternativa que tiene acogida desde hace algún tiempo como esfuerzo por mantener la actividad esta acuícola como es el de cultivar camarón marino con agua de pozo. Entidades importantes en el país como el CENAIM y la Cámara Nacional de Acuicultura, han visto en éstos sistemas una opción importante, pues su ventaja principal está en la siguiente ventaja: una óptima calidad del agua debido a la escasez de vectores por la filtración sufrida desde la superficie hasta su yacimiento bajo tierra.

Esto resulta cierto en teoría, por cuanto si no se expone a un portador del virus a los agentes infecciosos existentes en el agua, no existe enfermedad. Sin embargo algunas

pruebas en este tipo de agua con animales infestados, han dado como resultado la existencia de grandes mortalidades en la población sembrada, es por eso que se controla que el tipo de larva sea libre de la enfermedad, lo cual se logra mediante análisis previos de muestras de larva, realizados por lo general con herramientas genéticas como el PCR (reacción en cadena de la polimerasa) que replican segmentos del virus, indicando de ésta manera si las post-larvas son o no portadoras del mismo.

Otros factores a controlar son los parámetros físico-químicos del agua para efectos de fertilización o de detectar la presencia de metales pesados que puedan afectar al normal cultivo de la especie, también hay que prestar especial atención a la concentración de oxígeno disuelto, cuya presencia en el agua subterránea es generalmente reducida (por lo general menor a 1mg/L dependiendo de la concentración de hierro y manganeso) lo cual debe evitarse porque como sabemos el oxígeno es un parámetro fundamental en la biología y cultivo del camarón y su ausencia contribuye a aumentar los factores de stress lo que repercute seriamente en su desarrollo y supervivencia.

Según datos de algunos sectores como Engunga, Taura y Machala con este tipo de cultivo, su producción promedio oscila alrededor de las 7.000 libras/ hectárea / ciclo.

Experimentos con este tipo de agua en algunas zonas de Asia y América han arrojado excelentes resultados, con salinidades entre 5 y 15 partes por mil, por ejemplo ciertas

granjas de camarón en Arizona tienen una productividad promedio entre 484 y 3070 Kg. /ha. /ciclo para densidades de cultivo bajas y altas , respectivamente (Jory, 1999). El esfuerzo de muchos productores por obtener este rango óptimo de salinidad ha hecho que se utilice procedimientos que consisten en la aplicación de sal en grano industrial o soluciones de salmuera en los cuerpos de agua dulce de los estanques de cultivo)productivos y los resultados obtenidos a partir de estas pruebas son ciertamente buenos, pero implican desventajas como la salinización de tierras agrícolas aledañas y del agua dulce propia de la zona.

En lo referente al cultivo del camarón en agua dulce de menos de 1 parte por mil , pero se ha establecido que no es lo ideal para su crecimiento en estanques ya que la relación Sodio-Potasio que debe ser alta en el cultivo de camarón es baja en agua dulce ya que aquí existen muy bajas concentraciones tanto de sodio como de potasio , además el hecho de llevar a cabo este tipo de cultivos trae consigo otros problemas relacionados con una mala calidad del camarón por el olor y sabor a choclo (off-flavor) debido a que en el agua dulce existe mayor proliferación de algas cianofitas y de microorganismos encontrados en el sedimento (Fast y Menasveta, 1999).

En el presente proyecto se presentan resultados que pueden ayudar a la posibilidad de realizar cultivos de *L. vannamei* con agua dulce proveniente de acuíferos como ventaja para la competitividad del sector camaronero ante los problemas anteriormente expuestos.

# CAPITULO # 1

## GENERALIDADES

### 1.1.- Fisiología de la Osmorrregulacion.

1.- Nos compete citar éste tema por cuanto para el *Litopenaeus vannamei*, la presión osmótica es uno de los factores que afectan a su metabolismo, principalmente a la asimilación de la proteína proveniente del alimento natural o artificial disponible. La concentración de sales en el agua influye sobre el organismo del animal porque éste último también tiene dentro de sí concentración de sales que pueden ser iguales o diferentes a las del medio.

2.- El *Litopenaeus vannamei* es una especie de crustáceo eurihalinos, es decir, que tolera amplios rangos de salinidad., (existen algunos datos técnicos) realizados en diversas épocas del año en muchas zonas se ha establecido que la especie tolera un rango de salinidad desde 1 hasta 38 partes por mil.

3.- Los organismos acuáticos en general compensan los desequilibrios de sales mediante la presión osmótica que su organismo ejerce. Los crustáceos reaccionan de

diferentes maneras a los cambios de salinidad del medio, algunos mantienen constante su medio interno, y son llamados homoiosmóticos y otros se mantienen isosmóticos es decir con la misma concentración de sales del medio.

4.-“El camarón al soportar cambios de salinidad, fisiológicamente pasará a través de un período de reajustes celulares. En éste momento existen transportes activos y pasivos de sodio y potasio a través de las membranas celulares” (Chavez, 1989).

5.- Con bajas concentraciones de sodio y potasio se obtiene una pronunciada disminución en la supervivencia. Con bajos niveles de potasio y altos niveles de sodio, la misma se incrementa. Sin embargo, cuando otros iones están presentes (calcio o magnesio) junto con sodio y bajos niveles de potasio (1 gr. /L) se incrementa la supervivencia de 37 a 80%, mientras que el efecto de adición de más potasio no muestra ningún beneficio. Así, parece demostrarse que el potasio es necesario a niveles muy bajos. (Scarpa, 2000)

6.- El bajo contenido de sodio y el alto contenido de potasio intracelulares observados en condiciones fisiológicas, deben ser consecuencia de un transporte activo que genere un flujo de sodio hacia el exterior y otro de potasio hacia el interior de la célula, generando una distribución alejada del equilibrio; dicho mecanismo que bombea sodio al exterior y potasio al interior de la célula se lo denomina “bomba de sodio.

7.- Algunos experimentos realizados en laboratorio, con respecto a la tolerancia de los crustáceos a diversas salinidades demuestran que sí pueden adaptarse a valores extremos; y la razón porque esta tolerancia no se da en el medio natural es que en éste existen factores de stress como poca disponibilidad de alimento, déficit de oxígeno, presencia de competidores y depredadores, entre otros.

8.- La barrera de regulación iónica entre el medio interno y el medio externo es la orina, el órgano de excreción de la orina es la base de la glándula antenal. Estos órganos que son muy importantes en la regulación iónica no lo son en la regulación osmótica ya que se ha demostrado que no existe diferencia entre la constitución y cantidad de iones en la hemolinfa y la orina en ciertas especies. El hecho de excretar orina isosmótica a la hemolinfa aumenta la tendencia a perder sales en medios hiposmóticos y a perder agua en medios hiperosmóticos.

9.- Las pocas diferencias en sales en otras especies de peneidos entre la orina y la hemolinfa radican en que la orina contiene mayor cantidad de iones magnesio y sulfato y menor cantidad de iones calcio y potasio. La pérdida de agua y sales a través de la orina es indudablemente un medio de compensación y resulta claro esto por que la recuperación se la hace a través de las branquias.

10.- Dicha pérdida en la mayoría de los crustáceos se da de manera que se mantiene isosmótica con la sangre del crustáceo (excepto *Astacidae sp.* Cuya sangre es hiposmótica) por lo que se considera que la regulación de la base de la glándula



antenal más allá de ser osmótica es de tipo iónico y se da más para iones sulfato y magnesio.

Por otro lado la recuperación llevada a cabo por las branquias se da en contra de un gradiente de concentración ya que las especies marinas que pierden aguas y sales por la base de la glándula antenal recuperan casi todos los iones y las especies que las pierden por difusión recuperan la totalidad de éstos compuestos, lo cual implica un gasto energético.

Otro órgano de regulación iónica es el estómago en el caso de *Artemia sp.* que absorbe las sales por ingestión.

En síntesis, los pocos estudios que existen sobre el *Litopenaeus vannamei* nos indican que la salinidad en la que la especie es isosmótica (es decir en la que la concentración de sales en la hemolinfa es igual a la concentración en el medio) es de 26.9 ppt, siendo menor cuando la especie se encuentra en sus etapas juveniles, y tendiendo a ser mayor cuando se encuentra en sus etapas adultas.

En lo referente al cultivo de ésta especie, existen muy pocos registros de ciclos en agua dulce; sin embargo en la zona de Churute es común que en época lluviosa, el agua que ingresa por los reservorios llegue a una salinidad muy cercana a cero y los datos de producción recolectados muestran que la producción en épocas previas a la llegada de la mancha blanca, superaba en un 15% a la producción en la época seca.

Posteriormente a la llegada de la mancha blanca, se registra una mejoría de hasta un 350% en la producción si se realiza la misma comparación.

Los requerimientos de sales son elevados durante los estadios larvales como ya lo conocemos, y se asume que se debe a un insuficiente desarrollo fisiológico en su capacidad de osmorregular con el medio ya que los camarones marinos eurihalinos tienen la particularidad de utilizar al agua de mar para tareas de maduración, apareamiento, reproducción, eclosión de huevos, cría de nauplios, entre otras, las post-larvas retornan a medios menos salinos para completar su ciclo de maduración hasta llegar a la etapa adulta.

Las post-larvas del *Litopenaeus vannamei* son pelágicas en su medio de vida y de hábitat oceánico / estuarino. En su fase de juvenil, adolescente y sub adulto se desarrollan en ambientes bentónicos y de hábitat estuarino desde donde emigran para la primera copula, hacia aguas más profundas.(Motoh, 1981) y los adultos viven en medios bentónicos a profundidades comprendidas entre 1 y 25 metros en el hábitat oceánico (34 partes por mil) (Bardach *et al.*, 1972).

## **1.2.- Generalidades del agua de pozo.**

### **1.2.1.- Características del agua subterránea.**

Los depósitos subterráneos constituyen una fuente principal de agua dulce. En función de la capacidad de almacenamiento, las capas acuíferas subterráneas mundiales contienen más del 90% del agua fresca total con que se cuenta para uso humano.

Más del 97% del agua de la tierra se encuentra en los océanos; todos los ríos, lagos, etc. del mundo contienen únicamente 0.02% del agua total del mundo; los acuíferos contienen el 0.61% y los casquetes polares y glaciares contienen el 2.24%.

El agua profunda se suele mover muy lentamente. Su flujo se mide en pies por año en comparación con las corrientes superficiales que se miden en pies por segundo, debido a esto la composición de cualquier pozo es por lo general bastante constante. Aunque los pozos poco profundos pueden variar estacionalmente su temperatura, la mayor parte de los pozos mantienen constante su temperatura entre 10 y 16 ° C. en los sub-trópicos.

Puesto que la composición está relacionada con la química de las formaciones geológicas a través de las cuales halla pasado el agua, las aguas de los pozos perforados en diferentes estratos tienen características diferentes.

Al filtrarse el agua a través del suelo, los organismos presentes en la tierra consumen el oxígeno disuelto y producen dióxido de carbono, uno de los principales agentes corrosivos en la disolución del minerales de las estructuras geológicas. Es común

encontrar hierro y manganeso en las aguas que carecen de oxígeno si éstas han estado en contacto con minerales que contienen hierro. Los pozos profundos que contienen oxígeno están generalmente libres de hierro. (NALCO, 1995).

#### **1.2.1.1.- Fuentes de agua.**

El agua circula continuamente a través del interminable ciclo hidrológico de precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación, reprecipitación y así sucesivamente. Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua, temporalmente, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. Esta agua puede o no volver a su "fuente" original, lo cual depende de la forma en que se disponga de las aguas de desperdicio. El efecto de la acción del hombre sobre la naturaleza, en todo caso consiste en disminuir los recursos de aguas subterráneos, extrayéndolos del subsuelo sin reponerlos, como sucede comúnmente en el caso de abastecimientos superficiales de agua.

En algunos lugares ha llegado a ser muy importante la disminución de los mantos acuíferos subterráneos causada por la acción del hombre, un ejemplo puede ser el caso de las islas orientales como Filipinas donde se ha sobre-explotado los abastecimientos acuíferos a tal punto que se ha recurrido actualmente a tratamientos

de aguas residuales tanto para el uso humano como para recargar dichos almacenamientos. (ver Primavera I. SEADEAF)

### **Abastecimientos subterráneos.**

Un inconveniente de los abastecimientos subterráneos es su tendencia a proporcionar aguas excesivamente duras, lo cual se debe a que los constituyentes que causan la dureza son lavados de los depósitos minerales. Por otro lado el abastecimiento subterráneo tiene la ventaja de proporcionar aguas que requieren un menor grado de tratamiento, porque las "impurezas" se eliminan en forma natural a medida que el agua atraviesa las capas del suelo y el subsuelo. Sin embargo debe tenerse siempre presente que, aunque estas condiciones corresponden a la generalidad de las aguas subterráneas, no siempre contribuyen a la dureza los depósitos minerales, y que la conformación del suelo y del subsuelo puede no ser del tipo que elimina con eficacia la materia indeseable del agua.

#### **1.2.1.2.- Tipos de pozos.**

**Pozos poco profundos.-** Aunque no existe un límite exacto que distinga entre pozos poco profundos y pozos profundos, usualmente se clasifican como poco profundos aquellos cuya profundidad es menor de 30 metros y profundos a aquellos que su

profundidad es superior a los 30 metros. Los pozos poco profundos suelen ser cavados o entubados.

Los pozos cavados consisten en un hoyo vertical, por lo general de 1.20 a 1.80 m de diámetro, excavados desde la superficie del suelo hasta encontrar el manto acuífero. Estos pozos pueden recubrirse con hormigón, ladrillo, piedra brasa o baldosa vidriada. El recubrimiento debe extenderse desde unos 30 cm sobre la superficie del suelo, hasta cuando menos 3 m bajo la misma, y debe ser impermeable para evitar escurrimientos e infiltraciones superficiales. El hormigón es el material más adecuado para recubrir la parte superior del pozo; se prefiere el ladrillo, la piedra brasa o la baldosa vidriada para recubrir la sección permeable que queda dentro del estrato acuífero.

Pueden hacerse pozos poco profundos entubados cuando el agua subterránea se localiza a unos 7,5 m de profundidad o menos, siempre que no halla rocas o formaciones rocosas. Estos pozos se construyen fácilmente y también pueden protegerse contra contaminaciones superficiales, aunque, como en el caso de los pozos cavados, están más expuestos a contaminaciones que los pozos profundos que atraviesan las capas impermeables del subsuelo. El tipo más sencillo de pozo entubado consiste en una coladera de latón, de forma troncocónica, conectada al extremo inferior de un tubo de hierro que sirve para dirigirla a través de las capas superiores del suelo, hasta colocarla dentro del manto acuífero.

**Pozos profundos.**- Cuando el suelo situado encima de las formaciones rocosas no contiene agua, los pozos deben perforarse, ya sea dentro de las rocas para extraer el agua de las grietas o a través de la roca hasta localizar los estratos acuíferos más profundos.

Ante tales circunstancias, o cuando solamente se puede disponer de agua de los estratos profundos, se hacen pozos perforados. Comúnmente los pozos perforados son de 15 a 30 cm de diámetro pero pueden ser mayores. Los recubrimientos metálicos pueden proporcionar una protección efectiva contra la introducción de aguas superficiales y aguas subterráneas contaminadas, siempre y cuando el recubrimiento esté bien soldado para impedir la entrada de toda clase de contaminaciones.

Si el estrato que lleva agua es arenoso o contiene grava, debe colocarse una coladera de dimensiones adecuada conectada en el extremo inferior del recubrimiento. Como quiera que el agua no puede elevarse más de unos metros mediante succión, el dispositivo de bombeo debe colocarse debajo del suelo, cerca o más abajo del espejo de agua del pozo.

Se acostumbra a menudo recubrir las paredes del pozo con grava, cuando el estrato que lleva agua es de arena muy fina e impide que pase el volumen adecuado de líquido hacia dentro del recubrimiento metálico del pozo. Tales pozos son similares a los ordinarios, con la diferencia de que se elimina la arena en un espacio de algunos

centímetros alrededor del tamiz del pozo y se sustituye por grava. Esto hace que aumente la superficie de contacto con el estrato que lleva agua, disminuyéndose la resistencia al flujo del agua hacia el interior del recubrimiento metálico y aumentándose así la capacidad. La grava que queda fuera del tamiz del pozo ayuda también a impedir que la arena pase al interior del recubrimiento metálico durante los períodos de intenso bombeo.

Los resultados globales de operación de este tipo de pozos han sido, por lo general, muy satisfactorios, y algunas autoridades abogan por su uso como práctica normal cuando se extrae el agua de un estrato acuífero constituido por material poco consolidado. La grava puede colocarse de muy distintas maneras, pero en todo caso requiere habilidad por parte del perforador de pozos y solamente deben hacerlo aquellos que tengan experiencia en este tipo de trabajo. (Hilleboe, 1994 )

### **1.2.1.3.- Granulometría del acuífero y diseño de filtros.**

En pozos de agua en los que los elementos corrosivos limitan la vida útil de los aceros al cobre, al carbón y de alta resistencia. El elemento más usado en la fabricación de filtros para acuíferos es el acero inoxidable, el cual es especialmente resistente a los efectos dañinos del sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y agua



salobre. Las rejillas de acero inoxidable permiten la remoción de incrustaciones usando ácidos, un método no recomendado para otros tipos de acero.

El diseño de los filtros se lo realiza en base a análisis químicos y características como la granulometría, forma de los granos, friabilidad, densidad, demanda de ácido y pérdidas por calcinación. Particularmente la granulometría nos dice el porcentaje de granos de tamaños por ejemplo desde 1 mm a 0,063 mm y por lo general se analizan varias muestras.

Hay dos factores fundamentales que se usan para definir la granulometría de la arena:

1.- Tamaño efectivo

2.- Coeficiente de uniformidad

El tamaño efectivo,  $P_{10}$ , es el tamaño del grano expresado en milímetros tal, que la dimensión de los granos de arena corresponde al 10 % su peso sea superior a ese tamaño.

Coeficiente de uniformidad es el término empleado para definir la razón entre el tamaño del grano expresado en milímetro tal que la dimensión de los granos de arena correspondiente al 60 % en peso sea superior a ese tamaño ( $P_{60}$ ) y el tamaño efectivo.

$$\text{Coeficiente de Uniformidad} = \frac{P_{60}}{P_{10}}$$

Si  $P_n$  es el diámetro del elemento de suelo o filtro tal que  $n$  % de sus elementos en peso son menores que  $P_n$ .

### 1.2.2.- Partes de un acuífero.

Para explicar mejor sobre las partes que priman en la mecánica de los acuíferos, observemos la siguiente figura:

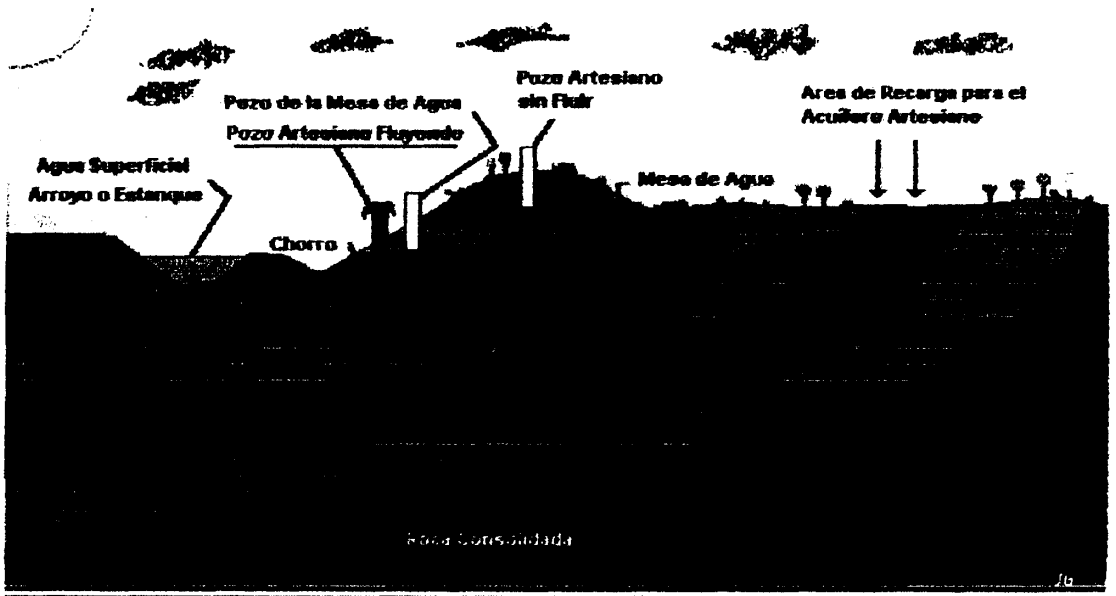


Figura # 1: Partes de un acuífero (tomado de <http://pasture.ecn.purdue.edu/epados/farmstead/inject/spanish/src/aqparts.htm>)

### **Acuífero Artesiano.**

Un acuífero que ha acumulado presión en su interior. Esta presión es el resultado del área de recarga del acuífero que está a un nivel más alto que el resto de la región. La fuerza de gravedad jala al agua más elevada hacia abajo lo que crea presión adicional adentro del acuífero. Esto es por lo que los pozos artesianos fluyen por sí mismos; la presión empuja el agua hacia afuera del pozo. La presión es liberada cuando un pozo es perforado. Esto hace que el pozo fluya espontáneamente.

Un Pozo Artesiano sin fluir se presenta cuando la presión no es lo suficientemente grande como para forzar al agua hacia afuera del pozo. En la figura 1, esto es evidente porque el pozo artesiano que fluye está a una elevación menor que el pozo artesiano sin fluir.

### **Camas de Confinamiento superior e inferior.**

Son capas de tierra que resisten la penetración del agua. Estas capas son típicamente más finas en textura y más densas que las capas más superficiales del suelo. Las camas de confinamiento pueden evitar que el agua se filtre a profundidades inalcanzables, pero también pueden prevenir que el agua llegue a los acuíferos.

### **Roca Consolidada.**

Roca que contiene pocos orificios o grietas por las cuales pase el agua. La roca no consolidada es roca como la grava. La roca consolidada puede servir como una cama de confinamiento.

### **Área de Recarga.**

Un área que permite al agua entrar en el acuífero. El área es particularmente vulnerable a los contaminantes que pudieran estar en el agua. Si el pavimento se construye sobre esta área, menos agua puede entrar al acuífero. Esto podría significar una escasez para aquéllas personas que utilizan el agua subterránea desde el acuífero.

### **Corriente de Agua Superficial o Estanque.**

Es ocasionado por una mesa de agua alta. También, una mesa de agua alta se puede originar de un chorro y un estanque existentes en el área.

### **Acuífero de la Mesa de Agua.**

Acuífero que sostiene a la mesa de agua. El límite superior de éste acuífero es la misma mesa de agua.

### **Pozo de la Mesa de Agua.**

Un pozo que solamente se extiende hacia dentro del acuífero de la mesa de agua.

### **Mesa de Agua.**

Es el nivel hasta el cual el agua se mantiene. Es la parte superior de la zona de saturación, o de una manera más clara, la capa de tierra que se encuentra superpuesta al acuífero de la mesa de agua. El agua también se puede encontrar unos pocos centímetros encima de éste nivel debido a la acción capilar. En la presencia de un pozo con bomba, la mesa de agua baja cerca del pozo. A esta situación se le llama jalado. Bajo algunas condiciones, podría existir una mesa de agua estacionada. Esto se presenta cuando la filtración de agua es interrumpida por otra capa de confinamiento encima de la "capa principal".

El chorro se presenta cuando la mesa de agua está más arriba que la superficie de la tierra. La presión empuja al agua hacia afuera de la tierra en un punto débil, lo cual crea el chorro.

En el pozo de nuestro proyecto en Churute existió una primera fuente de agua a 28 metros, y una segunda fuente a 57 metros de profundidad con una salinidad de menor a 1 parte por mil

Luego de ser instalada la tubería del pozo, el agua ascendió por presión hasta 7 metros por debajo de la superficie de la tierra, lo que indica que se trata de un pozo artesiano sin fluir ya que el agua se eleva desde su yacimiento; sin embargo la presión de agua no es lo suficientemente grande como para provocar un chorro de agua, por lo que debe ser extraída con bomba.

### **1.3.- Técnicas requeridas para el manejo con agua de pozo.**

#### **Condiciones para el cultivo con agua de pozo.**

La corta experiencia en nuestro país con estos sistemas de cultivo, nos ofrece algunos aspectos que deben ser tomados en cuenta para perfeccionar la técnica.

1.- Rango en la Densidad de siembra de entre 20 y 90 post-larvas por metro cuadrado.

- 2.- Calidad de larva a sembrar doble cero. Es decir negativa para mancha blanca y para IHHNV.
- 3.- Piscinas entre 1000 y 10000 m<sup>2</sup>.
- 4.- Profundidades promedio de 1,10 metros, (Volúmenes promedio de 11000 m<sup>3</sup>)
- 5.- Bombas con tubos de 8 pulgadas de diámetro y potencia de 20 Hp.
- 6.- Alimentación natural alternativa.
- 7.- Alimentación artificial obligada (balanceado).
- 8.- Utilización de aireadores para compensar el consumo de oxígeno, (20 Hp/ha)
- 9.- Tratamiento alternativo del agua de preferencia en la fase de recirculación.
- 10.- Mantenimiento de normas de bioseguridad.
- 11.- El efecto de la Temperatura (°C ) en la estación seca o lluviosa es algo muy importante también por el hecho de que en la estación lluviosa contribuye tanto a una mayor tasa de crecimiento como a un mejor rendimiento por hectárea,
12. La oxigenación de la columna de agua es un factor que también ha de considerarse.

El factor más importante en un cultivo, como lo es el oxígeno, debe ser tomado en cuenta obligadamente por dos razones:

- 1.- El agua de pozo tiene valores bajos de oxígeno disuelto por el poco contacto con la superficie y el escaso recambio gaseoso que posee. Es común encontrar hierro y manganeso en las aguas que carecen de oxígeno si éstas han estado en contacto con minerales que contienen hierro.

2.- El cultivo con agua de pozo es intensivo, por lo que la presencia de oxígeno proporcionado por medios mecánicos se hace necesaria para disminuir el stress fisiológico sobre la especie cultivada.

La forma más común de mejorar los valores de oxígeno por medio del enlace laminar en la columna de agua es la aireación mecánica, pero también se usa otros recursos como la sustitución de agua por medio de los recambios al 100 % día o mas si son necesarios.

Estos últimos son más difíciles de aplicarlos por cuanto las fuentes de agua provenientes de los pozos son bastante limitadas.

### **1.3.1- Protocolo de manejo.**

En la zona en que se desarrolló el proyecto, los cultivos con agua de pozo están tomando bastante auge, tanto para la cría de tilapia como de camarón; para lo cual se usa el mismo tipo de estanques. A continuación expondremos los principales aspectos dentro del protocolo de manejo en los cultivos tierra adentro.

#### **1.-CALIDAD DE LAS POSTLARVAS.-**

En los cultivos de camarón, específicamente, se tiene mas cuidado con la calidad de la larva, porque esta podría ser la única fuente de entrada del White spot a la piscina.



## 2.-PREPARACIÓN DEL ESTANQUE.-

Un tratamiento previo del suelo con cloro, Carbonato de calcio, Hidróxido de calcio, entre otros desinfectantes es requerido. Una vez cumplidas estas dos condiciones se puede proceder a llenar y sembrar la piscina.

## 3.-ACLIMATACIÓN DE LA PL.-

En muchos casos se realiza la aclimatación en RACE-WAYS, estructuras que permiten llevar a una baja salinidad las post-larvas en un periodo de 10 a 25 días y que a su vez sirven como estanques de pre-cría. Su volumen es relativamente grande y; se prefiere que se encuentren en un PL de 18 en adelante ya que en menores estadios es mayor la mortalidad debido a que en ésta etapa, las post-larvas tienen menos desarrollados los mecanismos de defensa ante los factores de stress como los que se dan en la aclimatación, en el traslado o durante el crecimiento en la piscina.

Para la siembra se recomienda emplear post-larvas provenientes de animales de maduración seleccionados, negativos para WSSV, preferiblemente entre estadios de PL 14-16. Para el transporte de post-larvas se aconseja bajar la salinidad hasta 4-5 partes por mil, con temperaturas de 23°C y a una densidad de 660 animales/L. La siembra es directa y, si es necesario, debe haber una etapa de aclimatación, pues debe tomarse en cuenta no solo la salinidad sino también la diferencia iónica, de pH y de temperatura. (Rivera, 2001)

### 3.-ALIMENTACIÓN.-

Los cuidados empiezan desde las primeras semanas en las que ya se procede a introducir a las piscinas balanceado granulado con el fin de alimentar al camarón y de fertilizar el agua.

Dependiendo de la calidad y cantidad de nutrientes presentes en el agua de pozo, los fertilizantes son aplicados en las piscinas para obtener una población de microalgas deseada.

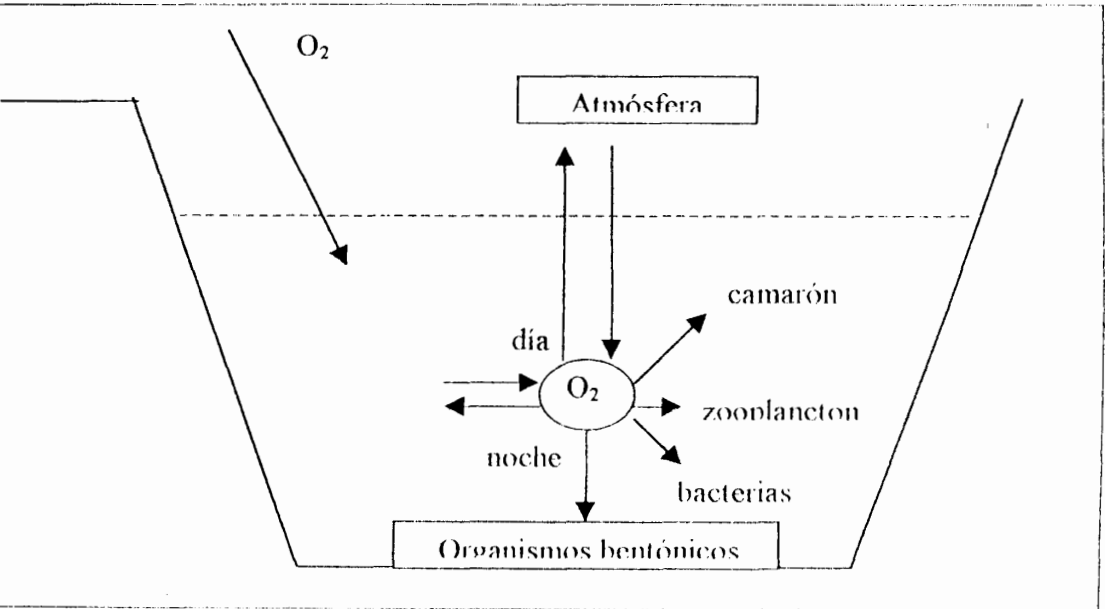
La cantidad de alimento suministrado durante las tres primeras semanas es mínima y de la cual una parte es asimilada por el animal y otra por las algas, de tal forma que no afecta al suelo. Pasada ésta etapa, dicha condición debe cambiar porque la cantidad de alimento a enviar a la piscina aumenta enormemente ya que se llega a una biomasa crítica que va de 300 a 500 libras por hectárea, entonces se acude a la utilización de comederos para llevar un mejor control del alimento consumido

La alimentación se hace a través de comederos principalmente, a partir de la tercera semana (10-20 com./ha), luego de 4 días más, el 100% de la ración se da en los comederos. A la cuarta semana se colocan 30-50 comederos/ha, dosificados por la demanda de los animales. La frecuencia de aplicación es de dos veces/día las primeras tres semanas y tres veces/día el resto del ciclo (mañana, tarde y noche). El consumo de alimento varía de acuerdo a la densidad de siembra: alta densidad: 8-297

kg./ha/día; media densidad: 4-163 kg./ha/día y baja densidad. 4-153 kg./ha/día.(Rivera, 2001)

En éstas etapas el balanceado requerido es mucho mayor por la cantidad enorme de biomasa en el estanque, por lo tanto la población de fitoplancton tiende también a aumentar por la aportación de N o P del alimento no consumido lo cual hace que el requerimiento de oxígeno del mismo sobrepase a su producción por fotosíntesis, entonces el oxígeno se vuelve un limitante. A continuación podemos observar un esquema sobre al ciclo del oxígeno en un estanque.

**Figura # 2: Ciclo del oxígeno en un estanque. (Fuente Baños, 1994)**



Durante caídas de oxígeno no es conveniente alimentar porque esto constituye un factor de stress ante el cual el camarón no se nutre, además de que el alimento aplicado por ser una fuente de nitrógeno, en condiciones anóxicas tiende a producir mayor cantidad de amonio en el suelo.

#### 4.-FERTILIZACIÓN.-

La fertilización debe ser cuidadosa para evitar el bloom excesivo que provoque problemas de oxígeno bajo. El manejo de nitrógeno y la materia orgánica están fuertemente ligados al uso de alimentos balanceados, uno de los costos más altos en la producción “inland” de camarón. Debido a que es recomendable el establecimiento de comunidades bacterianas que por sí solas regulen la presencia de la materia orgánica, la relación C:N es muy importante, debiendo establecerse entre 15-30:1. Esto implica la elaboración de alimentos con mayores contenidos de carbohidratos en relación con la proteína, proveniente principalmente de la harina de pescado. En un alimento balanceado, el 16% de la proteína es N. Un alimento con 30% de proteína presenta una relación de C:N de 11:1. El 22% de proteína, la relación C:N es 16:1; el 18% de proteína, la relación C:N es 20:1 y el 35-40% de proteína representa una relación C:N < 10:1.(Rivera, 2001)

La dosis de éstos compuestos por hectárea puede variar de acuerdo a la intensidad del problema o si existe presencia de algas cianofitas en el medio; el objetivo de esta aplicación, aparte de reducir la población de algas, es equilibrar el pH del suelo que

se torna ácido por la descomposición de la materia orgánica (heces, pseudoheces y algas floculadas) en el fondo de la piscina.

A diario, durante la corrida se realizan chequeos macroscópicos del animal para detectar posibles problemas patológicos, aunque lo normal es observar animales sanos. Estos chequeos también tienen como objetivo llevar controles de peso y de biomasa, de la misma manera que en los cultivos tradicionales.

Con una densidad de siembra de 12 individuos por metro cuadrado es normal obtener supervivencias promedio de 75%, a un peso de cosecha de 11 gramos promedio, lo que arroja como resultado aproximadamente 2200 lbs./Ha; pero en cultivos super-intensivos, con una densidad de 100 individuos por metro cuadrado con supervivencias del 50% y peso de cosecha similar, se pueden obtener rendimientos de 12000 libras /Ha. La utilización de comederos ha ayudado a establecer en estos cultivos una conversión alimenticia promedio de 1,2 : 1

El balanceado generalmente no lleva antibióticos pues muchas veces no es necesaria la medicación, lo que en cierta forma constituye un ahorro en los costos directos de producción. Sin embargo en la actualidad en algunos sectores se ha hecho común el manejo de éstos sistemas incluyendo el uso de antibióticos en concentraciones altas debido a que se han ido incrementando paulatinamente problemas bacterianos en éstos cultivos.

## CAPITULO # 2

### APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE ACUÍFEROS EN ACUACULTURA

#### 2.1.-Caracterización físico-química del agua subterránea.

El *Litopenaeus vannamei* es una especie que ofrece un amplio rango de tolerancia y que puede ser cultivado en muchos tipos de aguas en nuestro medio, sin embargo esto tiene un límite, sobre todo si se trata de aguas subterráneas cuya caracterización físico-química puede ofrecer valores o muy bajos o muy elevados de al menos uno de éstos parámetros.

#### **Oxígeno disuelto.**

La presencia del oxígeno disuelto en el agua es una condicionante fundamental para el desarrollo de la vida acuática, vegetal y animal, evitando la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Las fuentes de oxígeno en el agua son la aireación y la fotosíntesis de las algas. Su remoción se debe a la respiración de los vegetales, demanda química de

oxígeno de materiales orgánicos y sedimentos, de aireación, sobresaturación y reducción de orgánicos. El rango requerido de oxígeno en cultivo de camarón va de 5 a 9 mg / l. (FAO,1989).

### **Turbiedad.**

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de luz del agua, es otro parámetro que se utiliza para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.

La turbiedad expresa en términos numéricos el color del agua, dado principalmente por los sólidos suspendidos y la población de fitoplancton del medio. El método más usado para su medición es el Disco Secchi que expresa las unidades de turbiedad en centímetros. Su rango se ubica entre 25 y 40 cms. (Boyd, 1999)

### **Materia orgánica.**

Son sólidos que provienen del reino animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de Carbono, Hidrógeno y

Oxígeno, con la presencia en determinados casos de Nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro.

Las principales fuentes de materia orgánica en la acuicultura son: El alimento balanceado, heces, pseudoheces, algas y organismos muertos.

Todos los métodos para incrementar la producción acuícola contaminan el agua de la piscina con material orgánico, metabolitos nitrogenados, dióxido de carbono y otros nutrientes. Las plantas también estimulan el crecimiento de fitoplancton, acelera el porcentaje de deposición de materia orgánica en el fondo de las piscinas y causa una mayor demanda de oxígeno. (Boyd, 1996).

## **PH.**

La concentración del ión hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales.

El pH es una medida de diversas reacciones que se dan en un cuerpo de agua, éste por lo general se eleva cuando el fitoplancton remueve el dióxido de carbono en la fotosíntesis. Su rango está entre 7 y 8,2 (Van Wyk y Scarpa, 1999)



### **Cloruros.**

Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. En el caso de aguas costeras, su presencia también es debida a la intrusión de aguas saladas. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales.

No sólo la concentración de cloruros en el agua expresa necesariamente las unidades de salinidad. El agua de cultivo debe tener al menos 300 mg./L., de cloruros para el cultivo de camarón.

### **Alcalinidad.**

La alcalinidad del agua está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco.

La alcalinidad ayuda a regular los cambios de pH que se producen por la adición de ácidos. El agua subterránea es comúnmente alcalina.

Se recomienda una alcalinidad (como  $\text{CaCO}_3$ ) con dureza de calcio de 150 mg/L (concentración del ión calcio de 60 mg/L); y de 250 mg/L (como  $\text{CaCO}_3$ , concentración del ión magnesio de 60 mg/L) (Van Wyk, 2001).

### **Nitrógeno.**

Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas microscópicas y macroscópicas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, son necesarios para el crecimiento biológico. El nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas.

El amonio y el nitrato son nutrientes esenciales para las plantas, el nitrógeno proteico es un componente importante de los alimentos y de los organismos de alimentación natural. (Boyd, 1996).

En medio aerobio, la acción de la bacterias puede oxidar el nitrógeno amoniacal a nitritos y nitratos.

En un sistema casi cerrado como el que se da en los cultivos intensivos, se corre el riesgo de la acumulación excesiva de nitrógeno por fertilización, alimentación, desechos del animal, entre otros por lo cual es necesario conocer el máximo límite

que tolera la especie a las diferentes formas de nitrógeno. El rango de nitrito en el agua de cultivo debe ser de menos de 0,1 mg./L y de nitrato de menos de 0,3 mg./L. (VanWyk, 2001).

### **Fósforo.**

El fósforo es esencial para el crecimiento de organismos biológicos como las algas. Las formas más frecuentes en las que se presenta el fósforo en soluciones acuosas incluyen el ortofosfato, el polifosfato y los fosfatos orgánicos. El rango preferido en acuicultura está entre 0,2 y 0,5 mg./ L (FAO,1989).

### **Sulfuro de hidrógeno.**

El sulfuro de hidrógeno se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. Es un gas incoloro, inflamable, con un olor típicamente característico que recuerda al de los huevos podridos. El ennegrecimiento de los fondos se debe generalmente, a la formación de sulfuro ferroso ( $Fe.S$ ) u otros sulfuros metálicos. (Metcalf & Eddy, 1998).

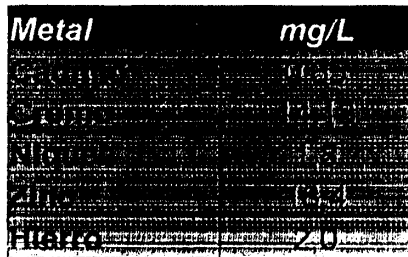
En estanques de cultivo debe haber ausencia total de este gas aunque el rango establecido para ácido sulfhídrico debe ser menor de 0,002 mg./L.

### Metales pesados.

En aguas contaminadas de acuíferos de muchas zonas se han reportado la presencia de grandes concentraciones de metales pesados. La toxicidad de metales pesados para una gran variedad de especies de agua dulce y marinas en su mayoría peces y crustáceos obtenidas de ciertas publicaciones, se indica a continuación.

**Tabla 1**

**Concentraciones letales consideradas para diversas especies en acuicultura.**



The image shows a table with two columns. The first column is labeled 'Metal' and the second column is labeled 'mg/L'. At the bottom of the table, the words 'Fluoruro' and 'Zn' are visible in the first and second columns respectively. The rest of the table content is illegible due to the low resolution.

(Tomado de [www.inape.gob.pe/ecofisiologia.html](http://www.inape.gob.pe/ecofisiologia.html), [www.acercar.org.co/manuales/agricolas/03ambiente.pdf](http://www.acercar.org.co/manuales/agricolas/03ambiente.pdf) y FAO,1989)

## **Salinidad.**

El término salinidad es una medida de la concentración total de iones en el agua y no necesariamente de cloruro de sodio (Boyd 1990).

La salinidad es la cantidad total de material sólido en gramos, contenida en un kilogramo de agua salada, cuando los carbonatos se han convertido en óxido, el bromo y el yodo han sido reemplazados por cloro, y la materia orgánica se ha oxidado completamente (Pearse, 1971).

En lo referente al agua de pozo existen otros factores de extrema importancia dado el problema de baja salinidad en la mayor parte de los acuíferos. Para aguas de baja salinidad, las muestras deben ser calculadas por la concentración de cloruros; entonces la salinidad estimada, sería:

$$\text{Salinidad (ppt.)} = [ 30 + (1,805) (\text{cloruros en mg./ L}) ] / 1.000 \quad (\text{Boyd, 1994})$$

Los cationes más encontrados en el agua de mar son el sodio, manganeso, calcio y potasio; y los aniones son el cloruro, sulfato, bicarbonato y bromuro. Se ha demostrado que el *Litopenaeus vannamei* puede ser cultivado en agua dulce siempre y cuando ésta contenga la dureza necesaria y el correcto balance mineral (Scarpa y Vaughan 1998). Es necesario al menos una dureza de 150 mg/L (Scarpa 1999).

Datos demuestran que de más importancia en el cultivo de camarón es la concentración total de iones que la salinidad propiamente dicha (Boyd 2001). Lo expuesto da una idea de que el cultivo de *Litopenaeus vannamei* si puede ser cultivado en bajísimas salinidades (con valores cercanos a 0,5 partes por mil.) siempre y cuando la dureza o concentración total de iones se encuentre en un perfil adecuado.

La medición de la conductividad del agua, da una idea de la concentración de iones disueltos en la misma, se pueden elaborar tablas que para un agua específica, relacionen conductividad con salinidad. Sin embargo ya que distintos iones dan distinta conductividad no sería lo óptimo para comparar las aguas de diferentes lugares, además no nos dice cuales son los iones que están disueltos en esa agua. Pero para el control periódico de iones en aguas de baja salinidad nos puede resultar un buen indicador numérico.

La determinación de sólidos disueltos totales parece ser la mejor opción para seleccionar una fuente de agua, pero debido a su alto costo no sería conveniente para manejo rutinario, una vez seleccionada la fuente de agua.

Una elevada proporción de calcio y bicarbonatos es considerada deseable en Acuicultura (Boyd y Tucker, 1998), mientras que el sulfato debe estar en bajas concentraciones debido a que representa una fuente de ácido sulfhídrico que abunda en suelos anaeróbicos.

### **Radio de absorción de sodio (SAR).**

Una medida importantísima en lo referente a la idoneidad de los iones de aguas salina subterráneas es el Radio de absorción de sodio (SAR); que se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{SAR} = \frac{(\text{Na})}{\sqrt{\frac{1}{2}(\text{Ca}) + (\text{Mg})}}$$

Donde :

Na = Concentración de sodio (meq/ L.)

Ca = Concentración de calcio (meq/ L.)

Mg = Concentración de magnesio (meq/ L.)

El SAR debe mantenerse en una proporción de entre 20 y 40 meq/L y la suma de sólidos disueltos para mantener un equilibrio iónico idóneo para el cultivo del crustáceo como para evitar un posible perjuicio al medio.

En la tabla 2, podemos citar algunos de los principales parámetros requeridos para el cultivo del camarón.

Tabla 2: Rangos recomendados de Calidad de agua para el cultivo del camarón

(tomado de Van Wyk y Scarpa, 1999)

Parámetro de Calidad de Agua	Rango Recomendado
Temperatura	28-32 ° C
Oxígeno Disuelto	5.0-9.0 ppm
Boro	< 20 ppm
pH	7.0 - 8.3
Salinidad	0.5 - 35 ppt
Cloruro	> 300 ppm
Sodio	> 200 ppm
Calcio (como CaCO <sub>3</sub> )	> 150 ppm
Dureza de Calcio (como CaCO <sub>3</sub> )	> 100 ppm
Dureza de Magnesio (como CaCO <sub>3</sub> )	> 50 ppm
Alcalinidad Total (como CaCO <sub>3</sub> )	>100 ppm
Amonio (en peso)	< 0.03 ppm
Nitró	< 1.0 ppm
Nitrato	< 60 ppm
Hierro Total	<1.0 ppm
Acido sulfúrico	< 2.0 ppb
Cloro	< 10 ppb
Cadmio	< 10 ppb
Cromo	< 100 ppb
Cobre	< 25 ppb
Plomo	< 100 ppb
Mercuro	< 0.1 ppb
Zinc	< 100 ppb



## **2.1.1.- Impacto ecológico del uso de acuíferos.**

### **2.1.1.1.- Rendimiento del agua del subsuelo.**

**Rendimiento seguro.-** La extracción del agua del subsuelo con ritmos mayores que aquellos con los cuales es realimentada resultan en un descenso del nivel freático y un aumento en el costo del bombeo. En áreas costeras, la sobreexplotación puede invertir al gradiente del nivel freático que normalmente está dirigido hacia el mar, y permitir que el agua salada se mueva hacia la parte terrestre y contamine al acuífero. Un acuífero no alterado por el bombeo está en un equilibrio aproximado. El agua es añadida por recarga natural y eliminada por descarga natural. En años de agua abundante, el nivel freático sube y en años de sequía el nivel de agua declina, pero los ritmos de la recarga y de la descarga tienden a permanecer en un balance aproximado. Cuando se pone un pozo en operación se crea un nuevo grupo de condiciones. Parte del agua puede eliminarse del almacenamiento en el acuífero o ser extraída en una forma similar a la que otros minerales se extraen de la minas. La depresión en el nivel freático causada por el pozo, puede inducir una recarga aumentada o puede disminuir a la descarga natural. El concepto de rendimiento seguro ha sido utilizado por años, para expresar a la cantidad de agua del subsuelo que puede extraerse sin perjudicar al acuífero como una fuente alimentadora de agua, causar contaminación, o crear problemas económicos por una altura de bombeo severamente aumentada. Prácticamente el rendimiento seguro no puede definirse en términos generales y realmente prácticos. La localización de pozos con respecto a áreas de carga y de descarga, el carácter del acuífero, las fuentes potenciales de contaminación y muchos

otros factores, están involucrados en las estimaciones de la extracción máxima factible de un acuífero. Un número determinado de pozos, estrechamente espaciados, causarán una declinación mucho más rápidas de los niveles locales del agua que el mismo número de pozos, pero disperso con mayor amplitud.

La determinación del rendimiento seguro es un problema complejo en la hidrología y economía, porque cada acuífero exige una solución única. Los tipos generales de casos son:

- 1.- Acuíferos en los cuales el rendimiento seguro está limitado por la disponibilidad de agua para recarga.
- 2.- Acuíferos en los cuales el rendimiento seguro está limitado por la transmisibilidad del acuífero.
- 3.- Acuíferos en los cuales el rendimiento seguro está limitado por la contaminación potencial.

El primer caso comúnmente se encuentra en las regiones áridas. El agua del subsuelo puede visualizarse como un gran almacenamiento que es abatido para satisfacer necesidades de agua durante los períodos de baja recarga. El descenso del nivel freático durante los periodos de sequía no es una evidencia que se haya excedido o superado al rendimiento seguro, pero una declinación continua durante los periodos de agua abundante, advierte sobre la existencia de extracciones excesivas. La

extracción segura de un tal embalse de agua del subsuelo, es igual a la recarga anual menos la descarga natural inevitable y entonces se tiene:

$$\text{RENDIMIENTO SEGURO} = P - R - E \text{ efect.} - G_o.$$

en donde P es la precipitación media anual;

E, la evapotranspiración para el área tributaria del acuífero;

R, es el escurrimiento medio anual del área tributaria, y

G<sub>o</sub>, es la descarga subsuperficial media anual desde el acuífero.

La transmisibilidad de los acuíferos puede ser tan baja que aunque esté disponible agua adecuada para la recarga, ésta no se mueve hacia los pozos con la suficiente rapidez para permitir su utilización total. El abatimiento del nivel freático puede aumentar el gradiente desde el área de recarga y permitir un mayor escurrimiento hacia los pozos. El rendimiento seguro de un acuífero así, estará determinado no por la aprovechabilidad del agua, sino, más bien, por el ritmo con el cual el agua puede entregarse al pozo. Algunas veces este problema es referido como el problema de una línea de tubería, ya que es análogo a una ciudad servida por un gran abastecimiento pero con una línea de tubería inadecuada.

Donde la contaminación del agua del subsuelo sea factible, el arreglo del pozo en el campo, los ritmos de utilización y los tipos de pozos, deben planearse en una forma tal, que las condiciones no permitan que la contaminación pueda desarrollarse. Los

tres casos por lo tanto, ofrecen diversos valores posibles del rendimiento seguro, dependiendo de la situación física y de los métodos empleados para recoger o coleccionar el agua del subsuelo. De aquí que el rendimiento seguro sea, en esencia, un concepto académico al cual puede dársele significación cuantitativa, sólo cuando todas las condiciones de control estén definidas específicamente. (Linsley, Franziny, 1995)

#### **2.1.1.2.- Marco legal de los cultivos tierra adentro.**

Existen referencias previas sobre el marco legal para la instalación proyectos de cultivos acuáticos en tierras altas con vocación agrícola y podemos citar algunos.

La ley de prevención y control de la contaminación ambiental, en lo referente al recurso agua, de Junio de 1989 en su artículo 29; prohíbe la descarga de líquidos a vías públicas, canales de riego, canales de drenaje por sistemas de aguas lluvias.

Otro reglamento es el de la prevención de la contaminación del suelo que en su artículo 16 establece que las empresas públicas y privadas que utilizan o aprovechan aguas salinas tomarán las medidas pertinentes a fin de que se limpie la contaminación total o parcial degradación de las características físico-químicas o biológicas de las tierras con altitud.

En la actualidad existe una adición al reglamento de la Ley de Aguas donde se fijan tarifas determinadas para empresas que utilicen aguas subterráneas o de superficie para fines industriales y en las cuales están incluidas las aguas de mantos acuíferos.

La poca reglamentación que hay para tierras altas no incluye tierras con vocación agrícola; en tal caso citaremos el artículo 13 del reglamento para cría y cultivo de especies bioacuáticas de 1985.

Podemos citar los párrafos “d” y “e” del artículo 13 del reglamento para cría y cultivo de especies bioacuáticas que dice que se prohíbe a los acuacultores construir o alterar las propiedades físico químicas y microbiológicas de los suelos con aptitud agrícola, ganadera y /o forestal colindantes y conducir aguas servidas y residuales sin el empleo de medios técnicos que eviten la contaminación del medio;

Para establecer un marco regulatorio, la Subsecretaría de Recursos pesqueros emitió un reglamento mediante acuerdo ministerial No 093, de junio de 2001 que contiene las “Normas para la regularización ambiental y ordenamiento de la actividad acuícola experimental en tierras altas”

En conferencias anteriores ofrecidas por la Cámara Nacional de Acuicultura se contempla una propuesta entre éste organismo y la Subsecretaría de Recursos Pesqueros refiriéndose al Decreto Ejecutivo 195.2 A, complementado con el Acuerdo ministerial 093 del 4 de junio del 2001 para llevar a cabo los proyectos acuícolas en

terrenos con vocación agrícola, de manera que eviten el mayor impacto ecológico que los mismos podrían generar, y los requisitos son:

- 1.-"Certificado emitido por parte de empresas de distribución de energía locales que indique que existe suficiente capacidad instalada para satisfacer las necesidades energéticas del proyecto.
  
- 2.-Las piscinas deben estar construidas sobre suelo de baja permeabilidad que sean adaptados de manera natural o artificial para reducir el máximo de filtración. Los afluentes provenientes de las piscinas deben ser reusados y no pueden descargarse a ningún sitio en tierras altas adyacentes al área del proyecto. Debe incluirse un reservorio con adecuada capacidad de recepción de agua que prevenga el rebose y permita el tratamiento del agua previo a su reutilización. Los sedimentos provenientes de las piscinas deben ser utilizados en el mantenimiento de la granja y no pueden ser dispuestos en lugares donde por filtración o percolación puedan salinizar otras áreas.
  
- 3.-Un canal debe de ser construido alrededor de la granja acuícola, así como,
  
- 4.-Forestarse una franja de amortiguamiento no menor a 30 m de ancho, cuya justificación podrá ser establecida a través del estudio de impacto ambiental.

La franja también tiene doble funcionalidad. La una es proteger los cultivos cercanos de una potencial salinización que pudiera ocurrir, y la otra es preservar a las piscinas de los cultivos agrícolas que se llevan en los alrededores con pesticidas o plaguicidas que se utilizan en los diferentes cultivos.

5.-Los piezómetros deben ser instalados en puntos críticos y monitoreados para asegurarse que la salinización de aguas subterráneas no está ocurriendo. Y para los suelos de las piscinas abandonadas, se deberá presentar un plan de recuperación en los estudios del plan ambiental, con la finalidad de eliminar la salinización de los mismos".

## **2.2.- Equipo requerido para la extracción del agua. (Construcción del pozo y bombeo)**

### **2.2.1.- Construcción del pozo.**

Este punto consiste en detectar la fuente de agua apta para nuestro cultivo a diferentes profundidades.

La construcción de pozos puede realizarse de dos formas: Manualmente y por medio de maquinaria.

La construcción manual depende en gran parte del factor humano. En nuestro medio existe mucha gente (contratistas) especializada en el asunto. La ventaja de la construcción manual radica en que los costos de mano de obra son mucho menores que los implicados en la construcción con maquinaria.

Entre sus desventajas están el gran tiempo que se necesita para llevarla a cabo y los problemas que se pueden presentar como accidentes de trabajo o también taponamiento del acuífero (vencimientos de tierra en el interior de la perforación).

La técnica usada es sencilla, consiste en un trípode en cuyo vértice (cabezal) cuelga la broca que sirve para realizar la perforación; así mismo se cuenta con una bomba que envía el agua hacia el punto de perforación con el objeto de suavizar el terreno para la entrada de la broca.

El agua ya utilizada se empoza en unos hoyos denominados trampas de donde la bomba toma el agua para reutilizarla, como podemos ver se trata de una recirculación de agua.

Brocas.- Las brocas usadas en el proceso son en un principio pequeñas y van aumentando de tamaño a medida que aumenta la profundidad del pozo. Existen brocas desde 3 hasta 20 pulgadas de diámetro y su utilización durante la construcción va de acuerdo con los requerimientos del sistema que se va a montar.



Fuentes de agua- Las fuentes de agua son detectadas cuando la broca se de fácilmente, por lo general dichas fuentes son de agua dulce por ser requeridas para el consumo humano.

En ciertas zonas las fuentes son muy pequeñas semejantes a grietas u ojos de agua y han servido para abastecimiento doméstico durante años.

En la acuicultura las más descadas son las de agua salobre por su semejanza con el rango de tolerancia de muchas especies. Sin embargo el problema que implica esto es el perjuicio causado a sectores agrícolas aledaños.

Tuberías- Las tuberías a utilizarse para la extracción del agua deben ser más pequeñas que el diámetro de la perforación para así facilitar su instalación.

El material de los tubos está relacionado con el diámetro y la presión ejercida por la bomba. Así por ejemplo, si requerimos una tubería de 6 pulgadas el material de la misma deberá soportar una presión de 160 libras, mientras que si la tubería fuera de 10 pulgadas el material deberá ser diseñado para 280 libras de presión. El largo standart de los tubos en el mercado es de 6 metros.

Una vez instaladas las tuberías, se procede a rellenar los lafos de las mismas con piedra chispa # ¾ comercializadas en metros cúbicos.

Instalación de las bombas. - Una vez instalados el cheque y la tubería, se procede a la colocación de la bomba para lo cual debemos establecer el caudal requerido por el sistema y el diámetro de la bomba a utilizar.

Durante la construcción del pozo se encontró una fuente salina de 25 Parte por mil, pero no fue considerada por condiciones de turbidez, y de que el sector aledaño es altamente agrícola, y pese a que en verano la salinidad del agua llega a 20 partes por mil, sin embargo si se tratase de un sistema recientemente instalado, habría que considerar un estudio de impacto ambiental para llevar a cabo un proyecto de éste tipo.

Finalmente la fuente de agua escogida para el proyecto tuvo una salinidad de 0,3 partes por mil, a 57 metros de profundidad y se la escogió en primera instancia para efectuar el estudio objeto de nuestra tesis, asumiendo además que el agua dulce puede servir adicionalmente para el consumo humano.

### **2.2.1.- Bombeo.**

Para realizar un proyecto acuícola con agua de pozo, una vez construido el acuífero, debemos considerar el factor bombeo. Para determinar el tipo de bomba ideal para el sistema se deben tener datos específicos como la profundidad del acuífero, el caudal requerido, el tipo de fuente de energía a utilizar, el nivel freático, entre otros.

Las bombas utilizadas dentro de éste tipo de cultivos son básicamente de dos tipos:

Las bombas a diesel o también pueden ser a gasolina y las bombas eléctricas del tipo sumergible; a continuación se dará ciertos detalles de cada tipo de bomba.

### **2.2.1.1.- Tipos de bombas usadas en cultivos tierra adentro.**

#### **Bombas a diesel o a gasolina.**

Las más usadas en el medio son las serie "S", serie "I" y serie "T".

Las serie "S" son de poliéster reforzado con vidrio , y pueden ser utilizadas con agua salada, y tienen motor a gasolina.

Las bombas serie "I" tienen cubiertas de acero inoxidable horneadas con material epóxico, son ideales para aplicaciones industriales y de acuicultura.

Las serie "T" poseen cubierta reforzada con vidrio y son capaces de bombear agua con sólidos suspendidos de hasta 2,5 cm. de diámetro lo cual las hace ideales para agua salada.

Dentro de este tipo de bombas también se encuentran las de flujo axial para acuicultura, pero no son recomendables para pozos profundos; sino para operaciones como vaciado de estanques, sin embargo ofrecen un alto caudal de agua.

### **Bombas sumergibles.**

Este tipo de bombas es ideal para cuando existe una fuente de energía eléctrica. Consisten en una turbina vertical conectada directamente a un motor eléctrico diseñado para operar bajo agua. Ambos, la bomba y el motor se encuentran suspendidos en el interior de un revestimiento en el interior del agua por una pipa que conduce el agua a la superficie. Estos revestimientos tienen presentaciones para bombas de 4 o más pulgadas.

Debemos considerar que el volumen de agua a utilizar es grande, por lo cual el tipo de bombas indicado es el de alto flujo. Dentro de ésta clasificación tenemos: Bombas sumergibles de hélice, bombas que pueden ser sumergibles o externas y bombas Mag Drive.

Las bombas sumergibles de hélice son diseñadas específicamente para trabajar a baja presión y movilizar grandes volúmenes de agua son de acero inoxidable y su uso se da tanto para agua dulce como para agua salada. Estas bombas pueden ser encontradas en varios modelos con motor eléctrico de 230 V, a 50/60 Hz monofásico o trifásico, soportando temperaturas de hasta 40 ° C. Las bombas de 1,5 a 3 hp tienen una salida de 3", las restantes tienen un diámetro de 6".

Las bombas externas sumergibles tienen un eje de cerámica aluminado haciéndolos ideales para uso en agua salada y tienen un motor de 115 V. a 60 Hz.

Las bombas Mac Drive pueden ser usada tanto sumergidas como externas, son bombas centrífugas que trabajan a baja presión y son compatibles tanto para agua dulce como agua salada; poseen diámetros que van desde 0,5 hasta 2" por lo cual se hará necesario para adaptar a un sistema de éste tipo mayor cantidad de ellas.

Las bombas sumergibles más recomendadas para pozos, vienen en muchos modelos que incluso ofrecen separadores de arena; la mayor parte proporcionan un ahorro de energía y el cabezal está dispuesto de tal forma que a una longitud de 220 m, tienen un flujo de hasta 30 m<sup>3</sup> por hora, dependiendo del modelo; en este caso de 50 hp. La caracterización de éste tipo de bombas se la realiza mediante la comparación del caudal requerido por el sistema con su TDH que es la profundidad de la toma de agua.

### **2.3.-Infraestructura utilizada en el cultivo.**

#### **2.3.1.-Infraestructura de estanques.**

Dentro de los tipos de cultivo "tierra adentro", se considera que se trata de cultivos superintensivos y que por lo tanto los estanques utilizados son pequeños (de 0,1 a 1 Hectárea). Esta condición se da por varios motivos, entre ellos llevar un mejor control de las piscinas en cuanto a tallas, pesos, población, alimentación, colocación de

aireadores, entre otros y el de ofrecer un mejor recambio a las piscinas con respecto al volumen de agua que ingresa desde el acuífero.

La forma requerida de los estanques es cuadrados o rectangulares (relación 2 : 1, es considerada excelente)

Otra condición en lo que respecta a estructura de las piscinas es que las profundidades medias van de 1 a 1,5 metros, lo que permite acaparar mayor cantidad de animales por hectárea. Las pendientes promedios son similares a las de los cultivos tradicionales (10 a 15 %) para facilitar las labores de cosecha.

### **2.3.2.-Equipo adicional. (Aireadores).**

#### **Aireadores.**

Existen tres tipos básicos de aireadores usados en acuicultura que son básicamente los aireadores de superficie, aireadores de columna de agua, aireadores de aspersión.

Dentro de lo referente a aireadores de superficie encontramos cierta variedad como los aireadores Kasco, los de doble hélice y los Splash.

Todos éstos aireadores ofrecen ventajas como:

- Alta transferencia de oxígeno a bajo costo.

- Circulación de agua con poca turbulencia del fondo.
- Excelente operación en aguas poco profundas (1-1,5 mts. de profundidad)
- Portátiles para respuesta rápida en emergencias.

Pero su uso no es tan frecuente debido a que abarcan únicamente las capas superiores de la columna de agua.

- Los aireadores de columna de agua son los conocidos Sistemas Fat Cat; éstos son realmente sencillos y consisten en un motor que envía el aire a una tubería flotante a la cual están conectados varias tuberías de vinil con difusores

La aireación cumple con varias funciones: Añade oxígeno al agua, circula el agua y rompe la estratificación, oxida la materia orgánica, suspende sólidos para formar flocúlos y acumula desechos para evacuarlos. Se aplica cuando el OD baja y durante el día para evitar la estratificación térmica. El cálculo de la aireación necesaria para el agua salada es de 400-550 kg./Hp y en agua dulce de 300-450 kg./Hp (Rivera, 2001)

Este tipo de aireadores manejan entre 0,5 y 1,5 hp/hectárea y necesitan cierta limpieza periódica.

Los aireadores de Paleta consisten en una serie de flotadores de polietileno que sostienen un motor de alta eficiencia, el cual hace girar las paletas por medio de una

polea, en la superficie de agua. Estos poseen comúnmente una hélice de nylon y están en series de 8.

Estos aireadores manejan caballajes de 0,5 a 2,4 hp. y 230 voltios y requieren de un cambio de aceite a partir del tercer mes de uso.

En varios tipos de cultivo intensivo, estos son requeridos no sólo por generar oxígeno sino por proveer de circulación al cuerpo de agua, cuando se colocan en serie por lo general en las esquinas de los estanques.

El criterio usado para el uso de todos estos aireadores es de 20 hp./hectárea; de manera que una piscina de 0.2 Has requeriría de 2 aireadores de 2 hp. o 4 aireadores de 1 hp.

Se han establecido algunos cálculos para aireadores de paleta que incluyen algunas fórmulas tanto de las paletas como de los Hp. requeridos. Para éste cálculo es necesario considerar los siguientes factores:

A = Área (m<sup>2</sup>)

d = # de animales a sembrar

W = peso deseado al final de la cosecha (grs)

S = sobrevivencia esperada al final del ciclo (%)



Fórmula de cosecha:  $(A) (d) (W) \times S$ ; en Kg.

La relación estimada o establecida es de 2 paletas (2Hp.) por cada 500 kilogramos de camarón cosechado

Pero existe una forma general de conocer el caballaje por hectárea de los aireadores según la densidad de camarones (ind./ m<sup>2</sup>) y su peso promedio en gramos, como lo indica el siguiente gráfico.

;

## **CAPITULO # 3**

### **MEDICIONES DE CAMPO Y DE LABORATORIO**

#### **3.1.-Planos de localización.**

La granja se encuentra en el kilómetro 55 vía a Machala cerca del sector de la Reserva ecológica de Churute. En el Anexo 1 se detalla la ubicación geográfica de la camaronera.

#### **3.1.1.-Cotas topográficas.**

El levantamiento general de la camaronera es prácticamente al nivel del mar; sus cotas se encuentran entre los 5 y 9 metros. Las cotas topográficas de la piscina de cultivo se detallan en el Anexo 2.

#### **3.1.2.-Planos del área de construcción.**

La ubicación del acuífero que abastece a la piscina de cultivo se encuentra a 8 metros de la piscina. En el Anexo 3 se da mayor detalle de la zona de construcción del acuífero y de la piscina utilizada.

### **3.2.-Características de la camaronera en estudio.**

El sector de Churute ubicado al noroeste de Guayaquil y a algunos kilómetros de Naranjal es considerado como una zona protegida en el Ecuador. Sus aguas son caracterizadas por tener salinidades promedio de 9 partes por mil a lo largo del año, habiendo un mínimo de 0 partes por mil en época lluviosa y un máximo de 22 partes en época seca.

La camaronera Paraíso ubicada en este sector, perteneciente al Ing. Henry Andrade, ha decidido extender su cultivo hacia la alternativa de agua de pozo para mejorar la producción.

#### **3.2.1.- Datos técnicos del proyecto a desarrollar.**

Previo a dar este paso se empezará con una piscina de prueba. Las primicias o datos del cultivo fueron las siguientes:

- El área de la piscina en estudio es de 0,8 Has.
- La relación Nitrógeno – Fósforo a usar es de 0,5 a 1 mediante una dosis inicial fuerte, la primera semana de llenado y se aplicaran dosis de mantenimiento moderadas, con el objeto de disminuir la aplicación de

alimento las primeras semanas y así disminuir la conversión alimenticia habiendo producción de oxígeno.

- El bombeo tendrá como objetivo compensar las pérdidas por filtración y evaporación.
- La bomba usada tendrá un diámetro de tubería de 3 pulgadas.
- La profundidad promedio de la piscina será de 110 cm.
- La densidad de cultivo será de 18 ind./ m<sup>2</sup>
- No se usará aireación ya que la densidad de animales en la piscina de prueba principal, de acuerdo al gráfico 3 indica que debe incluirse 1 hp. de potencia en aireación, pero ésta es tan pequeña que la obviaremos, sin embargo en una de las piscinas de prueba secundarias (Piscina # 11; 0,2 Has.) se colocará un aireador tipo Aire-O<sub>2</sub> de 2 hp. equivalente a 10 Hp./Ha, justificable de acuerdo al gráfico 3.

### **3.2.2.- Cronograma del proyecto a realizar.**

A continuación se expone el protocolo de trabajo planteado, basado en las condiciones anteriormente descritas para la piscina de prueba.

#### Semana 1

- Se aplicará al suelo de la piscina 15 sacos de Carbonato de Calcio (552 Kgs./Ha.), previo a un secado de 8 días; hay que considerar que el área de los

muros y las orillas fueron totalmente desbrozadas para evitar en lo posible problemas de depredación con los insectos en las post-larvas después de la siembra.

- Un día después, se procederá a llenar la piscina.
- Al tercer día de comenzada a llenar, se fertilizará el volumen de agua existente con 24 Kgs. (30 Kgs./Ha.) de fertilizante con una relación Nitrógeno- Fósforo de 2 a 1.
- En ésta semana se mantendrá un llenado diario de 18 horas.

#### Semana 2 y 3

- Se mantendrá el llenado de la piscina durante éstas semanas.

#### Semana 4

- Se fertilizará la piscina con 6,4 Kilogramos de fertilizante con relación Nitrógeno-Fósforo de 0,5 a 1.
- Se procederá a sembrar la piscina a razón de 20 post-larvas por metro cuadrado.
- Se alimenta a razón de 1 libra diaria por las orillas con balanceado granulado de 35% de proteína.
- Se aplicará al agua Carbonato de Calcio en dosis de 40 Kilogramos (50 Kg./Ha.) e Hidróxido de Calcio en dosis de 10 Kilogramos (13 Kg./Ha.)
- Se mantendrá el tiempo diario de bombeo durante 18 horas.

- Se realizarán mediciones de parámetros físico-químicos del agua.
- Se revisará el oxígeno disuelto en la mañana (6h00) y en la tarde (18h00)

### Semana 5

- Se mantendrá la dosis de fertilización distribuido en dos dosis semanales y la cantidad de horas bombeadas.
- Se aplica al agua Carbonato de Calcio en dosis de 40 Kilogramos (50 Kg./Ha.) e Hidróxido de Calcio en dosis de 10 Kilogramos (13 Kg./Ha.)
- Se procederá a alimentar a razón de dos libras diarias por las orillas con alimento granulado del 35% de proteína en las orillas.
- Se realizará una revisión externa de las post-larvas en la piscina con malla roja para chequear estado y verificar si existe o no, mortalidad.
- Se revisará el oxígeno disuelto en la mañana (6h00) y en la tarde (18h00)

### Semanas 6 y 8

- Se fertilizará la piscina con 6,4 Kilogramos de fertilizante con relación Nitrógeno-Fósforo de 0,5 a 1 distribuido en dos dosis semanales.
- La sexta semana se alimentará en dos dosis diarias al volco procurando mantener una dosis promedio de 4% hasta los 3 gramos y del 2,5 a 3% de la biomasa en etapas posteriores.
- A partir de la octava semana se procederá a alimentar mediante el uso de comederos, dos veces al día.

- Se revisarán los comederos y se dará un reporte diario del estado de éstos (cantidad de alimento no consumido, presencia de animales muertos y broma, entre otros)
- Se calibrará diariamente la dosis de alimento en base a los reportes de datos de los comederos de la semana anterior.
- Se aplicará al agua Carbonato de Calcio en dosis de 40 Kilogramos (50 Kg./Ha.) e Hidróxido de Calcio en dosis de 10 Kilogramos (13 Kg./Ha.)
- Se mantiene el tiempo diario de bombeo durante 18 horas.
- Se realizan mediciones de parámetros físico-químicos del agua.
- Se revisará diariamente el oxígeno disuelto en la mañana (6h00) y en la tarde (18h00) y el pH (10h00)

#### Semanas 7,9 ,11, 13,15 y 17

- Se mantendrá la dosis de fertilización y la cantidad de horas bombeadas distribuido en dos dosis semanales.
- La séptima semana se alimentará en dos dosis diarias al voleo procurando mantener una dosis promedio de 4% hasta los 3 gramos y del 2,5 a 3% de la biomasa en etapas posteriores.
- A partir de la novena semana se revisarán los comederos y se dará un reporte diario del estado de éstos (cantidad de alimento no consumido, presencia de animales muertos y broma, entre otros)

- A partir de la novena semana se calibrará diariamente la dosis de alimento en base a los reportes de datos de los comederos de la semana anterior.
- Se revisará el oxígeno disuelto en la mañana (6h00) y en la tarde (18h00)
- Se aplicará al agua Carbonato de Calcio en dosis de 40 Kilogramos (50 Kg./Ha.) e Hidróxido de Calcio en dosis de 10 Kilogramos (13 Kg./Ha.), pero de presentarse problemas patológicos o de cianofitas se incrementaran éstas dosis a criterio del técnico encargado.
- Se realizarán chequeos de talla (1 vez por semana), y de condición fisiológica del camarón (3 veces por semana)
- Se revisará el oxígeno disuelto en la mañana (6h00) y en la tarde (18h00)

#### Semanas 10, 12, 14 y 16

- Se llevará el mismo protocolo de las semanas 7, 9, 11, 13, 15 y 17 con la diferencia de que se realizarán mediciones de parámetros físico-químicos del agua.

### **3.3.-Mediciones de calidad de agua en los estanques.**

A continuación proporcionaremos la información del análisis físico químico del agua del acuífero utilizado.



**Información de muestreo.**

<i>Empresa:</i>	<i>Camaronera Paraiso</i>
<i>Muestra:</i>	<i>Agua de pozo</i>
<i>Zona:</i>	<i>Churute</i>
<i>Uso:</i>	<i>Cria de camarón</i>

**Examen físico: Identificación**

<i>Turbiedad NTU</i>	<i>10,00</i>
<i>Color u Pt Co</i>	<i>5,00</i>
<i>Olor</i>	<i>Normal</i>
<i>Temperatura Ambiente</i>	<i>27°C</i>
<i>pH a 25°C</i>	<i>7,50</i>
<i>Conductividad específica micromhos/cm</i>	<i>472,00</i>
<i>Sólidos Disueltos Totales mgs/l o ppm</i>	<i>320,20</i>

**Examen Químico: Concentración**

	<b>mg/l</b>
<i>Calcio como Ca<sup>++</sup></i>	<i>16,00</i>
<i>Magnesio como Mg<sup>++</sup></i>	<i>9,00</i>
<i>Sodio como Na<sup>+</sup></i>	<i>73,00</i>
<i>Potasio como K<sup>+</sup></i>	<i>3,00</i>
<i>Hierro como Fe<sup>++</sup></i>	<i>0,10</i>
<i>Manganeso como Mn<sup>++</sup></i>	<i>0,00</i>
<i>Amonio como NH<sub>4</sub></i>	<i>0,10</i>
<i>Carbonatos como CaCO<sub>3</sub></i>	<i>0,00</i>
<i>Bicarbonatos como CaCO<sub>3</sub></i>	<i>172,00</i>
<i>Hidroxidos como CaCO<sub>3</sub></i>	<i>0,00</i>
<i>Sulfatos como SO<sub>4</sub><sup>-</sup></i>	<i>5,00</i>
<i>Cloruros como Cl<sup>-</sup></i>	<i>42,00</i>
<i>Nitritos como NO<sub>2</sub><sup>-</sup></i>	<i>0,00</i>
<i>Nitratos como NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	<i>0,00</i>
<i>Fosfatos como PO<sub>4</sub><sup>-</sup></i>	<i>0,00</i>
<b><i>Total de Minerales Disueltos</i></b>	<b><i>320,20</i></b>

## Información Complementaria

### Sales Disueltas: Concentración

	mg/lit	%
<i>Cloruro de Potasio</i>	5,22	1,46
<i>Cloruro de Sodio</i>	64,94	18,23
<i>Cloruro de Calcio</i>	0,00	0,00
<i>Cloruro de Magnesio</i>	0,00	0,00
<i>Sulfato de Sodio</i>	7,10	1,99
<i>Sulfato de Calcio</i>	0,00	0,00
<i>Sulfato de Magnesio</i>	0,00	0,00
<i>Bicarbonato de Sodio</i>	162,96	45,76
<i>Bicarbonato de Calcio</i>	64,80	18,20
<i>Bicarbonato de Magnesio</i>	51,10	14,35
<b>Total</b>	<b>356,11</b>	<b>100,00</b>

<i>Dureza Total EDTA como CaCO3</i>	76,00
<i>Dureza Temporal o Alcalinidad como CaCO3</i>	172,00
<i>Dureza permanente como CaCO3</i>	0,00
<i>Dureza relativa como CaCO3</i>	96,00

### Determinación de Metales Pesados

	mg/lit
<i>Aluminio</i>	0,00
<i>Hierro</i>	0,10
<i>Cromo</i>	0,00
<i>Zinc</i>	0,00
<i>Manganeso</i>	trazas
<i>Plomo</i>	0,00
<i>Cobre</i>	0,00
<i>Cadmio</i>	0,00

### Ensayos Especiales

Acidez mgs lt	22,00
Oxígeno Disuelto mgs lt	7,00
Adición de cal en gramos por metro cúbico	20,00

**Conclusión:** La muestra de agua analizada presenta un contenido de minerales disueltos totales en el orden de 320,20 ppm., valor que se considera de excelente calidad para uso humano y para la cría de camarones en cautiverio, se recomienda la adición de cal en el orden de 20 gramos por metro cúbico de agua, con el fin de aumentar su pH y los iones de calcio y magnesio, para una mejor fisiología del crustáceo.

La conclusión anterior es la interpretación técnica de la empresa que realizó el análisis; la explicación que podemos dar es que pese a tener un relativamente bajo valor de sólidos disueltos totales para aguas salinas, éste valor es considerado bueno para agua dulce ya que lo compensan medidas como la Dureza temporal o Alcalinidad (de  $\text{CaCO}_3$ ) que se haya en valores de 172 mg/L. considerado bueno para el cultivo del camarón de acuerdo a la teoría planteada en el capítulo 2.1.

### 3.3.1.- Parámetros durante el ciclo.

Los parámetros tomados en cuenta para este seguimiento fueron nitritos, nitratos, fósforo, amonio, hierro, pH, alcalinidad y turbidez. A continuación se detalla la evolución por periodos de dos semanas de estos parámetros durante la corrida realizada.

Tabla 3:

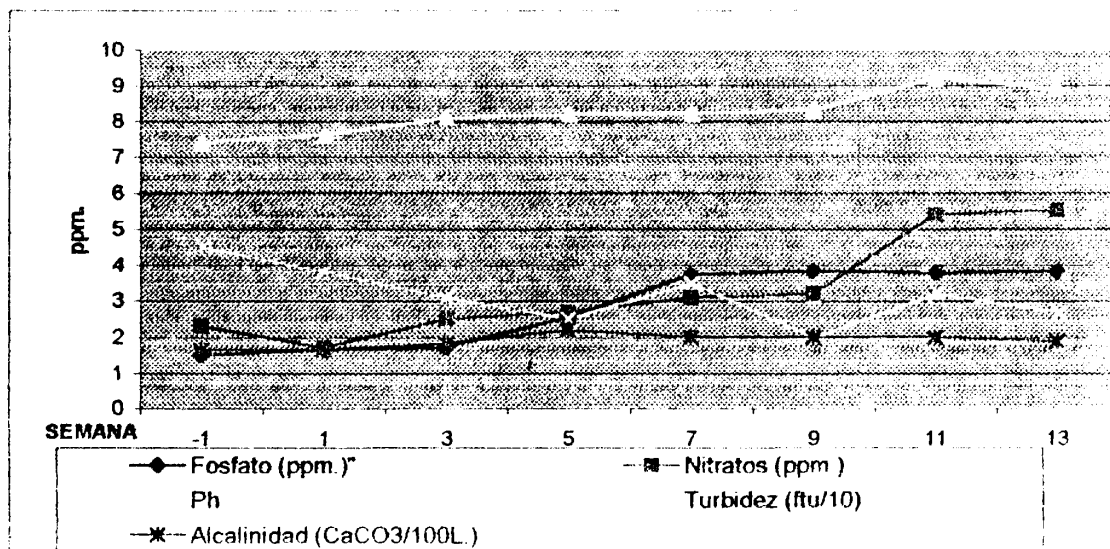
Parámetros físico-químicos durante la corrida.

Fecha	Hierro (ppm.)	Fósforo (ppm.)	Nitritos (ppm.)	Nitratos (ppm.)	Ph	Turbidez (ftu)	Alcalinidad (mg. CaCO <sub>3</sub> / Lt)	Amonio (ppm.)
Sept. 7	1,27	1,64	0,013	2,7	7,6	38	163	0,05
Sept. 14	1,27	1,64	0,005	2,7	7,6	38	164	0,07
Sept. 21	0,25	1,72	0,014	2,5	8,1	31	182	0,15
Sept. 28	0,32	2,34	0,016	2,7	8,2	25	220	0,29
Oct. 05	0,28	3,73	0,029	3,1	8,2	33	200	0,52
Oct. 12	0,3	3,84	0,040	3,2	8,3	32	200	0,80
Oct. 19	0,32	3,76	0,023	5,4	9,2	20	200	0,72
Nov. 05	0,33	3,82	0,047	5,5	8,9	27	188	0,77

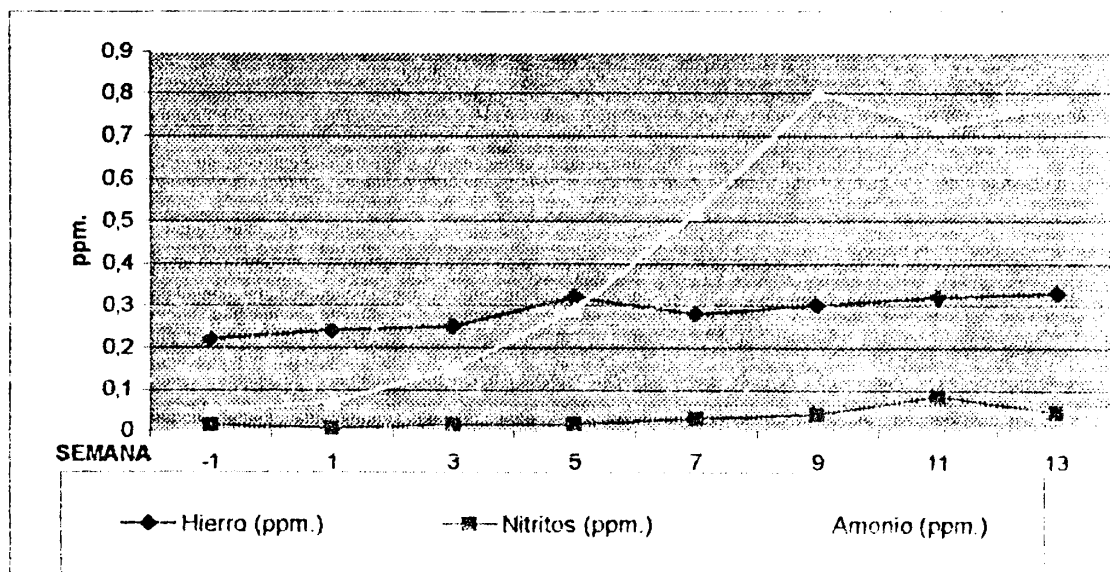
A continuación ofrecemos los distintos gráficos de la evolución de los parámetros físico químicos del agua para una mejor comprensión de lo establecido en la tabla 6.

**Gráfico 2: Evolución de los parámetros físico químicos del agua.**

**1.1.- Evolución de Fosfatos, nitratos, PII, Turbidez y Alcalinidad (mg. CaCO<sub>3</sub>/L.) del agua.**



**1.2.- Evolución de Hierro, nitritos y amonio en el agua.**



## Interpretación de resultados

Hierro: Los valores de hierro se mantuvieron bajos y estables (en promedio 0,27 mg./L.), existió una leve variación pero fue debido seguramente a pequeñas alteraciones en el interior del acuífero. Sin embargo se mantuvo dentro de los rangos requeridos de acuerdo a la tabla 2 (menores a 1,0 mg./L.)

Los fosfatos, nitritos y nitratos incrementaron sus valores, los fosfatos a valores de casi 4,0 mg./L. sobrepasando los valores establecidos en la tabla 2 y los nitratos a valores de casi 6,0 mg./L.; sin embargo los nitritos llegaron a un pico de casi 0,1 mg./L. en la semana 11, valor que no fue sobrepasado, lo que indicaba que se mantuvieron dentro de los rangos establecidos en la tabla 2 (menor a 0,1 mg./L.); éste incremento de valores se dió por la acumulación de éstos nutrientes en el sistema debido a la aplicación del fertilizante ya que el nivel de recambio que daba el acuífero era bajo.

El PH mostró picos de 9,2 y 8,9 en las semanas 9 y 10 debido al problema de cianofitas en el agua.; no obstante la alcalinidad mantuvo un valor óptimo y estable durante toda la corrida de acuerdo con el rango de la tabla 1 (superior a 100 mg. de  $\text{CaCO}_3/\text{L.}$ )

El amonio se incrementó hasta la novena semana a una concentración de 0,8 mg./L. pero se mantuvo debido a las medidas que se tomaron para controlarlo ( aplicación de

cal y zeolita), sobrepasando el límite permisible de la tabla 1 de 0,5 mg / L. y dicho incremento se asume se debió a fenómenos relacionados con el crecimiento del animal y a la presencia de las cianofitas en el agua. Estas algas en grandes cantidades tienden a consumir oxígeno y cuando mueren generan mayor cantidad de amonio.

### 3.4.-Cálculo del caudal promedio del sistema.

La bomba de 3 pulgadas tiene un caudal promedio de 2,9 Litros por segundo, lo cual hace suponer que si se trabaja diariamente un promedio de 18 horas , los 7 días de la semana , la piscina de 0,8 Hectáreas estaría llegando al nivel de 1 metro en 47 días considerando pérdidas diarias por filtración y evaporación del 10%. El porcentaje promedio diario de recambio en las etapas en las que se realizaban las renovaciones fue de 2,43 %.. A continuación ofrecemos detalle del caudal promedio del estanque de cultivo, específicamente basados en el flujo estimado de la bomba utilizada. El bombeo se mantuvo con el agua del acuífero hasta la semana 11.

El factor de recambio que está dado por la fórmula:

$$FR = \frac{\text{Tasa de Recambio}}{\text{Kg. Camarón/ m}^3} = \frac{3,23}{0,346} \text{ ( en todo el ciclo) } = 7,02$$

El factor de recambio se ubica entre rangos de 0,80 y 1,20 m<sup>3</sup> de agua por kilo de camarón producido, en cultivos semi-intensivos. (Alvarez, 1999)

Tabla 4: Cronograma de bombeo de la piscina estudiada.

Horas diarias	Caudal en truda (L/s)	Volumen en la piscina (L/s)	Nivel promedio (m/s)	Caudal de salida (L/Sem)	Caudal de salida acumulado (L/s)	% de recambio diario	Volumen total bombeado (L/s)	% de recambio semanal
16	2.9	1215440	0.2	0	0	16.22	1215440	100.0
17	2.9	2630880	0.3	0	0	2.14	2630880	50.0
18	2.9	3946320	0.4	0	0	4.76	3946320	73.3
18	2.9	5261760	0.5	0	0	3.57	5261760	25.0
19	2.9	6577200	0.6	0	0	2.86	6577200	20.0
19	2.9	7892640	0.6	0	0	2.38	7892640	16.7
19	2.9	9208080	0.9	0	0	2.04	9208080	14.3
19	2.9	10523520	1.1	0	0	1.79	10523520	12.5
20	2.9	11838960	1.2	0	0	1.89	11838960	13.6
20	2.9	13154400	1.2	1920000	1920000	1.94	13759040	13.6
21	2.9	14469840	1.3	1920000	3840000	2.00	15346800	14.0
21	2.9	15785280	1.3	1920000	5760000	2.05	16934860	14.4
21	2.9	17100720	1.3	1920000	7680000	2.77	18270000	12.4
21	2.9	18416160	0.5	1920000	9600000	1.88	19585440	13.2
22	1.38	1548040	1.3	1920000	11520000	1.30	23063040	30.1
22	1.38	11180640	1.15	3840000	15360000	1.44	25540640	31.1
23	1.38	11545760	1.2	3840000	19200000	1.48	10713760	26.2
23	1.38	14628960	1.4	3840000	23040000	6.79	37668960	47.5

Durante el evento patológico se realizó bombeos continuos de hasta 21 horas. La larva fue sembrada 22 días después de haber empezado a llenar la piscina.

Se realizó una sola revisión de la bomba en el ciclo. Se empleó a dos obreros para encargarse del bombeo y demás actividades de la piscina conjuntas con otras de la camaronera.



El combustible utilizado fue gas (cilindros de 10 Kilogramos) y su duración promedio era de dos días.

En la octava semana se detectó una proliferación masiva de algas en el agua, el conteo de cianofitas fue de 250.000 cel./ml., los valores de oxígeno se incrementaron tanto en la mañana como en la tarde, pero después decayeron poco a poco; entonces se mantuvo el tiempo de bombeo en 22 horas diarias, durante esa semana.

En la tabla anterior se puede observar que el bombeo se mantiene hasta la semana 10 (\*), luego la entrada de agua al estanque se la realiza por medio del Reservorio tradicional.

## **CAPITULO #4**

### **ANÁLISIS DEL CICLO DE CULTIVO EN LAS PISCINAS DE PRUEBA**

#### **4.1.-Datos técnicos de la corrida.**

A continuación ofrecemos los principales datos técnicos del ciclo de cultivo de nuestra principal piscina de prueba Semillero.

##### **4.1.1.- Datos de siembra:**

Fecha de siembra.- 17 de Agosto del 2001

Densidad de siembra.- 180.0000 larvas por hectárea (PL. 7; 2,5 mg./ PL.)

Tipo de larva.- Nauplio de Maduración, certificada doble cero

Laboratorio.- Rio Verde (Esmeraldas)

#### 4.1.2.- Datos de aclimatación:

Durante la aclimatación se proporcionó alimento vivo (artemia) y microencapsulados (40 gramos en el tanque de 1200 litros)

Oxígeno disuelto: 7,6 mg/lit

Salinidad antes de aclimatación: 5ppt

Tiempo de aclimatación: 11 horas

Mortalidad durante la aclimatación: 1%

Temperatura antes de aclimatación: 27°C

Temperatura después de aclimatación: 25°C

Peso gravimétrico de larvas: 400 larvas por gramo

#### 4.1.3.- Datos de cosecha

Libras cosechadas: 1257 lbs. (1571 libras por hectárea)

Fecha de cosecha: 24 de noviembre del 2001

Peso promedio: 11,28 gramos      80% de la población en 12,3 gramos

20% de la población en 7 gramos

Cálculo de la población cosechada:  $(1257 \times 454) / 11.28 = 50592$  animales

Porcentaje de supervivencia: 35.1%

Conversión alimenticia: 1448 lbs. alimento./1257lbs. cosechadas.= 1,15 : 1





Durante las dos primeras semanas se repartió el pienso a día por medio en dosis mínimas de 2 kilos por hectárea, en el préstamo. De la tercera a la quinta semana, la aplicación fue realizada en dos dosis diarias por toda la piscina y al voleo, todo esto acompañado de chequeos macroscópicos para revisar la talla del animal, el grado de llenura del intestino y tener un dato estimado de la población existente en el medio con el fin de calibrar periódicamente la dosis de alimento.

Desde la sexta semana en adelante se alimentó mediante el uso de 20 comederos (25 por hectárea) los que a su vez ayudaron a controlar la existencia de mortalidad o de eventos patológicos. La colocación del alimento fue diaria y basada en la demanda estimada al momento de revisar los comederos. El porcentaje de proteínas manejado en el balanceado fue de 35% hasta la octava semana y del 28% en adelante. A continuación se ofrece la tabla de alimentación durante el ciclo.

**Tabla 7: Tabla de alimentación durante el ciclo.**

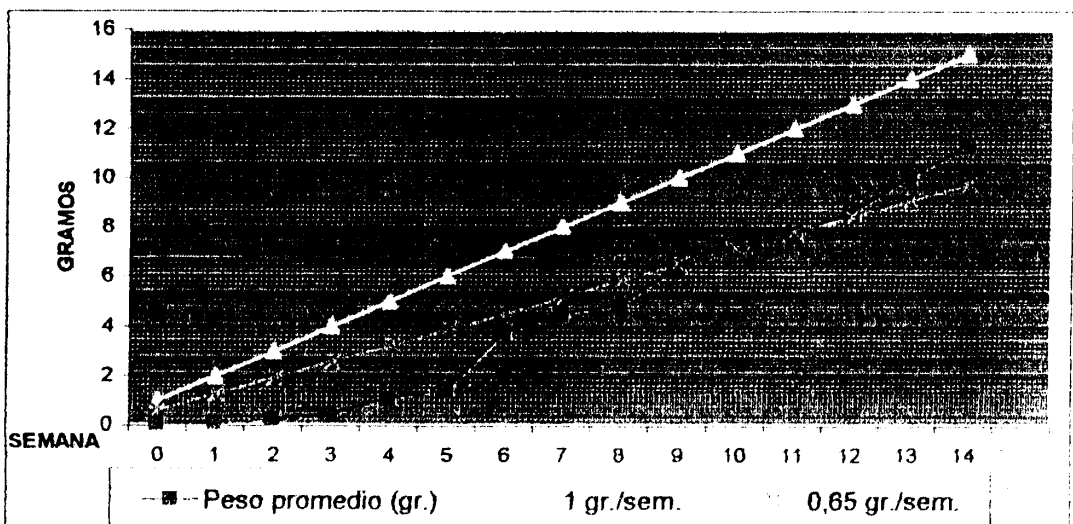
Semana	Balanc. diatlbs.)	Balanc. sem (lbs.)	% de proteína	= comederos	Libras comed.	Tipo medicación	Concentración (ppm.)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							

El porcentaje de alimentación basado en la biomasa fue del 3% en promedio durante toda la corrida y se mantuvo de acuerdo a la tabla de alimentación pese a que el animal pasado los 5 gramos donde se trabajó con comederos la demanda de alimento fue mayor. La conversión alimenticia al final fue de 1,15 : 1.

En el Anexo 4 podemos observar el cuadro de conversión alimenticia de la población manejada durante la corrida.

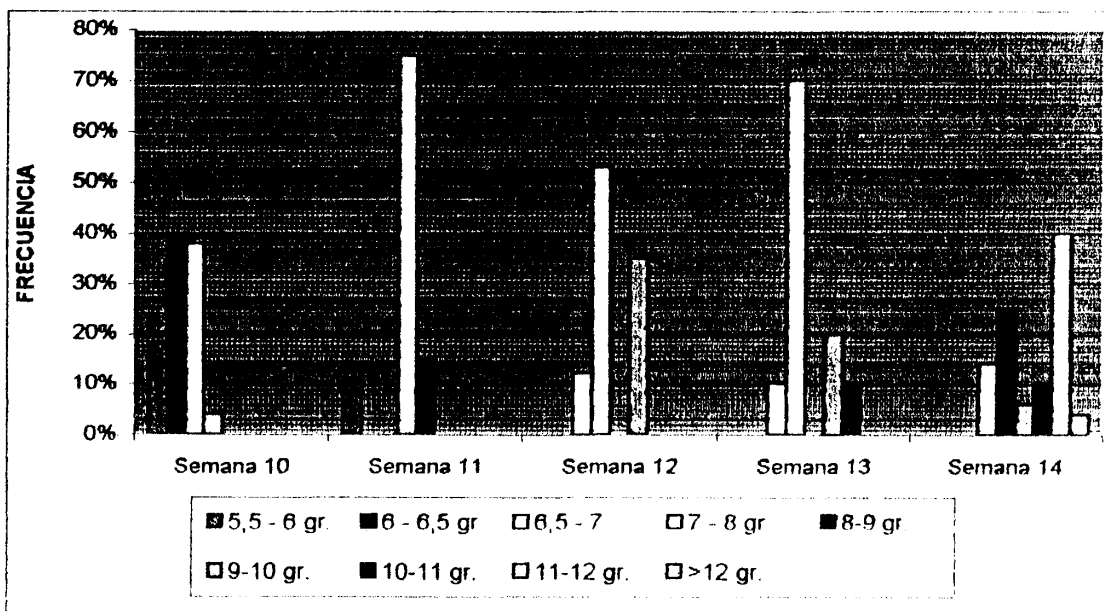
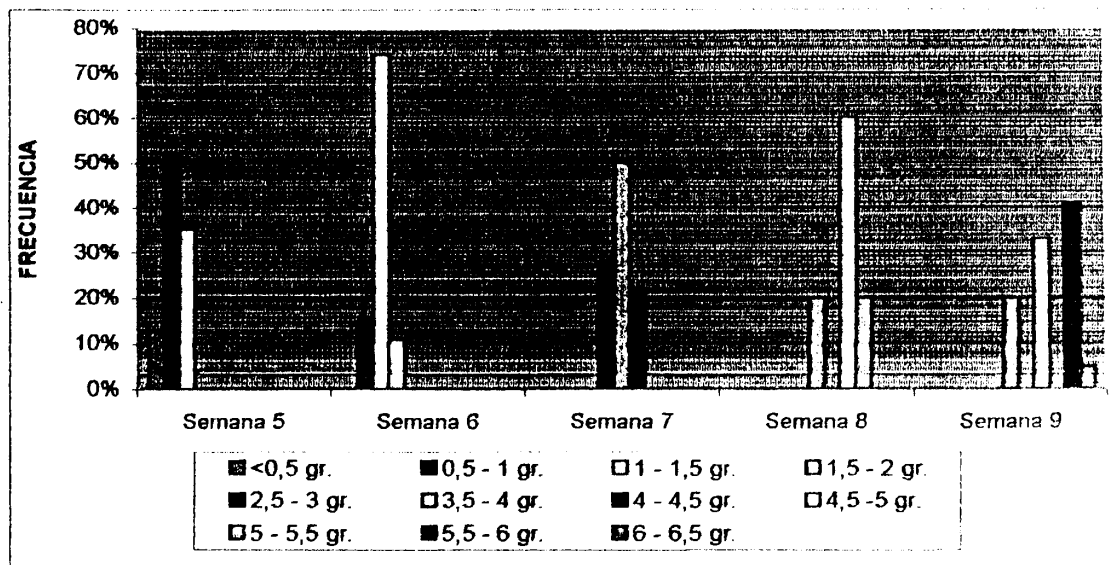
El tiempo de producción fue de 101 días durante el cual se llegó a un peso promedio de 11,47 gramos, corto comparado con la razón de crecimiento de referencia de 1 gramo por semana, considerada normal, en los ciclos de producción y de 0,65 gramos por semana considerada como el mínimo crecimiento esperado en la estación fría como lo establece el gráfico 2.

**Gráfico 3: Tasa de crecimiento semanal de la población en la piscina estudiada.**



Las variaciones de talla semanales estuvieron dadas por los siguientes gráficos:

Gráfico 4: Frecuencias de tallas en la piscina estudiada.





Como podemos observar en los gráficos anteriores, en las primeras semanas, la variación de tallas fue mínima, así se observa que la semana 6 se notan únicamente dos tipos de talla, pero a medida que se incrementa el tiempo de producción, ésta variación de tallas se hace mucho mayor; así en la última semana (semana 14 ) podemos apreciar que existen en dos tallas bien definidas ; la una entre 8 y 9 gramos y otra entre 11 y 12 gramos, adicionalmente se puede notar que pudo haber un problema de enanismo debido al IHHNV, puesto que se aprecia un porcentaje considerable (14%) de camarón entre 7 y 8 gramos.

#### **4.2.1.3.- Fertilización.**

Se realizó una fertilización fuerte la primera semana con una relación nitrógeno-fósforo de 0,5 a 1 de llenado con un pequeño volumen de agua (30 Kg./ Hectárea) luego fertilizaciones leves las tres primeras semanas de siembra (8 Kg./Hectárea.) y se realizaron fertilizaciones de mantenimiento con el nivel operable (15Kg/Ha.). Hay que considerar fertilizaciones de leves a moderadas pues estamos tratando un sistema cerrado en el que de existir exceso de fitoplancton también habría problemas de oxígeno, factor limitante en los cultivos intensivos.

Otro criterio a considerar es que si se trata de un agua subterránea es muy probable una baja cantidad de nutrientes, los cuales deben ser inoculados a las algas por medio de la fertilización.

Nosotros asumimos que fertilizaciones leves previas a un llenado considerable ayudarán a mantener un nivel aceptable de algas en el agua y a disminuir la conversión alimenticia.

Un problema surgido durante el ciclo de cultivo fue la aparición de mondonguillo en el fondo de la piscina; el cual fue combatido mediante remoción manual. Esto lo acompañamos con un golpe de fertilización fuerte con el nivel máximo para evitar que éstas macrófitas aprovechen éstos nutrientes, pero esto nos trajo otro tipo de problemas con la aparición de algas cianofitas lo que provocó bajas de oxígeno y se reflejó en el aspecto externo del animal.

Este problema fue combatido mediante la aplicación de carbonato e hidróxido de calcio con el fin de eliminar la población de algas. Al final del ciclo de cultivo (tres últimas semanas) se realizó renovaciones de agua desde el reservorio de la camaronera (agua del estero) y una sola aplicación de sulfato de cobre; en dosis de 4 libras repartidas por toda la piscina.

Podemos ver en la siguiente tabla el comportamiento de la población de fitoplancton y de la cantidad de oxígeno durante la corrida

**Tabla 8: Fitoplancton y oxígeno de la piscina en estudio.**

Semana	Conteo de	Disco	Oxígeno	
	algas	Secchi	Disuelto	(mg./L)
	(cel./ml.)	(cms.)	Mañana	Tarde
1	100	10	1.5	1.5
2	150	12	1.5	1.5
3	200	15	1.5	1.5
4	250	18	1.5	1.5
5	300	20	1.5	1.5
6	350	22	1.5	1.5
7	400	25	1.5	1.5
8	450	28	1.5	1.5
9	500	30	1.5	1.5
10	550	32	1.5	1.5
11	500	30	1.5	1.5
12	450	28	1.5	1.5
13	400	25	1.5	1.5
14	350	22	1.5	1.5
15	300	20	1.5	1.5
16	250	18	1.5	1.5
17	200	15	1.5	1.5
18	150	12	1.5	1.5
19	100	10	1.5	1.5
20	100	10	1.5	1.5

Podemos apreciar en la tabla que en las semanas 9 y 10 existe un incremento en los valores de los conteos de algas y simultáneamente se puede ver las caídas de oxígeno en la mañanas y exceso en la tarde. Luego del recambio de agua los valores de oxígeno mejoran, tanto en la mañana como en la tarde.

**4.2.1.4.- Recambios.**

Durante el ciclo se llegó al nivel de 1,3 metros en 55 días es decir a las 8 semanas de empezada a llenar o cinco semanas después de sembrada (33 días).

A partir de éste momento se realizó la primera renovación de agua (20 centímetros) durante 3 semanas hasta el día 54 de siembra, luego de lo cual se selló la compuerta de salida para recuperar el nivel y mantenerlo hasta la 12ava semana, en la cual se realizó el primer ingreso de agua desde el reservorio tradicional con entradas de dos horas diarias para evitar una variación brusca de la salinidad; lo que se pretendía era reducir al mínimo el nivel de cianofitas en el agua y mejorar el nivel de oxígeno disuelto. La entrada de agua fue paulatina y suave para evitar un posible stress en el animal por el cambio de salinidad. Una vez que la piscina llegó a la salinidad del reservorio tradicional que en éste caso fue de 12 partes por mil, se procedió a hacer renovaciones continuas hasta la semana 14 cuando se comenzó a bajar niveles para la cosecha. Desde la semana 12 hasta la cosecha se reportó una mortalidad estimada del 10%.

#### **4.2.1.5.- Desinfecciones.**

Aplicaciones periódicas de Carbonato e hidróxido de calcio fueron necesarias para aumentar los valores de alcalinidad, darle un buen ambiente al crustáceo y para floccular cierta población de algas no deseables en el cultivo.

La concentración de bacterias en el agua se puede asumir como muy baja pues la carga bacteriana de un acuífero es mínima y hubo un buen tratamiento de suelos previo al cultivo. Se aplicó carbonato de calcio en dosis de entre 25 y 75 kilos por

hectárea semanal para tratar de mantener bajo los niveles bacterianos. Durante eventos patológicos la aplicación de cal fue mayor.

El problema surgido con la concentración de amonio en las últimas semanas fue tratado con aplicaciones de zeolita de 10 Kg./ha. cada 15 días a partir de la quinta semana.

#### **4.2.1.6.- Medicaciones.**

Así como la alimentación, éstas se basaron en controles semanales hechos en el laboratorio.

Inclusiones de vitaminas, betaglucanos y nucleótidos fueron necesarias para darle resistencias a eventuales enfermedades e incrementar la tasa de crecimiento semanal.

Durante la corrida se presentó un evento de vibriosis leve simultáneamente con bacterias intracelulares que se los combatió con concentraciones relativamente bajas de Oxitetraciclina (4 Kg./ Ton.), ya que en otras camaroneras es común usar concentraciones de hasta 7 Kg./ Ton.

En el siguiente gráfico podemos apreciar los principales factores bióticos y abióticos relacionados con el crecimiento semanal del camarón.

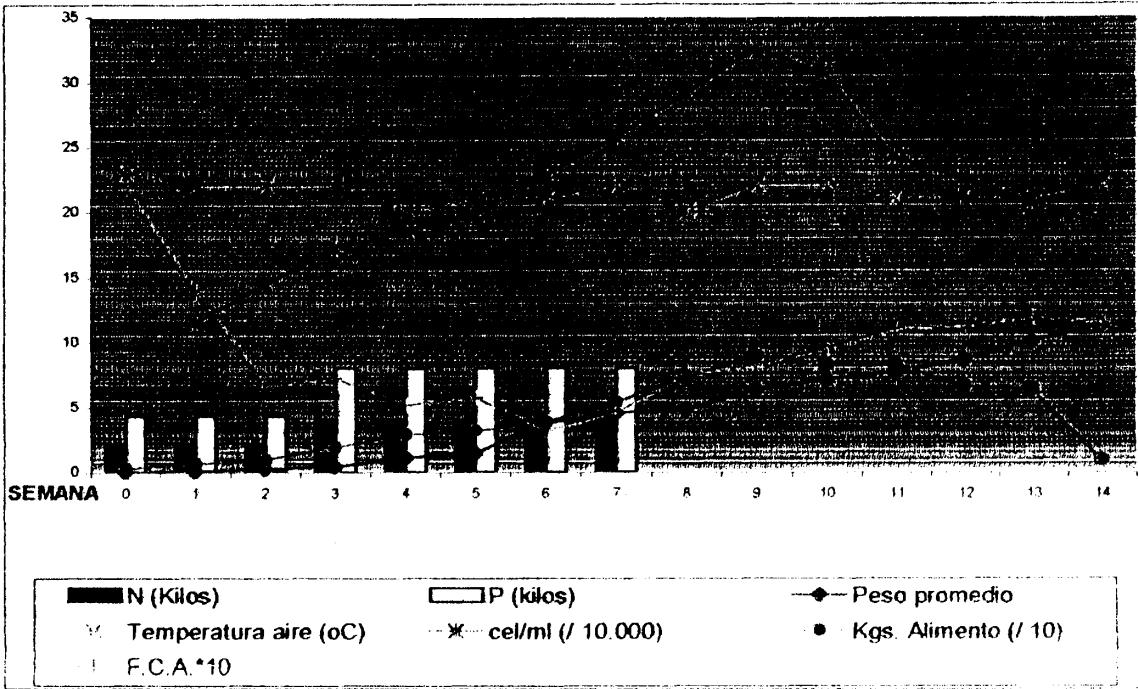


Gráfico 5: Comparación de factores abióticos en el manejo del estanque.

Analicemos el gráfico anterior:

1.-De acuerdo al gráfico, el factor de conversión alimenticia (FCA) durante las 2 primeras semanas es alto(de 1,5 a 2,5) porque las razones de alimento basadas en la biomasa son a su vez altas en las primeras semanas de cultivo, pero entre la semana 4 y 7 éste factor es bajo y estable; sin embargo de la semana 8 a la 10 existe un incremento abrupto delo F.C.A. por la mortalidad existente lo cual provocó una reducción del 37 % en la población.

2.- Los conteos de algas llegaron a su pico máximo en la semana 8 cuando la concentración llegó a 320.000 cel./ ml., de las cuales cerca de 250.000 cel./ml. eran

cianofitas; esto también influyó en el crecimiento y en la reducción de la población por la escasa dotación de oxígeno en el agua debida a la presencia de éstas algas.

3.- Esto a su vez fue producto de la razón de fertilización utilizada que en el gráfico puede notarse fue de 0,5 a 1 ya que la mitad de la dosis del Fósforo corresponde a la cantidad de Nitrógeno, por lo cual esta fue suprimida a partir de la octava semana, cuando los valores de los conteos del fitoplancton comenzaban a ser altos.

4.- Otro punto que influyó en la baja conversión alimenticia en la octava y novena semana fue el incremento en la dosis de alimento cuando la biomasa tendía a disminuir dentro del estanque. Sin embargo la totalidad del alimento en los comederos era consumido, razón por la cual la dosis establecida para esas semanas se mantuvo.

5.- Por otro lado se puede ver el efecto de la temperatura cuyo promedio durante el ciclo de cultivo era de 24 ° C, considerando todas las horas del día, esto sin duda se reflejó en el cultivo ya que el crecimiento promedio fue de alrededor de 0,75 gramos / semana.

En el anexo 5 podemos encontrar un cuadro de gastos de insumos durante la corrida.

## PROBLEMAS COMUNES PRESENTADOS EN EL CULTIVO CON AGUA

### DULCE

a.- **Insectos.**- Representan un inconveniente en las primeras etapas del cultivo y pueden reducir cierta población de las post-larvas sembradas. Pueden causar problemas especies de insectos como: *Ranatra linearis* (*Aguja de agua*), *Corixa punctata* (*Barquero menor*), *Notonecta sp* (*Nadador de espalda*), y *Nepa sp.* (*Escorpión acuático*)

Otros organismos considerados como “depredadores de larva” son crustáceos pequeños como : *Triop sp.*, *Lepidurus sp.*, *Limnadia sp.*, *Branchipus sp.*; o vertebrados como ranas, serpientes, peces y aves. No hubo mayores inconvenientes al momento de sembrar.

b.-**Mondonguillo (*rupia sp.*)**.- La presencia de mondonguillo se debe principalmente al bajo nivel de agua y escasa fertilización puesto que los rayos solares llegan directamente al fondo y causan la proliferación de éstas macrófitas que abundan en agua dulce. Durante el cultivo se dio la aparición de mondonguillo los primeros días únicamente en las orillas debido al bajo ritmo de llenado de agua.

c.-**Algas cianofitas.**- Su proliferación masiva causa bajones de oxígeno lo que influye negativamente en el animal. Es común su aparición en agua dulce porque las cianofitas son algas fijadoras de nitrógeno.



### Factores que favorecen la proliferación de cianofitas.

- 1.- Bajas relaciones nitrógeno-fósforo, en el caso del presente proyecto fue el factor que influyó principalmente en su presencia en la piscina de estudio.
- 2.- pH alcalino.
- 3.- Presencia de amonio que es consumido por éstas algas fijadoras de nitrógeno.

### Formas de combatirlas.

- 1.- Aplicación de Carbonato o Hidróxido de Calcio para floccularlas; pero da resultados parciales ya que al final lo único que se logra es el aumento del pH.
- 2.- Aplicación de alguicidas como Sulfato de cobre (< 1 mg./ Litro.), amonio cuaternario (< 3 Litros/ Hectárea) y formaldehídos, que son efectivos pues al cabo de unas horas de aplicación se obtiene una sustancial reducción del fitoplancton en el agua.
- 3.- Renovaciones continuas de agua; con el objeto de reemplazar las cianofitas por la población fitoplanctónica del reservorio.

Por lo general ésta última práctica es realizada después de la aplicación de alguicidas, obteniéndose buenos resultados.

Nota: Para disminuir el efecto directo de éstas algas sobre el sabor y olor del camarón, adicionalmente se proporciona en el alimento productos como melaza (50 ml./ Kg.), aceite de pescado (75 ml./ Kg), ajo ( 11 gr./ Kg.), entre otros.

**d.-Eventos patológicos.**- Es necesario cuidar el área aledaña de las piscinas; la presencia de gaviotas y garzas son vectores de enfermedades al trasladar los microorganismos patógenos de una piscina a otra. Dichos eventos patológicos influyeron ligeramente en la población de animales y bastaron tres días de medicación con dosis de Oxitetraciclina de 4 Kg./ ton. para eliminar dichos problemas.

**e.-Exceso de amonio.**- La concentración de amonio es un factor que se debe controlar. Como sabemos el amonio es una forma reducida de nitrógeno y su presencia se debe a condiciones anóxicas en el fondo de las piscinas.

El amonio no ionizado es tóxico para los animales acuáticos y su proporción relativa se incrementa en forma proporcional al incremento de pH a niveles alcalinos. (Boyd, 1996).

Esa es la razón por la que hay un mayor riesgo en éste tipo de cultivos el sistema es prácticamente cerrado y existe acumulación de heces, pseudoheces, alimento no consumido, algas u otros organismos muertos y putrefacción en general.

## CRONOMETRÍA DE LOS ASPECTOS MÁS IMPORTANTES EN LA PISCINA DE ENSAYO

	A				B				C						
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

**Gráfico 6: Eventualidades más importantes durante el ciclo productivo**

### Acontecimiento A.

- Se sembró la pos-larva en la piscina.
- Se bombeó 18 horas diarias.
- Hubieron problemas de mondonguillo.
- Se procedió a removerlo manualmente.

### Acontecimiento B.

- Se presentó evento patológico de bacterias intracelulares.
- Esa semana el camarón incrementó únicamente 0,32 gramos.
- Se aumentó el tiempo de bombeo de 18 horas diarias.
- Se procedió a medicar la piscina con OTC (4Kg./ Ton.)
- Se aplicó 100 Kilogramos de  $\text{CaCO}_3$ .

- Se aplicó dos dosis de Cal P-24(15Kgs./ dosis).
- No hubo evidencia de mortalidad.
- El tratamiento duró un lapso de dos semanas.

#### Acontecimiento C.

- Hubo problemas con la población de algas.
- Los niveles de oxígeno una semana antes eran aceptables cuando la concentración de cianofitas no sobrepasaba las 40.000 cel./ ml.
- Cuando éstos niveles subieron a 250.000 cel./ ml., el oxígeno disuelto en el agua bajó drásticamente en la mañana (1,2 mg./ L.); y en la tarde subió a niveles de hasta 9,7 mg./L.
- Se mantuvo el recambio de agua hasta la semana 11 cuando se comenzó a recambiar agua suavemente desde el reservorio tradicional de la camaronera con un tubo de 16 pulgadas.
- Se mantuvo alta la dosis de Carbonato e hidróxido de Calcio.
- Se consideró una mortalidad del 10 % hasta la cosecha.

## PRUEBAS REALIZADAS EN OTRAS PISCINAS

A continuación se exponen los datos técnicos de las pruebas con agua de pozo que se llevaron a cabo en otras piscinas tratando de mejorar los aspectos negativos del protocolo en la primera piscina de estudio entre ellos el tipo de fertilización.

**Tabla 9: Pruebas realizadas en otras piscinas.**

Piscina	Ha.	Siembra	Num. anim.	Densidad (ind./m <sup>2</sup> )	Cosecha	Libras	Peso promedio (grs.)	Superv. (%)	Días
									07
									08
								38.8	07

\*Piscina 11 con aireación incluida.

### Condiciones de cultivo de restantes piscinas de prueba

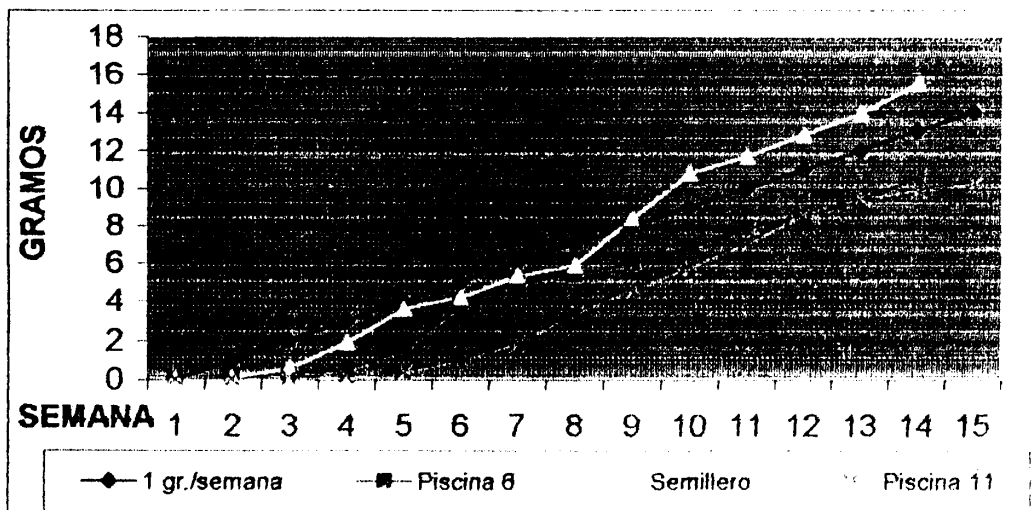
- La alimentación fue del orden del 3% de la biomasa durante toda la corrida.
- Las piscinas en lo posible no fueron medicadas preventivamente.
- La salinidad del acuífero de la piscina 11 fue de 2 partes por mil.
- La razón de fertilización fue de 2,5 a 1 en todas las piscinas, tratando de mejorar el manejo llevado anteriormente en ese sentido.
- La piscina 11 fue manejada con el uso de aireadores.
- El uso diario de la bomba fue de 20 horas para la piscina 6, 18 horas para el Semillero y 6 horas para la piscina 11 lo que ofrecía un recambio del 1,4, 2,2 y 3% respectivamente.

### Resultados

- No existieron problemas de cianofitas.
- Se observó presencia de protozoarios en branquias en todas las piscinas.
- La piscina 6 tuvo problemas de gregarinas, y de oxígeno entre las semanas 5 y 7 de cultivo.
- No hubo eventos patológicos.
- No se observó presencia de mondonguillo en el agua.
- El resto de las piscinas no fueron medicadas.
- La conversión alimenticia en las piscinas 6, 11 y semillero fueron del 1,82; 0,96 y 1,07 a 1, respectivamente.

A continuación ofrecemos el gráfico de crecimiento promedio de las tres piscinas de prueba:

Gráfico 7: Curvas de crecimiento de las otras piscinas de prueba.



Podemos observar en las curvas de crecimiento anteriores y hacer un análisis comparativo con la de crecimiento de la piscina de prueba principal; el Semillero y la Piscina 6 fueron cultivadas en época de verano por lo cual el crecimiento semanal fue muy pobre, ya que la temperatura influye bastante en el incremento de talla.

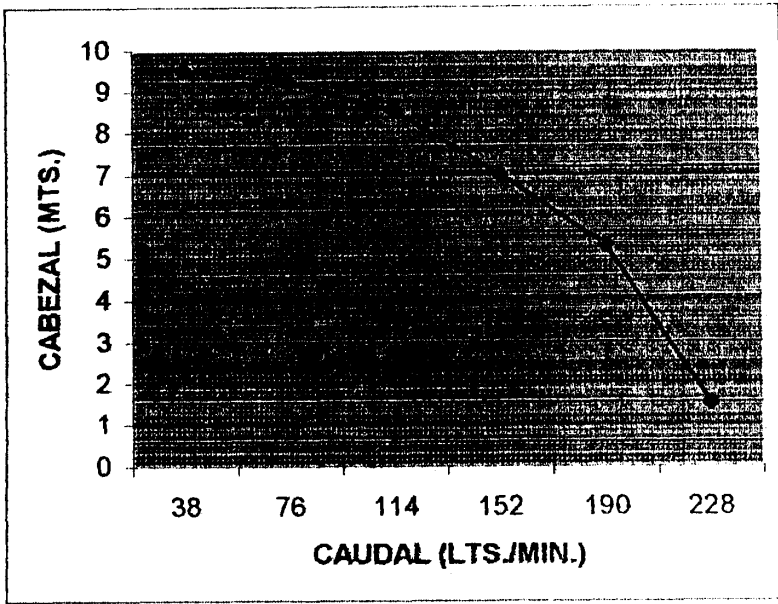
Pero en el segundo ciclo del Semillero podemos notar una mejoría en su tasa de crecimiento, no así con la piscina 11 cuya razón de crecimiento fue también baja, debido a la población que en él se manejó. En el Anexo 6 podemos apreciar una evolución de los oxígenos promedio en las piscinas de prueba.

#### **4.2.2.-Equipos adicionales. (Bomba)**

El modelo usado es HONDA 55 GX-160, de 3 Hp; el cual es relativamente sencillo pues comúnmente se la utiliza para operaciones menores como llenar el cheque de las bombas de 16 pulgadas, vaciado de estanques de poca pendiente, entre otras.

Puesto que la excavación del pozo es de 4 pulgadas, y de que el nivel freático del agua en dicha excavación no sobrepasa los 7 metros; la instalación de una bomba de 3 pulgadas es justificada. En la siguiente figura se muestra un gráfico del cabezal de la bomba.

**Gráfico 8: Rendimiento de la bomba utilizada.**



**4.3.- Análisis económico de la propuesta.**

Para éste análisis, haremos una lista de todos los costos en que se incurrió durante la realización del proyecto, y los compararemos con los ingresos netos que se obtuvieron de la cosecha, pero estaríamos estimándolos valores de un proyecto de cultivo extensivo ; éstos valores serán incrementados para saber su diferencia con un proyecto de cultivo intensivo.



#### 4.3.1.-Ingresos y costos del proyecto realizado.

##### **Ingresos.**

La producción obtenida en la piscina de ensayo (Semillero) fue de 1235 libras, equivalente a un 35,3% de supervivencia; si consideramos que 105 libras fueron de larvillas (animales de entre 7 y 9 gramos), y el precio de comercialización de ésta clase de camarón fue de \$0.5 por libra, el ingreso generado por su venta fue de \$52.50

Las restantes 1130 libras pertenecían a camarón con peso promedio de 11.8 gramos, para el cual se estableció un precio de venta de \$1.78 por libra (precio correspondiente al segundo aguaje de noviembre del 2001), por lo que el ingreso obtenido en éste caso fue de \$2011.40, y el ingreso total sería de \$2061.90

La producción en piscinas con cultivos de agua de pozo está alrededor de las 7.500 libras por hectárea si consideramos una supervivencia del 45% de la siembra de 50 ind./ m<sup>2</sup> a un peso de cosecha de 15 gramos (clasificación 31-40) lo que en términos financieros significaría un ingreso de:

$$7.500 \text{ libras} * \$ 1,85 \text{ USD} = \$ 13.875 \text{ USD.}$$

**Costos fijos.**

Por tratarse de un ensayo y considerando que la mayor parte de los materiales de laboratorio, equipos de campo y mano de obra implicados en el proyecto son parte de la camaronera es de suponer que existen pocos costos fijos que a simple vista se deberían contemplar en la realización del proyecto, pero para obtener una ganancia neta consideraremos la depreciación de todos éstos materiales y equipos, y el salario correspondiente a la cantidad de mano de obra en las hectáreas manejadas:

**Tabla 10: Cuadro de Costos Fijos del proyecto realizado.**



\* El costo real de la construcción del acuífero fue de \$1056 USD, si consideramos una vida útil de 7,5 años para el acuífero obtendremos el valor de \$ 99 USD.

El costo de la construcción y el razonamiento para obtener la vida útil de un acuífero de éste tipo lo podemos encontrar en el Anexo 7.



El valor de Costos Variables de \$ 794 USD en las 0,8 Has equivale a \$ 992,5 USD/Hectárea.

Si queremos conocer la utilidad o pérdida del proyecto realizado, debemos restar el ingreso total menos los costos fijos y los costos variables de la siguiente manera:

$$\text{Utilidad o pérdida} = 2062 - 293 - 794 = \$ 975$$

$$\text{Ingresos} - \text{C.F.} - \text{C.V.}$$

Como podemos apreciar, la utilidad obtenida a partir del proyecto es de \$ 975.

#### **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) Y VALOR PRESENTE NETO (VNA).**

Si consideramos los valores anteriores como un indicativo en cada ciclo de cultivo, de tal manera que a inicios del primer mes se desembolsen los costos fijos, a inicios del segundo mes se desembolsen los costos variables y a inicios del cuarto mes se obtengan los ingresos del ciclo de producción, la tasa interna de retorno (TIR) sería de 62,4% por ciclo sin realizar préstamos; en éste caso calculado así pues todos los costos han sido tomados como referencia para 0,8 Has.; que dividido para 4 meses de ciclo considerando también el período de descanso de la piscina sería: 15,6% mensual; por otro lado el Valor Actual Neto (VNA) considerando los mismos desembolsos e ingresos en ese período y un 0,5% de descuento mensual sería de \$893 USD. Si lo proyectamos a 1 año; obtenemos un TIR del 10,4% y un VNA de \$3651 USD. En el Anexo 9 se observa el flujo de caja utilizado para ésta estimación.

#### 4.4.- Comparación técnico-económica con los cultivos tradicionales

Veamos el siguiente cuadro en el que podemos apreciar los principales aspectos que hacen la diferencia entre los cultivos tierra-adentro y los cultivos tradicionales de camarón.

**Tabla 12: Comparación técnico-económica de los cultivos tradicionales con los cultivos tierra adentro.**

<b>CULTIVOS TIERRA-ADENTRO</b>	<b>CULTIVOS TRADICIONALES</b>
<b>Siembra</b>	<b>Siembra</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La aclimatación se la realiza en tanques con volúmenes de 15 m<sup>3</sup> y con fuerte dotación de oxígeno, ya que la cantidad de post-larvas por hectárea es también grande (&gt;400.000 PL.), y como en el caso de los raceways puede durar días ya que las salinidades de los acuíferos suelen ser muy bajas.</li> <li>• En el caso de nuestro proyecto, se utilizó un tanque de 1200 litros para aclimatar 150.000 post-larvas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La aclimatación es muy sencilla, por lo general se usan tanques de hasta 2 m<sup>3</sup> con dotación de oxígeno, pero también se utilizan fundas que contienen agua con la misma salinidad del estanque de cultivo, las que se abren al agua de la piscina para que exista intercambio de temperaturas.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las densidades de siembra son de 40 a 120 individuos por metro cuadrado. En nuestro proyecto, fueron de 14 por metro cuadrado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las densidades de siembra van de 6 a 12 individuos por metro cuadrado.</li> </ul>
<p><b>Ciclo de cultivo</b></p>	<p><b>Ciclo de cultivo</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La alimentación debe seguir un curso técnico, ya que el camarón se habitúa a comer en bandejas de alimentación (comederos) en cantidades que van de 30 a 50 por Hectárea para llevar un mejor control del alimento consumido y de animales enfermos o muertos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El alimento suministrado es aplicado al voleo en todo el ciclo; rara vez se acude al uso de comederos, los que se usan con mayor frecuencia en número de 3 a 4 por hectárea en los cuales se distribuye un 5% de la ración y funcionan como muestreadores.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por lo general no se medican las piscinas porque es poco común la presencia de enfermedades. En la piscina en estudio, si hubo la necesidad de medicar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe medicaciones preventivas y curativas con concentraciones fuertes de antibióticos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza fertilización al igual que desinfecciones con cal agrícola y/o con cal hidratada en la piscina, en los reservorios o en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza fertilización y desinfecciones con sustancias inorgánicas fuertes como yodo, amonio cuaternario, agua</li> </ul>

<p>las fases de recirculación.</p>	<p>oxigenada, entre otras.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se lleva no sólo control de los factores abióticos como oxígeno, PH y temperatura y turbidez sino conductividad, alcalinidad, amonio, nitratos, fosfatos y otros factores bióticos como los conteos de algas (cel./ml.) y concentración bacteriana en el agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se lleva control de factores abióticos como oxígeno, PH, temperatura y turbidez y factores bióticos como los conteos de algas (cel./ml.)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se lleva un control patológico y microbiológico del camarón frecuentemente (2 veces por semana) complementado con la observación en el campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se chequea al camarón en campo con frecuencia pero rara vez se realizan análisis patológicos y microbiológicos de los animales en cultivo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza aireación con potencias que van de 5 a 40 Hp / Ha. Nosotros utilizamos en una de las piscinas de prueba 10 Hp. por hectárea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se utiliza aireadores.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los recambios son del orden del 3% diario sólo para compensar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los recambios son del 3 al 10% diario dependiendo del grado de</li> </ul>

<p>pérdidas por filtración y evaporación, pero pueden ser superiores al 50% en zonas donde no se utiliza la aireación y existe una constante fuente de agua por recirculación. Nosotros no utilizamos recirculación, pero nos proveímos con agua del reservorio de las otras piscinas para los recambios en las últimas etapas del ciclo.</p>	<p>recambio que requiera la piscina, intervienen factores como el oxígeno disuelto, putrefacción en el fondo, presencia de algas cianofitas o de animales enfermos y otros.</p>
<p><b>Infraestructura y Logística</b></p>	<p><b>Infraestructura y Logística</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estanques utilizados van de 0,1 a 1 Hectárea y se prefiere forma rectangular con proporción de largo a ancho de 2 a 1.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estanques son de más de 1 Hectárea y pueden tener cualquier forma.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el llenado y recambios se usan bombas sumergibles de más de 3 pulgadas y potencias superiores a los 5 Hp., que puedan extraer el agua de los acuíferos y enviarla a los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el llenado se usan bombas centrífugas de 16 pulgadas con caballajes promedio de 12 Hp. para llevar el agua desde el canal de captación hacia el reservorio.</li> </ul>



<p>estanques.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para algunos proyectos pequeños (&gt; 10 Hectáreas se ha establecido únicamente el sistema de tal manera que sólo se envía el agua hacia la piscina directamente por medio de la bomba para luego drenarse al medio (como en el presente proyecto), pero para otros proyectos pequeños y grandes se han establecido sistemas de recirculación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los proyectos de cultivo de camarón tradicionales poseen la forma típica, es decir un canal reservorio que recibe el agua bombeada, por medio del cual se distribuye el agua hacia las piscinas que luego de usarla es vertida hacia los canales de desagüe.</li> </ul>
<p><b>Producción</b></p>	<p><b>Producción</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las supervivencias con densidades de 90 a 120 individuos por metro cuadrado son comúnmente mayores al 40% lo que determina un rendimiento superior a las 9.500 libras por hectárea a un peso de cosecha de 12 gramos. En nuestro caso fue de 1.500 libras por hectárea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las supervivencias con densidades de 10 individuos por metro cuadrado son de entre 15 y 40% lo que equivale a un rendimiento entre 400 y 1.050 libras por hectárea a un peso de cosecha de 12 gramos.</li> </ul>

## CONCLUSIONES

1.- Nuestra tesis ofreció algunas pautas sobre los principales factores que inciden en la puesta en marcha de éste tipo de proyectos, pues hemos profundizado de mejor manera los estudios que hay actualmente con respecto a éste tema.

Esto lo apoyamos con una base técnica que comenzó con la preparación de la piscina durante la cual se aplicó 12 sacos de carbonato de Calcio y con el llenado que se inició 22 días antes de la siembra. Adicionalmente el volumen de agua acumulado en la piscina fue fertilizado con una dosis fuerte de relación Nitrógeno – Fósforo de 0,5 a 1 la primera semana de llenado y dosis leves en las semanas posteriores en dos aplicaciones por semana continuando con la misma después de las siembras.

2.- No hubo problemas directos en el suelo pues a simple vista no mostraron putrefacción pero la relación de los fertilizantes provocó a la larga la proliferación de cianofitas.

El fundamento teórico de la aplicación fue un estudio de Boyd en 1996 sobre la relación de fertilizantes que decía “En las piscinas de aguas dulce, las algas azul-

verdes y otros microorganismos fijan el nitrógeno de manera que la cantidad de nitrógeno requerido no es grande debiendo evitarse el uso excesivo de nitrógeno”.

Este estudio fue complementado más tarde por otros autores que sostienen que la producción de algas está relacionada con la razón Nitrógeno- Fósforo en el agua; si ésta relación está por debajo de 10 : 1 en el agua dulce, no habrá desarrollo algal; si ésta relación está por encima de 10:1 en agua dulce y de 15 : 1 a 16: 1 en aguas estuarinas o zonas costeras, el sistema experimentará un bloom algal el cual estará dado en función del fósforo disponible en el medio (Schindler, 1978; Jaworski, 1981).

Podemos corroborar lo presente con la ausencia de éste problema en la piscina 11 que fue fertilizada con una relación Nitrógeno-fósforo de 2,5 a 1 y no tuvo de cianofitas.

3.-Si observamos el proceso de crecimiento del camarón en la piscina podremos establecer que cierta concentración de cianofitas en el agua es benéfica para dicho crecimiento; sin embargo cuando ésta llega a límites en los que provoca un déficit de oxígeno, éste disminuye, como ocurrió en la semana 7. Factores como la temperatura y la productividad primaria influyeron directamente sobre el crecimiento del camarón.

4.- La tasa de llenado de la piscina sumada a la razón de fertilización en la piscina de prueba principal provocaron también otro tipo de problemas como la aparición de mondonguillo (*rupia sp.*), que fue removido manualmente. problemas

5.- La aclimatación tuvo un relativo éxito pues al final de dicho proceso se observó una mortalidad mínima (>3 %); esto se refuerza con la segunda revisión del camarón realizada en la quinta semana que mostraba una población de 118.000 animales en la piscina equivalente a 82 % de supervivencia. Se realizaron muestreos en las primeras semanas pero únicamente sirvieron para verificar que no existiera mortalidad o signos de stress.

Estos datos se deben acotar por cuanto las mortalidades asociadas a la aclimatación suelen ser retardadas es decir se dan al cabo de una semana después de la siembra.

La razón principal de la corta aclimatación era reducirse su tiempo de ejecución basados en que manejábamos un volumen pequeño de agua. Sin embargo el hecho de tener un casi 20 % de mortalidad a la quinta semana pudo deberse a un stress tardío después de la siembra.

6.- La alimentación no representó problema alguno, pese a esto proporcionó la dosis que el animal consumía en los comederos en dos aplicaciones diarias; pero la tasa de crecimiento fue muy baja como lo pudimos observar en el gráfico # 4.

Pero otro punto que es también de gran importancia como el factor de conversión alimenticia, en especial en la semana 7 fue influido por factores como; en primer lugar el escaso crecimiento en esas semanas por los factores de stress en especial del oxígeno, en segundo lugar el aumento en la dosis de alimento dada principalmente por la demanda de los camarones sanos en los comederos y en tercer lugar por la disminución en la población de animales lo que disminuyó la cantidad de biomasa convertida en esas semanas críticas.

Si comparamos éste gráfico con el de las 3 piscinas restantes veremos ciertas diferencias; así en la piscina trabajada con aireación (Piscina 11) durante todo el ciclo la razón de crecimiento es aún menor pese a haber sido cultivada en época de invierno y esto se debe a que existe mayor biomasa trabajada, sin embargo esto no es suficiente pues muchos proyectos de cultivo intensivo tierra adentro presentan una buena razón de crecimiento, aún en época fría.

Otro punto que ratifica lo anterior es la razón de crecimiento y la supervivencia observada en la piscina 6 que fue sembrada con menor densidad de animales tuvo problemas con el crecimiento pues alcanzó los 10,6 gramos en un lapso de 99 días.

Por otro lado el comportamiento del camarón en el Semillero en su segundo ciclo de cultivo fue mucho mejor pues llegó a un peso promedio de 15,5 gramos en 97 días.

El problema común presentado en todas las piscinas de prueba fue la presencia de protozoarios en las branquias y otras estructuras corporales del animal, e incluso de gregarinas en la piscina 6, como ya se mencionó.

El problema particular en la piscina 6 fue el hecho de haber sido sembrada en el mes de octubre del 2001, época que resultó bastante negativa para los cultivos de camarón en la zona pues las supervivencias promedio en las piscinas tradicionales llegaron a ser hasta del 10% además de la bajísima tasa de recambio que se ofreció como pudimos observar en el capítulo 4.

7.- Dentro del control de los factores físico-químicos del agua se puede observar una sucesión lógica de los parámetros; y quizás los que más llaman la atención son el amonio y el PH que se incrementaron análogamente al crecimiento de las cianofitas. El amonio en particular se incrementó en la novena semana debido posiblemente al evento patológico presentado la semana anterior a esa que provocó cierto grado de stress en los animales.

8.- Uno de los aspectos que se logra mediante este ensayo es confirmar que el camarón puede ser cultivado en agua dulce. La experiencia llevada a cabo en Churute nos demuestra que el camarón sí puede adaptarse a valores extremos siempre y cuando los iones que contenga el agua se encuentren en un valor adecuado; y que sin duda la alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$  juega un papel muy importante porque los iones de calcio y magnesio intervienen directamente junto con cierta cantidad de potasio en el

metabolismo y ecdisis del organismo del animal, iones que también son importantes para mantener cierta conductividad en el agua y regular los procesos de oxidoreducción que en ella se dan.

8.- Otra variable que se debe tomar muy en cuenta en la elaboración del presente proyecto es la utilidad obtenida en la piscina que fue de \$975 USD. Tanto los costos fijos como los costos variables consideramos bien asumidos pues hemos realizado una proporción por hectárea de éstas cifras.

Como se observó la Tasa Interna de Retorno obtenida en la piscina de prueba principal fue de 15,6% mensual o 187,2% anual y como Valor Presente Neto de \$893 por ciclo, lo cual puede ser catalogado como económicamente rentable ya que la tasa mínima referencial para proyectos en el Ecuador actualmente está alrededor del 20% mensual o al 63% anual.

Sin embargo debe ser analizado el Costo- Beneficio para proyectos de mayor escala ya que el presente proyecto no es representativo por que se obvian Costos Fijos como la compra del terreno, construcción de piscinas, adquisición de aireadores y bombas centrífugas, entre otros.

Lo que en sí nos dice el resultado de la rentabilidad es que puede aprovecharse la capacidad instalada de ciertas piscinas camaroneras para realizar proyectos de cultivo con agua de pozo, siempre y cuando exista una fuente de agua y se lleve un control

técnico y sistemático de los costos y requerimientos del sistema, y como pudimos ver en el caso de la piscina II se pudo realizar un ciclo de cultivo intensivo, lo que nos da un mayor rango de acciones lo referente al manejo de densidades de siembra en piscinas usadas anteriormente para cultivos tradicionales de camarón.



## RECOMENDACIONES

Basados en el presente estudio, ofrecemos las siguientes recomendaciones:

1.-Realizar un tratamiento previo a piscinas a cultivar con el agua de pozo y que hayan sido utilizadas anteriormente para cultivos tradicionales de camarón.

De acuerdo a lo mencionado sobre los problemas de protozoarios presentados en las branquias e infestaciones por gregarinas presentados en la piscina 6, se puede acotar que si utilizamos piscinas de cultivos tradicionales para ciclos de producción con agua de pozo debemos también incluir en el tratamiento, remoción de suelos con el fin retirar la capa patógena formada en él ya que comúnmente la abundancia de éstos protozoarios suele ser el resultado de su acumulación en el sedimento.

2.- Realizar cultivos en agua dulce de 0,5 a 1,0 partes por mil de salinidad siempre y cuando exista al perfil iónico adecuado para el cultivo de camarón como lo indica la tabla 2. basados en los análisis completos de sales disueltas y de metales pesados.

3.-La relación Nitrógeno - Fósforo en agua dulce deberá ser mayor de 2,5 a 1 ; en las piscinas de prueba secundarias tuvimos buenos resultados con ésta relación.

4.- Los proyectos con agua de pozo con densidades de siembra mayores de 20 individuos por metro cuadrado deben manejarse mediante el uso de aireadores, con el caballaje dado por el gráfico 1.

5.- Realizar estudios de manejo técnico-económico de cultivos tierra adentro para piscinas de más de 1 hectárea por ser muy poco utilizadas para éste efecto.

6.-Realizar los manejos de los ciclos de cultivos con protocolos orgánicos que permitan mantener la vida útil de los proyectos acuícolas tierra-adentro en el largo plazo.

7.-Adaptar a éstos cultivos, sistemas de recirculación para reducir los costos de bombeo y de evitar la sobreexplotación de acuíferos que son necesarios en muchas ocasiones para el consumo humano.

## BIBLIOGRAFÍA

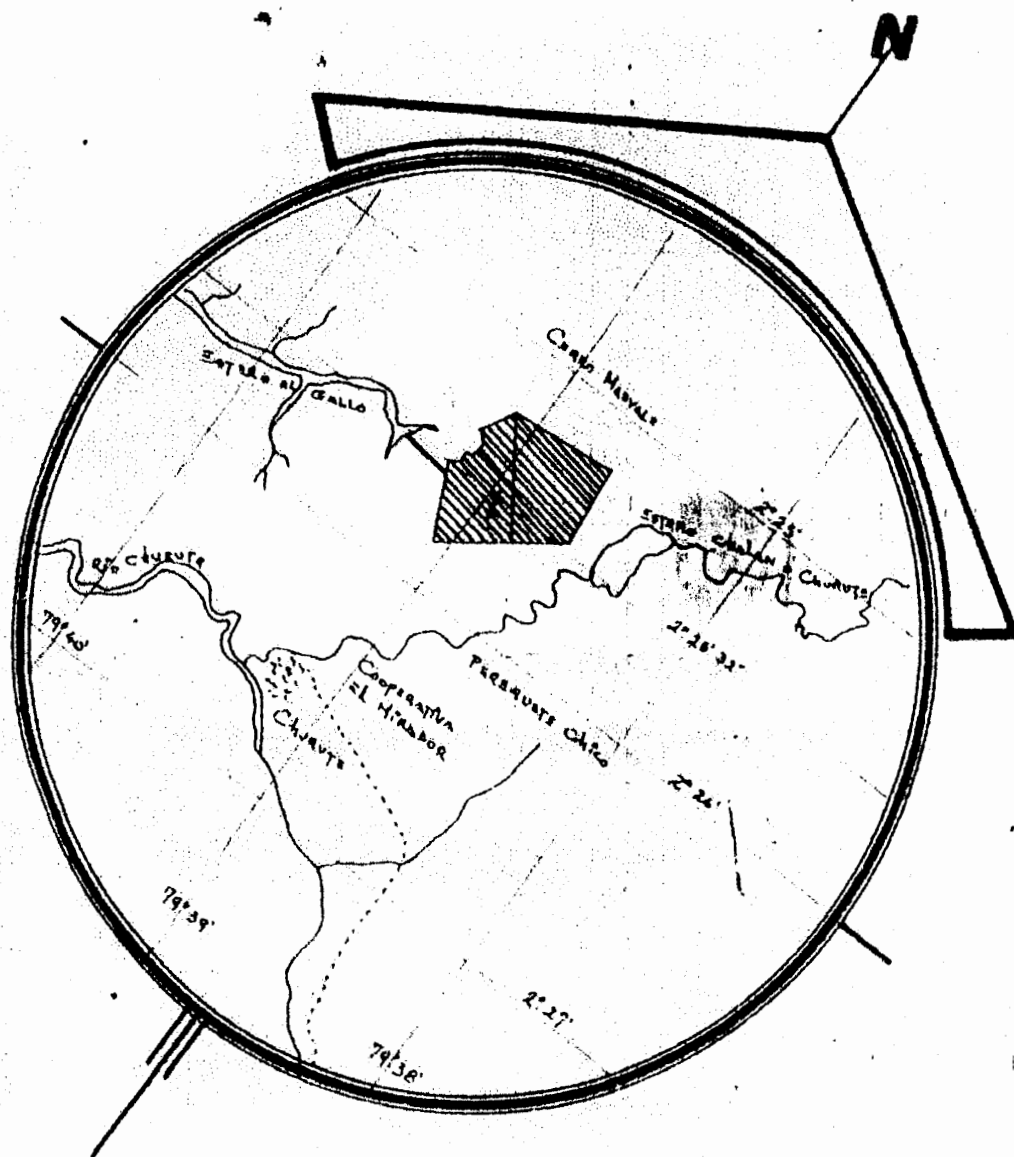
- BAÑOS, Guillermo. Construcción de estanques para el cultivo de especies bioacuáticas, 1994. pp: 104-106
- BARDACH, J. E.; RYTHER J.E. y Mc LARNEY W.O. The farming and husbandry of freshwater and Marine organisms. 5 pp.
- BOYD C. "Water quality in ponds for Aquaculture". Alabama agriculture experiment station, 1999.
- COLL MORALES "Acuicultura Marina Animal" Ediciones Mundiprensa, 1983
- CHÁVEZ NEGRETE Luis Fernando. TESIS DE GRADO "Estudios preliminares sobre la osmolaridad de la hemolinfa en el camarón marino *Penaeus vannamei*", 1989. pp: 37-44
- FAO."Desarrollo de la Acuicultura en Cuba. Manejo de Estaciones y Pesquerías en aguas interiores", 1989.
- HILLEBOE, H. "Manual de tratamiento de aguas". Departamento De Sanidad Del Estado De Nueva York, Albany, 1992.
- JACKSON, A.J. Osmotic Regulation in rainbow trout following transfer to sea water, 1984.
- LINSLEY Ray K., FRANZINI Joseph B. Ingeniería de los recursos hidráulicos. Tercera Edición en ingles, 1984. pp: 101-145

- **METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales / (Volumen 1) Tratamiento, vertido y reutilización, 1995. pp: 95-103**
- **NALCO Manual del agua. Su Naturaleza, Tratamiento y Aplicaciones, TOMO I. (Capítulo 2), 1989. pp: 11-15**
- **PANNIKAR, N.K. Osmotic behaviur of shrimps and Prawns in relation to their biology and culture. FAO, 1968. pp: 535-538**
- **PEARSE, A.S.; GUNTER, G. treatise on Marine Ecology and Paleocology, Vol.1; Chapter 7. pp: 130-158**
- **REVISTA AQUATIC RESEARCH; Verano 2001.**
- **REVISTA DE LA CÁMARA NACIONAL DE ACUACULTURA; ejemplares 43, 44 y 45, año 2001.**
- **RIVERA, G. Análisis del cultivo de camarón tierra adentro en el Ecuador. Artículo, Revista Panorama Acuícola, año 2001.**
- **ROGGIERO AVILES NATALIA. Tesis de Grado "Estudios preliminares sobre la concentración iónica del camarón marino *P. vannamei*"; ESPOL, 1989. pp: 12-44**
- **SCARPA, J., S.E.ALLEN, D.E. VAUGHAN. "Freshwater Culture of the Marine Shrimp *Penaeus vannamei*". Aquaculture America; 1999. pp: 99-169**
- **VAN WYK P. Documento "Aclimating shrimp to low salinity water"; Harbor Branch Oceanographic Institution, 2001. 2 pp.**
- **VAN WYK P., SCARPA J. "Water Quality requeriments and Management in Farming Marina Shrimps in Recirculating Freshwater Systems", 1991.**

- **WHEATON W. Fredrich. Diseño y Construcción de sistemas, 1982.**

# **ANEXOS**

Anexo 1: Ubicación geográfica de la camaronera Paraíso.



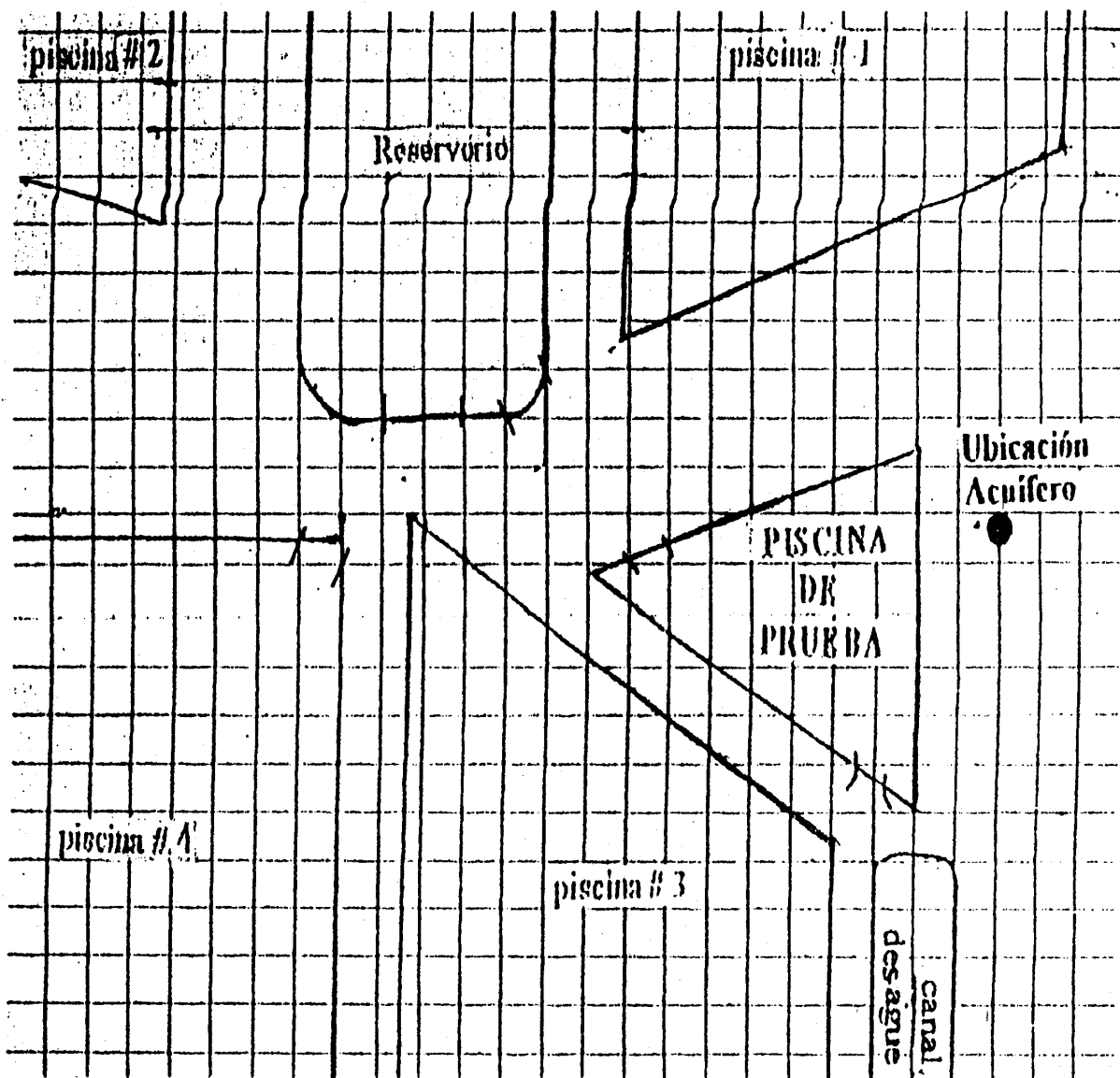
**UBICACION**

ESC 1:50.000





Anexo 3: Planos de la zona de construcción.



<i>Semana</i>	<i>Supervivencia (%)</i>	<i>Población</i>	<i>Peso promedio (grs)</i>	<i>Biomasa (lbs)</i>	<i>Alimen. Semanal (lbs)</i>	<i>Alimen. Acum. (lbs)</i>	<i>Conv. sem.</i>	<i>Conv. Acum.</i>
1	100	144000	0,01	3,2	7	7		2,19
2	95	136800	0,05	15,1	14	21	1,18	1,39
3	90	129600	0,22	62,8	21	42	0,44	0,67
4	85	122400	0,43	115,9	42	84	0,79	0,72
5	82	118080	1,1	286,1	63	147	0,37	0,51
6	82	118080	1,45	377,1	70	217	0,77	0,58
7	80	115200	3,75	951,5	84	301	0,15	0,32
8	65	93600	4,53	933,9	119	420	-6,76	0,45
9	50	72000	4,85	769,2	161	581	-0,98	0,76
10	47,2	67968	6,35	950,7	196	777	1,08	0,82
11	45	64800	7,12	1016,2	182	959	2,78	0,94
12	42,6	61344	7,69	1039,1	182	1141	7,95	1,10
13	42	60480	8,62	1148,3	147	1288	1,35	1,12
14	37,7	54288	10,05	1201,7	140	1428	2,62	1,19
15	35,3	50592	11,28	1257	20	1448	0,36	1,15

Anexo 4: Cuadro de conversión alimenticia de la piscina de ensayo

**Anexo 5: Cuadro de gastos de insumo de la piscina Semillero**

<b>Semana</b>	<b>Carbonato de Ca (kgs.)</b>	<b>Hidróxido de Ca. (kgs.)</b>	<b>Super Fof.Trip. (kgs.)</b>	<b>Nitrato de amonio (kgs.)</b>	<b>Zeolita (kgs.)</b>	<b>Sulfato de Cobre (kgs.)</b>
-3	682	---	16	8	---	---
-2	---	---	---	---	---	---
-1	---	---	---	---	---	---
0	40	10	4,3	2,1	---	---
1	40	10	4,3	2,1	---	---
2	40	10	4,3	2,1	---	---
3	40	15	8	4	---	---
4	40	15	8	4	---	---
5	40	20	8	4	10	---
6	40	15	8	4	---	---
7	40	15	8	4	10	---
8	100	30	---	---	---	---
9	100	30	---	---	10	---
10	40	25	---	---	---	---
11	40	25	---	---	10	---
12	50	30	---	---	---	---
13	50	30	---	---	10	---
14	50	20	---	---	---	4
15	---	---	---	---	---	---
<b>Total</b>	<b>750</b>	<b>300</b>	<b>52,8</b>	<b>26,4</b>	<b>45</b>	<b>4</b>

**Anexo 6: Evolución de los valores de Oxígeno en las otras piscinas de prueba.**

<i>Piscina</i>	<i>6</i>		<i>Semillero</i>		<i>11</i>	
<b>Semana</b>	<b>AM</b>	<b>PM</b>	<b>AM</b>	<b>PM</b>	<b>AM</b>	<b>PM</b>
0	6,3	7,8	5,7	5,8	6,1	6,7
1	5,5	7,4	5,4	6,6	5,4	6
2	5	5,7	5	6,5	5,1	6
3	4,3	5,8	4,3	5,6	4	5,7
4	4,5	6,6	4,2	5,9	3,5	4,8
5	4,2	6,5	4,5	5,4	3,1	4,5
6	4	5,6	3,8	4,9	2,5	4,3
7	4,2	5,9	3,5	5,1	2	4,3
8	3,6	5,6	3,7	5,9	2,3	4,8
9	4	5,5	2,9	5,8	2,3	4,3
10	4,3	6	3,1	5,1	2,1	4,5
11	3,9	7,6	3,4	5,3	2	4,5
12	4,8	5,6	2,9	4,4	2,6	3,8
13	4,2	5,6	2,6	3,8	2,1	4
14					1,9	3,6

**ANEXO 7**

**Anexo 7.a: Cotización de la perforación de pozos**

Concepto	Valor individual	Cantidad.	Valor total.
Mano de obra	\$3,6 USD/ metro(5pgds) persona	57 metros 5 personas	\$1026 USD
Tuberías	\$12 USD/ 6 metros	10 tubos	\$ 120 USD
Relleno (Piedra chispa de ¼)	\$9 USD/ metro cúbico	4 m <sup>3</sup>	\$ 36 USD
<b>Total</b>			<b>\$1182 USD</b>

Nota: Se consideran 10 tubos de 150 libras de presión para los 57 metros de profundidad hasta la toma de agua (nivel freático). Los 4 metros cúbicos son el cálculo del relleno externo entre la tubería y la perforación. La perforación considerada en ésta cotización es de tipo manual y estimada para cubrir 2 Hectáreas de espejo de agua. El diseño del acuífero está realizado para cubrir una Hectárea.

**Anexo 7.b: Razonamiento usado para establecer la vida útil de un acuífero con excavación de 5 pulgadas**

La vida útil de acuíferos con caudales promedio de 3.000 Galones por día que es el equivalente del consumo de 60 personas se ha establecido en 40 años.

Si nos basamos en el presente proyecto con un consumo de 11 millones de Litros en consumo durante 90 días (Anexo 4). El flujo diario sería de 122.222 Litros o 30.555 Galones/ día.

Entonces si hacemos una relación inversa obtendremos:

Glns./ día	Vida útil (años)
3.500	40
30.555	X

$X = \frac{3000 * 40}{30555} = 3,93 = 4$  años. Vida útil del acuífero para uso en el cultivo de camarón.

Si dividimos el costo de construcción del acuífero de \$ 1182 para 12 ciclos de vida útil obtendríamos el costo fijo real de construcción por corrida que sería de \$ 98,5 USD.

Anexo 8:

Lista de precios internacionales y locales estimada y recomendada de camarón

**CAMARÓN CON CABEZA**

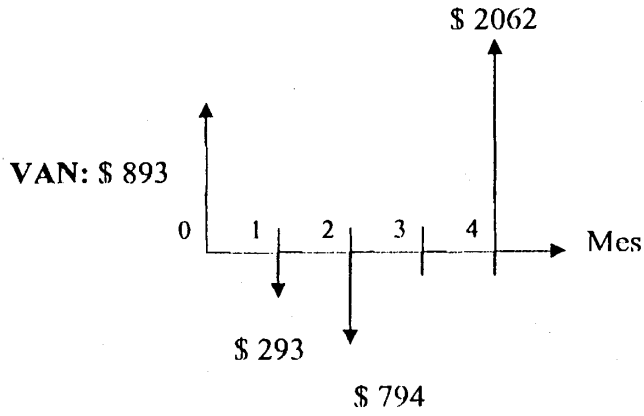
<b>TALLA</b>	<b>RANGO PRECIOS USO LOCAL</b>	
	<b>USD. por kilo 2003/02/13 ( 2003/02/13)</b>	
40-50	5,06	4,86
50-60	4,62	4,42
60-70	3,96	3,76
70-80	3,07	2,88
80-110	2,42	2,22
110-130	2,20	2,00
130-150	ND	

**CAMARÓN EN COLA**

<b>TALLAS</b>	<b>RANGO PRECIOS USO LOCAL</b>	
	<b>USD. por Libra 2003/02/13 ( 2003/02/13)</b>	
U 10	10,40	10,50
U 12	9,00	8,80
U 15	8,60	8,40
16-20	6,70	6,50
21-25	4,65	4,45
26-30	3,90	3,70
31-35	3,40	3,20
36-40	2,85	2,65
41-50	2,45	2,25
51-60	2,00	1,80
61-70	1,70	1,50
71-80	1,50	1,30
81-90	1,50	1,30
91-110	1,25	1,05
111-130	1,10	0,90
131-150	1,05	0,85

Anexo 9:

9.a.- Flujo de Caja del Proyecto realizado.



TIR: 62,4%

9.b.- Flujo de Caja proyectado a 1 año.

