PROGRAMA ACUICULTURA Y MEDIO AMBIENTE

Nutrición

Los proyectos programados para el año 2000 fueron planteados para:

1. Establecer prácticas de manejo dirigidas a optimizar el suministro del alimento balanceado en piscinas camaroneras mediante el estudio del efecto que tienen el ciclo de muda, el ritmo circadiano y la edad y/o peso del camarón sobre la actividad de las enzimas digestivas.
2. Determinar el efecto de la salinidad sobre la producción de camarón y evaluar si mediante un ajuste del balance proteína/energía se puede lograr sostener la misma tasa de crecimiento del camarón independientemente del nivel de salinidad.
3. Evaluar la digestibilidad de algunas fuentes de carbohidratos, que podrían ser usados en la alimentación de camarones, y estimar la posible interacción entre los niveles de carbohidratos y proteínas sobre la digestibilidad de la dieta.

Para cumplir con este plan de investigación se desarrollaron los proyectos descritos a continuación.

Resumen de Conclusiones

1 Se observó en los acuarios una sincronización de la muda de los camarones con las fases lunares. La aplicación de esta relación a nivel de producción comercial es diversa, uno de estos beneficios permitiría al productor planificar el momento más apropiado para cosechar las piscinas, obteniéndose un producto de mejor calidad y por ende más rentable. Además puede ayudar a simplificar y optimizar el suministro de alimento, con el consiguiente ahorro que implica el no proporcionar nutrientes en estadíos de muda donde el consumo por parte del camarón es menor.

2 Las actividades de las enzimas digestivas mostraron estar relacionadas con el ciclo de muda y determinaron que el grado de expresión depende del estadío en que se encuentre el camarón. Además se observaron dos picos de actividad máxima, el primero considerado como una respuesta del camarón al estímulo del alimento, y el segundo atribuido principalmente a una estimulación endocrina para la síntesis de enzimas digestivas. El conocimiento de cuál enzima se expresa en mayor actividad sirve de referencia para elegir el tipo y fuente de nutrientes requeridos para la elaboración de una determinada dieta.

3 Con base en los resultados obtenidos se recomienda alimentar en mayor proporción a las 12h00 que es cuando se produce la mayor ingestión del alimento, seguida por la mayor actividad de las 3 enzimas digestivas estudiadas. Considerando el segundo pico enzimático sería conveniente alimentar a las 24h00.

4. Los juveniles tuvieron una mayor biomasa en salinidad de 5 ups y un menor desarrollo a 45 ups, probablemente debido a aspectos fisiológicos propios de la especie y/o por la presencia de IHHNV, factores que pudieron haber afectado la supervivencia. Además salinidades de 5 y 15 ups inciden favorablemente en una mejor digestibilidad de la proteína y por lo tanto una mayor asimilación de los alimentos con el consiguiente incremento de los niveles de producción en comparación con salinidades de 35 y 45 ups.

5. De las fuentes de carbohidratos evaluadas, la harina gelatinizada de plátano (PG) y el almidón de yuca fueron las más digestibles. Sin embargo, al usar la PG en dietas con 20 y 30% de proteína en niveles de inclusión superiores a 30%, se observó un efecto negativo sobre la digestibilidad de la proteína. El nivel de inclusión de PG tuvo un efecto negativo sobre la digestibilidad aparente de carbohidratos, ya que esta fue inversamente correlacionada con el nivel de inclusión en el rango de 20 – 45% cuando las dietas contenían 30% de proteína.

Proyectos Realizados y Resultados Relevantes

Optimización del suministro de alimento

Primer ensayo: Efecto del ritmo circadiano y ciclo de muda sobre la actividad de las enzimas digestivas, la tasa de ingestión y el crecimiento del camarón.

La alimentación en granjas camaroneras está basada en su mayoría en tablas de alimentación para calcular de la ración diaria, pero estas tablas no consideran ni los hábitos naturales de alimentación ni el estado fisiológico por el que atraviesa el camarón. Con base en esto, el presente trabajo evaluó el efecto que tienen el ritmo circadiano y el ciclo de muda sobre la actividad enzimática y su relación con el crecimiento y conversión alimenticia.

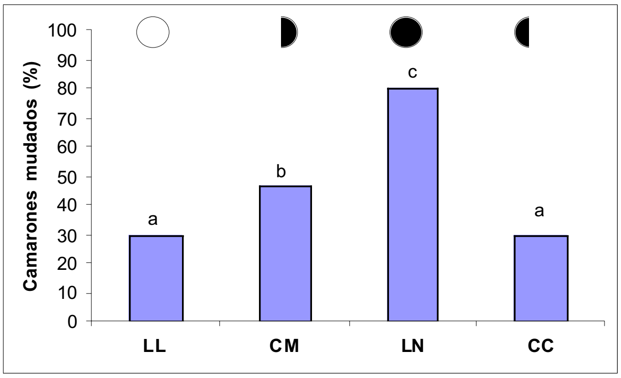

Figura 1. Camarones que mudan por fase de luna. Luna llena (LL); Cuarto menguante (CM); Luna nueva (LN); Cuarto creciente (CC).

Resultados Relevantes

Los resultados en acuarios muestran una sincronización de la muda con el ciclo lunar, encontrándose en cuarto menguante aproximadamente el 50% de la población de camarones mudados, alcanzando el pico máximo en luna nueva (80%) que corresponden a los primeros 5 días de marea baja y alta (Figura 1).

Las mayores actividades específicas de las enzimas amilasa y lipasa se presentaron en los estadíos de muda Do y D2, y la menor en D3 durante el ciclo de muda (Figura 2). Mientras que para proteasas en los estadíos B, C y Do se encontró la mayor actividad (Figura 3), coincidiendo con la etapa donde el camarón consume 18% más alimento.

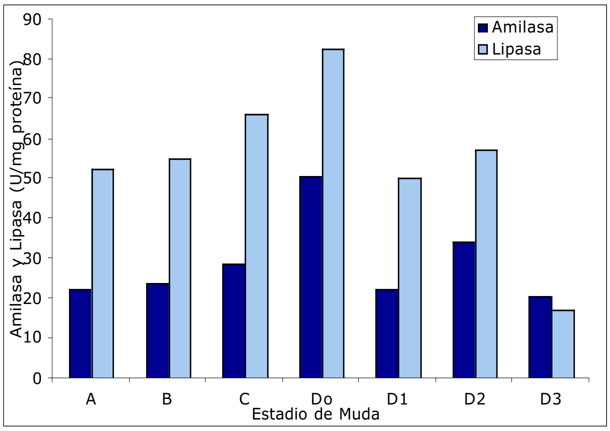

Figura 2. Actividades específicas de lipasa y amilasa por estadío de muda en (A= post-muda temprana y B= post-muda tardía; C= intermuda; Do y D1= premuda temprana; D2 y D3= premuda tardía)

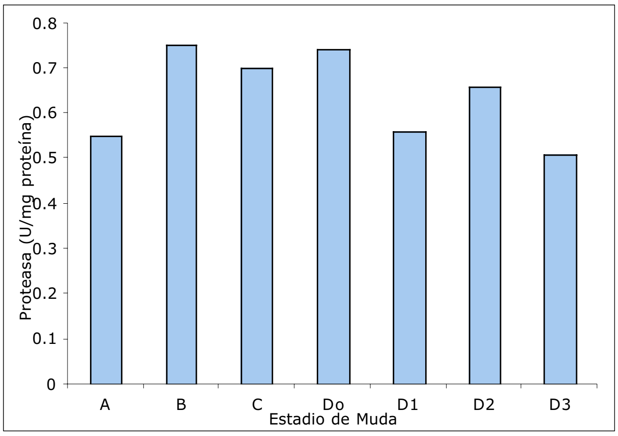

Figura 3. Actividades específicas de proteasa por estadío de muda en (A= post-muda temprana y B= post-muda tardía; C= intermuda; Do y D1= premuda temprana; D2 y D3= premuda tardía)

El horario de alimentación (08h00-16h00, 10h00-18h00, 12h00-20h00 y 14h00-22h00) afectó la magnitud y aparición de los picos enzimáticos. Los camarones alimentados a las 12h00-20h00 produjeron la mayor actividad específica de proteasa, amilasa y lipasa, con un pico máximo a las 14h00 y un segundo de menor intensidad a las 02h00. En camarones alimentados 2 veces al día, no se encontraron diferencias en términos de biomasa ganada entre las 3 raciones alimenticias evaluadas (tabla de alimentación, 6% de la biomasa y de acuerdo al estadío de muda), en tanto que sí se observó una mayor biomasa en los camarones alimentados en el horario de 12h00-20h00. (Tabla 1)

La supervivencia aumentó a medida que el alimento fue ofrecido en raciones acordes al ciclo de muda y al horario de alimentación. Así también las mejores tasas de conversión alimenticia y de eficiencia proteica fueron obtenidas por el grupo de camarones alimentados en función del estadío de muda y en el horario de 12h00-20h00 (Tabla 2).

Una estrategia de alimentación adecuada a los hábitos naturales de alimentación de la especie en cultivo, y al ciclo de muda, permitirá maximizar la eficiencia de utilización del alimento, reducir los excesos de alimentos no consumidos, disminuir el tiempo de exposición del alimento al agua evitando así la consiguiente pérdida de nutrientes por lixiviación y estabilidad física del balanceado.

Segundo ensayo: Estudio de la actividad de las enzimas digestivas en función del tamaño corporal y la preferencia alimenticia.

Un régimen de alimentación efectivo debe considerar cómo los organismos usan los diferentes componentes de la dieta, más aún si los sistemas de cultivo tienden a intensificarse, requiriendo consecuentemente de un máximo aprovechamiento de los alimentos. Una pérdida neta de nutrientes originada por una excesiva alimentación representa una pérdida económica para el acuicultor y una amenaza potencial de deterioro ambiental.

Con el fin de determinar cambios en la actividad de las enzimas digestivas, la intensidad y preferencia alimenticia durante el día, se realizaron muestreos a las 08h00, 12h00, 16h00 y 20h00 horas, seleccionando en cada horario 10 camarones en estadío de premuda temprana (Do) para análisis enzimático y de contenido estomacal.

En base a los datos obtenidos, se determinó que entre las 12h00 y 16h00 se produce el mayor consumo de alimento artificial y secreción de enzimas digestivas, respectivamente. Por lo cual se optó por realizar los futuros muestreos a las 14h00 y también por que coincide con lo encontrado en un estudio anterior desarrollado en acuarios. (Este proyecto esta siendo desarrollado por un estudiante de Maestría.)

Efecto de la salinidad y balances proteína/energía en la supervivencia y crecimiento del camarón y en la digestibilidad

Las variaciones de salinidad a la que está sometida la especie, debido a la ubicación geográfica de las camaroneras, las épocas del año y algunos fenómenos climáticos, pueden provocar diferentes respuestas metabólicas y por lo tanto diversas necesidades alimenticias. El conocimiento de los requerimientos nutricionales de los camarones en las diferentes condiciones medioambientales y etapas de desarrollo para poder formular dietas que proporcionen un óptimo crecimiento es crítico.

Tabla 1. Valores promedio (± error estándar) obtenidos después de 8 semanas de alimentación a juveniles *L. vannamei*.

Determinaciones	Tabla de alimentación	6% Biomasa	Ciclo de Muda
Peso promedio inicial (g)	1,6±0,0a	1,6±0,0a	1,63±0,03a
Peso promedio final (g)	5,8±0,3a	5,0±0,3b	5,0±0,2b
Biomasa final (g)	34,1±2,0a	32,1±2,3a	33,0±1,6a
Supervivencia (%)	75,0±5,3a	81,3±5,3a	82,8±2,3a
Factor de conversión alimenticia	2,1±0,1a	2,5±0,2a	1,2±0,1b
Tasa de Eficiencia proteica	0,8±0,0a	1,2 ±0,0b	1,7±0,0c

Valores con letras iguales en una misma fila no son diferentes estadísticamente (p≥0,05).

Tabla 2. Valores promedio (± error estándar) obtenidos después de 8 semanas de alimentación a juveniles *L. vannamei*.

	Horario de Alimentación			
Determinaciones	**08h00 y 16h00**	**10h00 y 18h00**	**12h00 y 20h00**	**14h00 y 22h00**
Peso promedio inicial (g)	1,1±0,0a	1,1±0,0a	1,1±0,0a	1,0±0,0a
Peso promedio final (g)	6,0±0,2a	6,0±0,3a	6,4±0,2a	6,3±0,3a
Biomasa final (g)	46,8±1,5a	46,8±1,6a	58,2±2,0b	47,6±2,5a
Supervivencia (%)	79,6±5,3a	87,0±3,4a	92,6±5,5a	83,3±4,8a
Factor de conversión alimenticia	2,1±0,2ab	2,2±0,1a	1,9±0,0bc	2,4±0,1a
Tasa de eficiencia proteica	1,2±0,1a	1,1 ±0,0a	1,3±0,0b	1,1±0,1a

Valores con letras iguales en una misma fila no son diferentes estadísticamente (p≥0,05).

En este estudio se evaluó el efecto que tienen 5 diferentes balances proteína/energía (P/E) en 5 niveles de salinidad (5, 15, 25, 35 y 45 ups) sobre el crecimiento, supervivencia y digestibilidad de proteína y materia seca. Las dietas fueron:

Dieta A= 22.6% proteína; 62,1 mg de proteína/kcal

Dieta B= 25.7% proteína, 67,8 mg de proteína/kcal

Dieta C= 33.6% proteína, 79,5 mg de proteína/kcal

Dieta D=40.9% proteína, 88,1 mg de proteína/kcal

Dieta E= 42.4% proteína, 89,6 mg de proteína/kcal

Es importante mencionar que a partir de la cuarta semana se presentó un incremento constante del número de animales muertos, razón por la cual se concluyó el bioensayo a la sexta semana. El análisis por PCR (Polimerase Chain Reaction) demostró la presencia del IHHNV y la ausencia del WSSV (enfermedad que tuvo su repunte en el sector camaronero durante los meses en los que se realizó el experimento). Por lo tanto los resultados que se presentan a continuación reflejan no solo el tratamiento experimental sino el efecto que pudo causar el IHHNV.

Tabla 3. Efecto de la salinidad en el rendimiento de juveniles *L. vannamei*.

Salinidad (ups)	Peso ganado (g) [1]	Biomasa ganada (g)[1]	Supervivencia (%)[1]
5	4,4 ± 1,2 a	20,4 ± 5,9 a	94,0 ± 9,7 a
15	3,8 ± 1,4 a	13,9 ± 5,2 b	76,0 ± 15,8 b
25	4,0 ± 0,4 a	15,9 ± 1,8 ab	80,0 ± 16,3 ab
35	3,6 ± 0,6 a	12,0 ± 1,6 b	68,0 ± 19,3 bc
45	2,1 ± 0,9 b	6,3 ± 2,6 c	52,0 ± 27,0 c

[1] Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p≥0,05)

Resultados Relevantes

Independientemente del balance P/E usado, un menor crecimiento en 45 ups fue obtenido en comparación con los niveles de salinidad inferiores (5 a 35 ups). La biomasa alcanzada fue superior en el menor nivel de salinidad (5 ups), mientras que en los niveles intermedios (15, 25 y 35 ups) no existió diferencias, disminuyendo marcadamente en 45 ups (Tabla 3). Resultados similares también han sido encontrados por otros autores, quienes señalan que un mejor crecimiento es obtenido en salinidades bajas en la línea de *L. vannamei* originaria de Ecuador, a diferencia de otras como la de origen mexicano, que parece tener un mejor crecimiento en salinidades altas. No se encontró una interacción entre las salinidades y los balances proteína/energía.

No se observó un efecto del balance P/E en la supervivencia final así como tampoco fue detectada una interacción entre salinidades y dietas. Sólo la salinidad tuvo un efecto negativo sobre la supervivencia ya que esta fue inversamente correlacionada con esta en el rango de 5 – 45 ups, independientemente de la dieta empleada. La supervivencia más baja se encontró a 45 ups y fue diferente de las otras salinidades (Tabla 3). Aunque el IHHNV está más asociado con deformaciones y disminución del crecimiento que con la supervivencia, tal vez su presencia junto con el mayor desgaste energético causado por las altas salinidades afectó la sobrevivencia.

Los resultados de digestibilidad no mostraron interacción entre las dietas suministradas y los niveles de salinidad. La dieta E obtuvo una digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) superior (72,2%) a las otras 4 dietas. La digestibilidad aparente de la proteína (DAP) aumentó con el incremento del balance P/E en las dietas y disminuyó a medida que la salinidad se elevó. Las valores más altos de DAP fueron encontrados a 5 y 15 ups.

La presencia de IHHNV en los camarones usados en este experimento pudo haber incidido en la respuesta final de crecimiento frente a los balances P/E evaluados para cada salinidad, por la depresión que provoca en el crecimiento y la consiguiente variabilidad en tallas.

Los resultados de biomasa sugieren que el desarrollo del *L. vannamei* está relacionado con aspectos fisiológicos que determinan un mejor desempeño de esta especie entre 5 y 35 ups. Por otro lado, al tratar de determinar el balance P/E más adecuado se puede sugerir el uso de un nivel de proteína inferior, ya que no se encontró mejorías al usar niveles de inclusión altos en aguas hipersalinas. Por otra parte en las salinidades intermedias no existió mayores diferencias entre las dietas, y finalmente el alto nivel de proteína requerido en 5 ups, podría ser proporcionado por la abundante productividad primaria encontrada en aguas estuarinas.

Fuentes de carbohidratos no tradicionales y su efecto en la digestibilidad

Hasta la fecha los alimentos para organismos acuáticos han sido generalmente evaluados en términos de crecimiento y de composición corporal de los animales, confiriendo poca atención a la digestibilidad de los ingredientes o de las dietas compuestas y mucho menos a las posibles interacciones que pueden darse entre niveles de nutrientes presentes en la dieta. De ahí que este proyecto de investigación evaluó el efecto que puede tener la fuente y el nivel de carbohidratos sobre la digestibilidad de dietas con 2 niveles de proteína.

Resultados Relevantes

Experimento 1

La harina de banana verde (B), harina de banana verde gelatinizada (BG), harina de plátano verde (P), harina de plátano verde gelatinizada (PG), almidón de yuca (Y) y almidón de yuca gelatinizado (YG) fueron evaluadas como fuentes de carbohidratos e incluidas en un nivel de 35 % en dietas isoproteícas (30%) e isolipídicas (7%).

<u>Digestibilidad de proteína(DAP)</u>

Los resultados de DAP no mostraron diferencias entre cada una de las dietas con las diferentes fuentes de carbohidratos ensayados. La DAP estuvo por encima del 70%, obteniendo el mayor valor la PG (76,42 %), en tanto que YG presentó la más baja (70,26%).

<u>Digestibilidad de carbohidratos (DAC)</u>

Los datos de digestibilidad *in vivo* muestran que las fuentes de carbohidratos tratados térmicamente (gelatinizados) fueron más digestibles que las dietas con carbohidratos nativos (crudos).

En este estudio la dieta con harina de banana cruda dió la más pobre DAC (45,25 %) pero al ser gelatinizada incrementó su digestibilidad en un 62% alcanzando un nivel que no fue diferente de los presentados por la harina de plátano crudo y el almidón de yuca crudo. La YG fue la más digestible por ser 100% almidón a diferencia de las otras fuentes de carbohidratos que contenían alrededor de 70% de almidón. Debido a que el plátano gelatinizado (PG) y YG fueron más digestibles que los otros cinco tratamientos y que la YG ya había sido evaluada anteriormente (informe de 1999) se optó por usar PG para los siguientes estudios.

Experimento 2

<u>Digestibilidad de proteína</u>

Al final de los 15 días de alimentación con los 6 niveles de harina de plátano gelatinizado (PG) incluidas en dietas con 20% y 30% de proteína, se observó que al incrementar por sobre 30% la PG en la dieta, la DAP decreció (Figura 4).

<u>Digestibilidad de carbohidratos</u>

El nivel de inclusión de PG tuvo un efecto negativo sobre la DAC, ya que esta fue inversamente correlacionada con el nivel de inclusión en el rango de 20 – 45% cuando las dietas contenían 30% de proteína y 7% de lípidos (Figura 5).

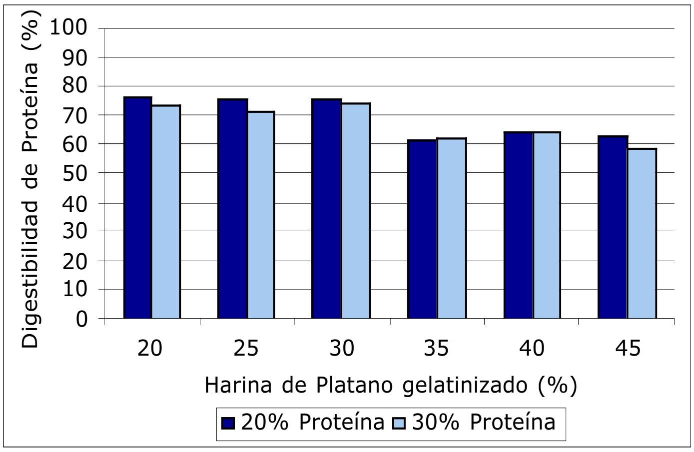

Figura 4. Digestibilidad aparente de proteína reportadas para los 6 niveles de inclusión de harina de plátano gelatinizado en dietas con 20% y 30% de proteína.

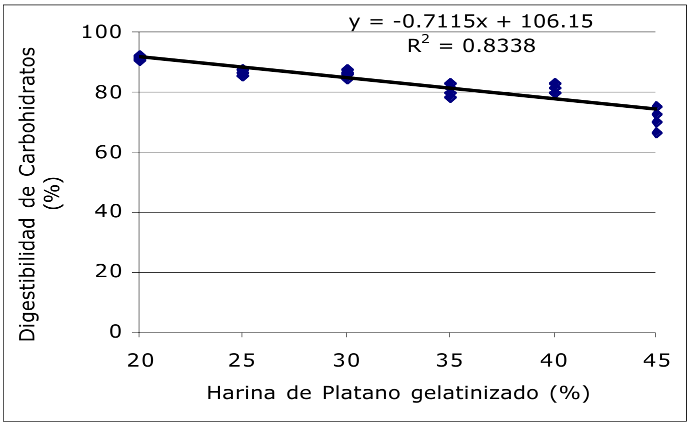

Figura 5. Digestibilidad aparente de carbohidratos reportado por el *L. vannamei* en el rango de inclusión de harina de plátano gelatinizado del 20 al 45 %.

Plancton

Según el Plan de Investigación 1999-2002 se buscaba optimizar el cultivo del camarón en estanques mediante la estimulación de la productividad natural, antes de la aparición del virus de la "Mancha Blanca" (WSSV). Una vez confirmada la presencia del virus en el país, las estrategias de manejo tuvieron cambios importantes, ya que en vez de estimular la producción de fitoplancton y zooplancton, se trataba de evitar su producción ya que se sostiene que los crustáceos (copépodos) son vectores potenciales del virus. Debido a esta situación de crisis que se presenta en el sector camaronero se cambio el cronograma propuesto y el principal esfuerzo se concentró en larvicultura.

Resumen de Conclusiones

1. A pesar de la utilización del mismo manejo durante la larvicultura, se presentaron diferencias estadísticas entre el origen de los nauplios y las pruebas de evaluación de calidad larval.
2. La edad de las postlarvas influyó en los resultados obtenidos, es decir las pruebas de calidad son relativas a la edad. Esto se pudo observar con la combinación de evaluadores en diferentes estadíos.
3. La supervivencia al finalizar la etapa de precría depende en gran parte del origen de las postlarvas y del evaluador utilizado.
4. El crecimiento y peso de las postlarvas durante la precría depende en gran medida de las condiciones de manejo durante el período y no del origen.
5. La transportación de post-larvas 30 fue factible con porcentajes de mortalidad no mayores al 5%.
6. Los estudios realizados al momento sobre la utilización del rotífero *Brachionus plicatilis* sugieren que es posible utilizarlo como una alternativa para reemplazar parcialmente el uso de *Artemia*. Sin embargo es necesario investigar más sobre su criopreservación para no afectar la sobrevivencia de las postlarvas.

Principales Proyectos Realizados y Resultados Relevantes

Definición de indicadores de calidad

No existe un método aceptado universalmente para determinar la calidad de las postlarvas. El problema de encontrar un procedimiento fácil para evaluar la calidad de las postlarvas producidas en los laboratorios comerciales ha conllevado a investigaciones para desarrollar pruebas de estrés, utilizando principalmente la salinidad. Estos ensayos permiten la identificación de las postlarvas saludables *versus* las débiles, lo cual no puede evidenciarse de otra manera.

El estudio fue desarrollado entre septiembre del 2000 y febrero del 2001 empleando postlarvas provenientes de nauplios de diferentes orígenes, las cuales fueron sometidas a cuatro evaluadores diferentes : 1) estrés osmótico, 2) estrés inducido con soluciones de formaldehído, 3) estrés inducido al someter a las larvas a una combinación de los dos factores de estrés (salinidad y formaldehído) y 4) prueba de contracorriente, exponiendo las larvas a un flujo constante de 0.14 $l.seg^{-1}$ durante 2 minutos.

Las post-larvas posteriormente fueron cultivadas durante un periodo 30 días en condiciones de laboratorio, para relacionar su supervivencia y crecimiento con los resultados obtenidos al ser sometidas a los evaluadores mencionados.

Resultados Relevantes:

Se realizaron un total de tres experimentos en los cuales se evaluó la calidad de postlarvas en varios estadíos (PL 7–PL 13). Los resultados obtenidos indican que la resistencia de las postlarvas incrementa con la edad, excepto con el estrés osmótico donde se observó que solo a partir de PL 10 hay una resistencia a este tipo de estrés. Se observó que los evaluadores que combinaban factores estresantes (formaldehido y estres osmótico) y la contracorriente presentaron un patrón similar de comportamiento en todos los experimentos (Figura 6), los cuales fueron capaces de predecir la supervivencia pero no el crecimiento de las postlarvas.

Al finalizar la etapa de precría en los tres experimentos se observó diferencia en el porcentaje de supervivencia de las postlarvas dependiendo de su origen, y relacionado al evaluador aplicado.

Desarrollo de nuevas metodologías de pre-acondiconamiento de las postlarvas de camarón

Debido a la presencia del virus de la Mancha Blanca en el país, la estrategia tomada por el CENAIM fue la de producir postlarvas de alta calidad y de mayor edad. El protocolo utilizado con este objetivo consiste en utilizar una variedad y combinaciones de alimentos vivos como microalgas, rotíferos y *Artemia*, los cuales pueden ser manipulados nutricionalmente para ofrecer presas de mejor calidad a las larvas en los primeros estadíos. Durante todo el proceso de cultivo no se utiliza antibióticos, estos son sustituidos por probióticos producidos en el CENAIM bajo estándares establecidos. Otro aspecto importante es que se produce post-larva 30 con la finalidad de obtener organismos más desarrollados fisiológicamente y preparados para enfrentar mejor las condiciones de cultivo en estanques.

Debido a que existe poca información acerca del transporte de larvas de camarón y la mayoría de la información disponible es sobre larvas de peces, se está trabajando para establecer protocolos adecuados para el transporte y aclimatación de postlarvas evaluando las densidades y tiempos de transporte específicos para de esta manera minimizar las condiciones de estrés. La aclimatación es otro factor importante a tomar en cuenta ya que las postlarvas deben ser aclimatadas al ambiente donde van a ser introducidas, lo cual influye directamente en la supervivencia.

Las estrategias antes mencionadas son nuevas metodologías de pre-acondicionamiento (PL 30, transporte y aclimatación en la misma unidad) para mejorar la supervivencia de las postlarvas en estanques.

Para este estudio se emplearon postlarvas en diferentes estadíos provenientes de los ciclos de producción del laboratorio de larvas del CENAIM, las cuales fueron

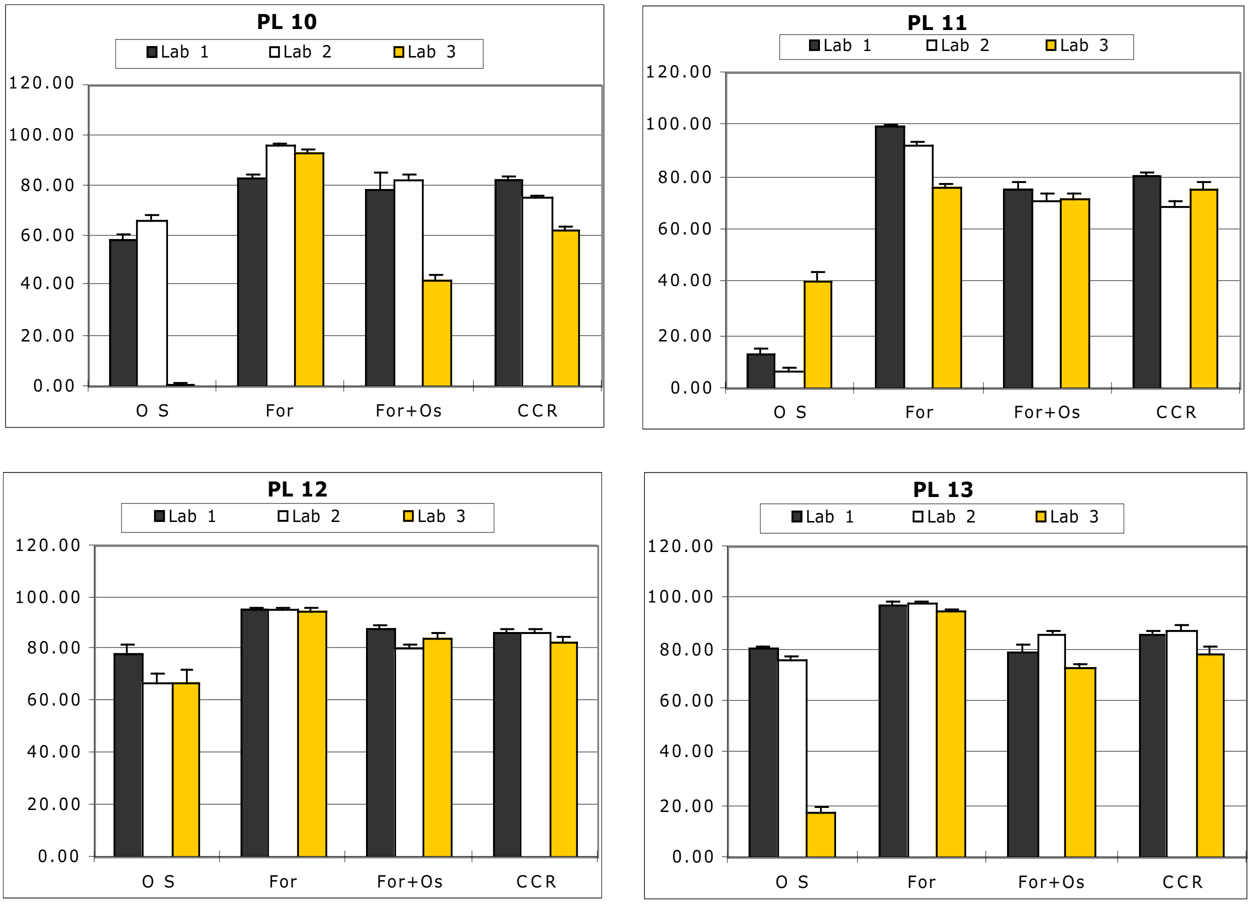

Figura 6. Supervivencia de las postlarvas después de ser sometidas a diferentes evaluadores (OD=estrés osmótico, For=formalina, For+Os=formalina y estrés osmótico y CCR=contracorriente) durante diferentes estadíos postlarvales (PL 10 – PL13).

transportadas y aclimatadas en dos unidades de transporte, bolsas plásticas y tanques. Además en los tanques se evaluaron dos variantes con sustrato (japas) y sin sustrato. Se evaluaron varias densidades desde 250 larvas/L a 706 larvas/L dependiendo del estadío. Se realizaron un total de 27 ensayos.

Resultados Relevantes

Los métodos empleados para el transporte de las postlarvas, tanto de postlarvas estadío 12 como estadío 30 resultaron satisfactorios ya que después del proceso de transporte y aclimatación no se obtuvieron mortalidades mayores al 5%.

Calidad de Agua y Suelo

El laboratorio de calidad de agua y suelos participó durante el año 2000 en los proyectos que se resumen a continuación:

1. Estrategias de manejo en estanques para enfrentar WSSV (Proyecto con el sector privado).
2. Casos de estudio para caracterizar el cultivo de camarón en Ecuador (Proyecto NACA).
3. Tratamientos físicos y químicos para mejorar calidad de suelos utilizados en cultivo de camarón en el Ecuador (Proyecto de capacitación práctica BID-FUNDACYT CP-04).

Cada uno de los proyectos antes mencionados fue ejecutado mediante la realización de varios estudios o experimentos, los cuales son resumidos brevemente en esta sección.

Resumen de Conclusiones

1. El manejo de estanques propuesto por el CENAIM en los experimentos I y II (cero recambio de agua, sin fertilización, larva de buena calidad, alimento de buena calidad con inmunoestimulantes, uso de comederos, sin uso de químicos solo carbonato de calcio) para atenuar el efecto del virus de "Mancha Blanca" ni mejoró ni empeoró los resultados de supervivencia o peso final.
2. Algunas estrategias de manejo no han mostrado claramente su beneficio para contrarrestar la mortalidad por WSSV como el cultivo en encierros (jaulas flotantes o encierros suspendidos). Tampoco el mantener una buena calidad de agua solamente es condición suficiente para reducir mortalidades. Además el mantener larvas de camarón en sistemas de cultivo de laboratorio (tanques/raceway) por mayor tiempo (>PL25) antes de la siembra en el estanque no incidió en los resultados de supervivencia final.
3. La calidad de agua en los estanques con 10 camarones por m^2 no se deterioró por falta de recambio de agua.
4. El no recambio de agua y ninguna fertilización del estanque permitió una mejor estabilidad de parámetros físico-químicos en la columna de agua (poca variabilidad en los parámetros medidos).

5. El principal evento de mortalidad se registró en la mayoría de los estanques entre los 27 y 35 días. Además, las mortalidades se observaron siempre en los camarones más grandes de la población, indistintamente del tamaño y peso de la población.
6. El análisis de PCR de la población de camarones durante las primeras 5 semanas puede resultar una buena herramienta de monitoreo de la prevalencia y evolución del virus en el sistema con significancia para estrategias de manejo, pues hemos evidenciado en varias oportunidades un incremento en los niveles de PCR para WSSV en camarón, asociados en la mayoría de casos con eventos de mortalidad en el estanque
7. El agua de pozo *per se* no ejerce ningún efecto positivo sobre la supervivencia de camarones infectados con WSSV.

Proyectos Realizados y Resultados Relevantes

Estrategias de manejo en estanques camaroneros para atenuar el impacto del WSSV

Este proyecto fue propuesto al Consejo Científico del CENAIM a fines de 1999 para ensayar varias hipótesis de manejo que permitan atenuar la manifestación y propagación del virus en piscinas camaroneras. El protocolo de manejo estuvo enfocado en algunos principios ecológicos básicos para lograr un sistema estable que permita reducir el estrés y las probabilidades de infección en el camarón. Se realizaron dos experimentos de campo con la participación de tres (3) camaroneras de la Provincia del Guayas. El primer experimento se inició en noviembre de 1999 y culminó en marzo del 2000. El segundo experimento se inició en mayo y terminó en septiembre del 2000.

Resultados Relevantes

Primer experimento

En todas las piscinas se observaron mortalidades de camarones, sin embargo fue de menor grado en las piscinas experimentales manejadas por el CENAIM. Las supervivencias y producciones de las piscinas experimentales fueron considerablemente superiores a las piscinas control de cada camaronera en las que se desarrolló el estudio. Las supervivencias en estanques CENAIM a siembras de 10 camarones por m^2 fueron de 20% y 30%. La estabilidad física, química y biológica de los estanques fue mejor en los tratamientos CENAIM. Consideramos que el manejo del estanque *per se* conjuntamente con otros factores como, inmunoestimulación, calidad de la larva y siembra con larva de mayor edad contribuyeron a los resultados. Uno de los problemas que se presentó en el experimento fue la diferencia en la calidad del alimento balanceado suministrado en el experimento con respecto a la calidad del alimento que se había proyectado utilizar, factor que probablemente pudo influir en los resultados registrados.

Segundo experimento

Con el fin de validar los resultados alcanzados en el primer experimento logramos realizar un segundo experimento con la colaboración de la Camaronera Naturisa. En este experimento se mantuvieron los mismos principios de manejo de agua y alimento, sin embargo se incluyó una fase experimental de pre-cría para dilucidar el efecto de la calidad de larva sembrada en encierros suspendidos, raceways, precriadero y tanques exteriores de laboratorio sobre su desempeño posterior en el estanque de engorde. En este experimento no logramos probar la hipótesis del efecto de las distintas estrategias de manejo sobre la salud del camarón, ya que obtuvimos altas mortalidades similares a las de los estanques control de la camaronera.

Casos de estudio para caracterizar el cultivo de camarón en Ecuador

En los últimos años se han generalizado las críticas de impacto ambiental y social asociadas al cultivo de camarón en el mundo. Sin embargo, se han realizado muy pocos esfuerzos para evaluar en forma objetiva el estado ambiental y socioeconómico del cultivo del camarón. Con el fin de documentar esta problemática, entidades tales como el Banco Mundial (WB), World Wildlife Fund (WWF) y la Fundación MacArthur financiaron la realización de un proyecto de casos de estudio a nivel mundial para documentar las prácticas de manejo empleadas en el cultivo de camarón, considerando los impactos positivos y negativos del cultivo del camarón, y sugerir prácticas para mejorar el desempeño ambiental y socioeconómico. El CENAIM fue subcontratado por el Network of Aquaculture Centers in Asia Pacific (NACA) en marzo del 2000 para participar en este proyecto mundial con la responsabilidad de conducir una serie de casos de estudio que permitan documentar las prácticas de manejo de cultivo de camarón en el Ecuador. Los casos de estudio son:

- ***Producción de camarones en áreas de manglar***
- ***Prácticas de recambio de agua***
- ***Manejo de camaroneras y concentración de contaminantes potenciales en los efluentes.***
- ***Uso de post-larva silvestre***

Las actividades requeridas en este proyecto se enmarcaron en i) encuestas a administradores/biólogos de camaroneras para conocer su opinión sobre el uso y desempeño de larva silvestre *versus* larva de laboratorio en las camaroneras, y sobre prácticas de recambio de agua en la camaronera en los últimos cinco años, ii) colección de datos de producción de varias empresas camaroneras en las provincias del Guayas y El Oro, iii) muestreo quincenal de agua de efluentes y afluentes de varias piscinas, iv) análisis químico de agua de efluentes y afluentes, v) muestreo de suelo de estanques construídos sobre antiguos manglares y suelos de estanque con fondo de distinta característica al de suelo de manglar, y vi) análisis químico de suelos. El informe final de estos trabajos se presentarán en el 2001.

Tratamientos físicos y químicos para mejorar calidad de suelos utilizados en cultivo de camarón en el Ecuador.

El proyecto BID FUNDACYT CP-04 tiene como objetivo conducir una serie de estudios para mejorar la calidad del suelo de piscinas camaroneras. Por su naturaleza ampara varios estudios propuestos en el plan de investigación de esta unidad. Los estudios que comenzaron a ejecutarse en este proyecto fueron los siguientes:

1 Evolución de variables químicas y físicas en distintos compartimientos de agua y suelo dentro de piscinas camaroneras durante un ciclo de producción.
2 Efecto de carga orgánica presente en suelos de manglar sobre el crecimiento y salud del camarón
3 Ensayo de toxicidad en camarones con diferentes concentraciones de materia orgánica
4 Desarrollo de un sistema de mesocosmo para evaluar la productividad del suelo de camaroneras
5 Ensayo de desafío del virus WSSV sobre camarón cultivado con agua de pozo

Estudio 1: Evolución de variables químicas y físicas en distintos compartimientos de agua y suelo dentro de piscinas camaroneras durante un ciclo de producción

La adición de fertilizantes y alimento balanceado en sistemas de cultivo de camarón constituyen la principal fuente de carga orgánica y nutrientes al sistema de cultivo. La descomposición biológica de materia orgánica residual genera una demanda de oxígeno y condiciones de reducción propicios para la producción de metabolitos potencialmente tóxicos para el camarón, y consiguiente deterioro de calidad de agua. El deterioro del agua y suelo puede ser evaluado por lo tanto mediante mediciones de los metabolitos tóxicos en el sistema (amonio, sulfuros), incremento de materia orgánica, disminución de oxígeno y potencial redox.

El estudio fue desarrollado entre septiembre y diciembre del 2000 en cuatro piscinas para estimar el comportamiento de las distintas variables arriba anotadas durante un ciclo de producción comercial de camarones. Para ello se obtuvo la colaboración de dos camaroneras que permitieron el acceso para la instalación de los equipos de muestreo. Los análisis se terminarán durante el primer semestre del 2001.

Estudio 2: Efecto de carga orgánica presente en suelos de mangle sobre el crecimiento y salud del camarón Litopenaeus vannamei.

Los suelos de manglar son ricos en materia orgánica y se los considera poco apropiados para cultivos acuícolas. Los suelos de manglar también tienden a tener una mayor acidez por sus elevados niveles de minerales de sulfuro. Varias camaroneras en el Ecuador han construido sus piscinas sobre suelos de antiguos manglares. Se estima que un 15 a 20% de piscinas tiene fondo de manglar. A pesar de las características químicas descritas, no existen reportes de una menor producción de camarón o mayor incidencia de enfermedades, asociadas a estos suelos bajo los sistemas de producción extensivo y semi intensivo que se practican en el Ecuador. Datos históricos de producción de piscinas proporcionados por camaroneras con diferente tipo de suelo confirman estas observaciones. Dentro del proyecto de determinación de concentraciones y composición de materia orgánica que afectan la salud del camarón, iniciamos un bioensayo en el CENAIM durante el mes de diciembre del 2000, con camarones en tanques de 500 litros para evaluar el efecto del sustrato. En este experimento evaluamos 2 tipos de sustrato: a) suelo de camaronera construida sobre manglar, b) arena de playa, y c) control sin sustrato. Los análisis se realizarán durante el primer semestre del 2001.

Estudio 3: Toxicidad en camarones con diferentes concentraciones de materia orgánica.

Una de las principales preocupaciones del sector camaronero es la percepción de un deterioro en la calidad del suelo y agua asociado a la acumulación de materia orgánica en los fondos de las piscinas a lo largo de los ciclos de cultivo, el cual estaría afectando negativamente el crecimiento y supervivencia del camarón. Con el fin de determinar los niveles tolerables y perjudiciales de materia orgánica para la salud del camarón se planificó un experimento en laboratorio para evaluar las concentraciones de materia orgánica que afectan su normal crecimiento y supervivencia. Los análisis se terminarán durante el primer semestre del 2001.

Estudio 4: Desarrollo de un sistema de mesocosmo para evaluar la productividad del suelo de camaroneras.

La productividad de un suelo para un determinado cultivo depende de sus características edáficas, entre estas, la textura, concentración de nutrientes y minerales, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, acidez, entre otros. En agricultura se han logrado establecer las concentraciones óptimas de nutrientes para promover la fertilidad de cultivos bajo distintas características y tipos de suelo. Los mismos resultados para productividad bentónica en estanques podrían ser alcanzados para sistemas de acuicultura, pero demandarían una considerable cantidad de tiempo y recursos para completar los estudios. Este tipo de experimentos requeriría realizar una serie de ensayos de crecimiento de distintos tipos de bentos que se desee promover bajo varias combinaciones de características de suelo, y probablemente también de agua. Además requiere de varias mediciones químicas de los distintas variables para determinar las concentraciones existentes.

Este proyecto tiene como objetivos primordiales i) desarrollar un sistema estandarizado para medir la respiración del suelo, y ii) establecido el sistema, utilizar las mediciones de respiración para estimar la productividad potencial de cada suelo analizado. Más adelante se podrá seleccionar los suelos con mejor respiración para la determinación de sus características químicas. El sistema estandarizado podrá ser utilizado también para evaluar productos (probióticos, fertilizantes) sobre la respiración de la comunidad bentónica. Este proyecto esta siendo desarrollado por un estudiante de maestría.

Estudio 5: Ensayo de desafío del virus WSSV sobre camarón cultivado con agua de pozo.

Después de 18 meses del primer reporte del virus de la Mancha Blanca en el Ecuador, la enfermedad continúa produciendo estragos a nivel de estanques con altas mortalidades de camarón. Existen sin embargo varios reportes de camaroneros que claman tener mejores supervivencias en piscinas llenadas con agua de pozo. Aguas de pozo o subterráneas son anaeróbicas, lo que les permite tener una mayor disolución de iones metálicos. Es muy probable también que la composición y balance iónico sea distinto al de cuerpos de agua superficiales. Con el fin de determinar diferencias en la composición química del agua de pozo y su probable efecto sobre la salud del camarón, colectamos agua de pozo y camarones de una camaronera que utiliza este agua para desarrollar dos ensayos de desafío con el virus de Mancha Blanca en el laboratorio de infección del CENAIM. Se realizó además un análisis químico de concentración de iones metálicos en algunas muestras de agua de pozo, conjuntamente con muestras de agua de mar y estuario para comparación. Este análisis permitirá identificar el perfil químico del agua de pozo y sus diferencias con respecto al agua de mar. Los camarones del tratamiento de agua de pozo registraron bajas supervivencias en ambos ensayos. Bajo las condiciones experimentales no se pudo demostrar el efecto del agua de pozo sobre la salud del camarón (Figura 7).

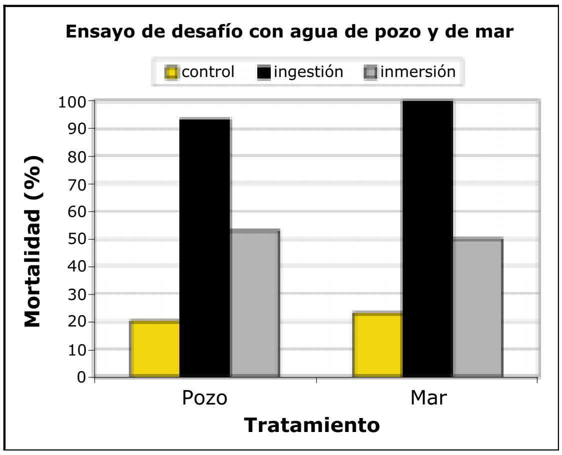

Figura 7. Mortalidad de animales en agua de pozo y de mar.

Ecosistema

Los proyectos programados para el 2000 fueron planteados para monitorear variables ambientales y antropogénicas que pueden afectar la producción de la acuacultura. Los estudios fueron los siguientes:

Estudio de los patrones temporales y espaciales de la producción camaronera en el Golfo de Guayaquil

Se evaluó y estandarizó la información histórica (1985-1996) existente en CENAIM de 6 camaroneras, localizadas en diferente zonas ambientales de producción camaronera en el Golfo de Guayaquil. Adicionalmente, se colectó la información correspondiente a los últimos años (1997-2000). Se compiló y procesó la información climática de la estación oceanográfica El Pelado (CENAIM), global (temperatura superficial del mar en el océano Pacífico central y oriental) y local (temperatura del aire en Guayaquil (estación del Aeropuerto Simón Bolívar). Se generaron los índices de producción y manejo (producción, rendimiento, densidad de cosecha).

La generación de los índices ha permitido observar la presencia de estacionalidades en ciertas variables de producción tales como: densidad de cosecha, producción y rendimiento, en por lo menos dos camaroneras, ubicadas en la zona de Taura e Isla Puná. También se ha observado la presencia de variabilidad con periodicidad mayor a la estacional, posiblemente de carácter interanual tipo El Niño o La Niña. Este proyecto se concluirá en el 2001.

Estaciones Biológica, Meteorológica y Oceanográfica

En la estación biológica se continua la recolección mensual de muestras de fitoplancton, zooplancton y larvas de peces y camarón y su fauna acompañante, que se inició en 1994. La información fue procesada y se esta llevando a cabo la identificación taxonómica de los grupos Esta información se esta preparando para ser ingresada en la hoja Web de CENAIM.

En la estación meteorológica se obtuvo información diaria de pluviosidad y temperatura máxima y mínima. La información de pluviosidad es solicitada por personas naturales interesadas en desarrollar otros cultivos, la información almacenada con respecto a viento, fue utilizada en un proyecto de energía eólica que se planea realizar en CENAIM

En la estación oceanográfica desde 1992 hasta la fecha, el CENAIM ha venido realizando un monitoreo semanal de la estructura térmica subsuperficial (desde la superficie del mar hasta 40 metros de profundidad), en las cercanías de "El Pelado" islote localizado a 5 millas náuticas frente a las instalaciones de CENAIM. Durante el 2000, conjuntamente con el departamento de Análisis Ambiental se procesó la información térmica de 9 años. Se elaboraron mapas de contorno correspondientes a la estructura térmica subsuperficial para cada uno de los años del monitoreo. Todos los mapas fueron colocados en el Web Site de CENAIM http://www.cenaim.espol.edu.ec/acuiclim/index.html.

Colaboración con el proyecto RIBEN

La RIBEN es la Red de Impacto Biológico de Eventos El Niño, y se extiende desde Panama hasta Chile a lo largo de toda la costa del Pacifico. Su objetivo general es establecer un sistema de alerta biológico sobre eventos como El Niño y/o La Niña. Desde finales de 1999 se han venido colectando muestras de fitoplancton y zooplancton, ademas de nutrientes y DBO en una estación fija frente al CENAIM.

Colaboración con el Proyecto ZEM

La ZEM es la Zona Especial de Manejo que se extiende en la actualidad desde Ayangue hasta la Entrada. Esta fue creada por el Programa de Manejo de Recursos Costeros, PMRC para ayudar a surgir y mejorar las condiciones de vida de la poblaciones costeras. En la provincia del Guayas existen ZEM de Playa y de San Pedro, debido a que es en esta zona donde hay mayor asentamiento poblacional. El CENAIM asiste a reuniones de la ZEM San Pedro-Manglaralto, de la que es miembro, con voz y voto desde 1995. En 2000 se colaboró en diversas actividades como el día mundial de limpieza de playas en septiembre, en talleres de exposición y en reuniones mensuales donde se discute asuntos técnicos sobre alteraciones al ambiente.