



**CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C. (CIBNOR)**

**FONDO INSTITUCIONAL DE FOMENTO REGIONAL PARA EL
DESARROLLO CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN
(FORDECYT)**

INFORME DE LA 2ª ETAPA

**BIOSEGURIDAD Y ECOEFICIENCIA EN EL CULTIVO DE
CAMARÓN (No. 143117)**

**ALIANZA ESTRATÉGICA Y RED DE INNOVACIÓN DE LA
INDUSTRIA ACUÍCOLA (AERI)**



Junio de 2013

**BIOSEGURIDAD Y ECOEFICIENCIA EN EL CULTIVO DE CAMARÓN (No. 143117).
INFORME DE LA 2ª ETAPA**

Instituciones e Investigadores participantes de la AERI:

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR):

Dr. Ricardo Pérez Enríquez
Coordinador General

Dr. Francisco Javier Magallón Barajas
Dr. Jorge Hernández López
Dr. Claudio Humberto Mejía Ruíz
Dr. Alfredo Hernández Llamas
M.C. Lilia Isabel Ibarra Martínez

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD):

Dra. Ma. Cristina Chávez Sánchez
Dr. Francisco Javier Martínez Cordero
M.C. Leobardo Montoya Rodríguez

Universidad Autónoma de Nayarit (UAN):

Dr. Norberto Vibanco Pérez
Dra. Ma. De Jesús Durán Avelar

Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON):

Dr. Ramón Casillas Hernández
Dr. José Cuauhtémoc Ibarra Gámez

Centro Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN):

Dr. Héctor Esparza Leal
Dr. Juan Carlos Sainz Hernández

Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada (CICESE):

Dr. Alejandro Parés Sierra

**BIOSEGURIDAD Y ECOEFICIENCIA EN EL CULTIVO DE CAMARÓN (No. 143117).
INFORME DE LA 2ª ETAPA**

Sector Usuario:

Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora (COESAES):

Enlace técnico:

Ing. Jorge Luis Benítez García

Biol. Guillermo Portillo Clark

Comité de Sanidad Acuícola de Baja California Sur, A.C. (CSABCS):

Enlace técnico:

Lic. Anelena Gómez Tagle Amador

M.C. Nelson Quintero Arredondo

Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Nayarit (CESANAY):

Enlace técnico:

M.C. Verónica Aguilar Medina

Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa (CESASIN):

Enlace técnico:

M.C. Julio Adalberto Cabanillas Ramos

Asociación Nacional de Productores de Larvas de Camarón A.C. (ANPLAC):

Enlace técnico:

Lic. Gerardo Alvarado

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La camaronicultura y los retos en bioseguridad y ecoeficiencia

1.2 Objetivo general

1.3 Módulos

2. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

2.1 Estructura del financiamiento

2.2 Instituciones académicas participantes

3. RESULTADOS DEL PROYECTO. Resumen de resultados por sección y módulos

3.1 Bioseguridad

Módulo 1. Acciones del grupo de trabajo AERI para el seguimiento de la enfermedad del VSMB la elaboración e instrumentación de planes sanitarios de prevención y erradicación de enfermedades en camarón

Módulo 2. Implantación del proceso de acreditación del laboratorio de diagnóstico de enfermedades de camarón de acuerdo a los lineamientos de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)

Módulo 3. Caracterización de cepas virales del WSSV existentes en México y evaluación de su virulencia

Módulo 4. Programa piloto de protección contra el virus de la mancha blanca en camarones de talla reproductor de una Unidad Productora de Postlarvas

3.2 Ecoeficiencia

Módulo 5. Análisis económico y de la ecoeficiencia del cultivo de camarón ante escenarios de riesgo sanitario

Módulo 6. Ecoeficiencia

4. OBJETIVOS, METAS Y PRODUCTOS DE LA 2ª ETAPA.

5. RESUMEN DE PRODUCTOS

6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La camaronicultura y los retos en bioseguridad y ecoeficiencia

La camaronicultura es una actividad con un dinamismo importante en México, ya que durante los últimos 10 años ésta ha presentado un crecimiento exponencial. Por su volumen de producción, el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es la especie de crustáceo marino que se ha introducido con mayor éxito a nivel internacional en la acuicultura. En nuestro país, el cultivo de camarón blanco genera más de 100,000 toneladas anuales, representando un ingreso importante para el mercado local y el de exportación. Alrededor del 95% de la producción camaronicola del país es generada por entidades del litoral del Pacífico, destacando los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California Sur y Nayarit (CONAPESCA, 2010).

A pesar de que el cultivo de camarón blanco es la industria acuícola de mayor importancia en México, su producción está sujeta a la variación tanto por la competencia de comercialización con el camarón asiático como por los diversos retos que las empresas de este sector enfrentan para consolidarse como una actividad económicamente viable y ecológicamente sustentable, que aseguren su permanencia a largo plazo. Entre los más importantes destaca el de reducir la incidencia de enfermedades y agentes patógenos que afectan los cultivos, así como maximizar la eficiente utilización de alimentos balanceados de alta calidad nutricional y de alta digestibilidad e implementar adecuadas estrategias de alimentación. De esta manera, los temas en materia de bioseguridad y ecoeficiencia del cultivo de camarón, son de gran importancia.

En el ámbito de bioseguridad, las enfermedades producidas por virus son hasta el momento la principal causa de pérdidas económicas para los productores de camarón cultivado en todo el mundo. El virus del síndrome de la mancha blanca (VSMB o WSSV por sus siglas en inglés) es sin duda considerado como el patógeno número uno, debido a la severidad de la infección que provoca causando mortalidades masivas en pocos días después de su aparición.

En términos de ecoeficiencia, el alimento y la alimentación representan entre 30 y 40% del total de los costos operativos de la actividad. Aunado a los elevados costos, la principal problemática radica en la baja eficiencia de conversión alimenticia que los alimentos balanceados otorgan, además de que constituyen la principal fuente de deterioro de la calidad del agua, lo cual a su vez repercute en una pobre respuesta productiva de los organismos en cultivo y en la rentabilidad económica del mismo.

Para hacer frente a los diversos retos, el sector acuícola está instrumentando soluciones obtenidas a través de investigación. Para ello, los productores acuícolas, representados por los Comités de Sanidad Acuícola de B.C.S., Sonora, Sinaloa y Nayarit, se han organizado

exitosamente en colaboración con diversas instituciones académicas (CIBNOR, CIAD, UAN, ITSON, CIIDIR, entre otras) a través de la Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola (AERI) logrando importantes resultados durante el período 2007-2009 (Fases I y II del Programa Integral de Sanidad Acuícola), principalmente en el ámbito de inocuidad y sanidad acuícola.

Una de las características más relevantes de la AERI es un impacto regional en virtud de que involucra a más de 600 empresas acuícolas (granjas de engorda y laboratorios productores de larvas de camarón) de 33 Juntas Locales de Sanidad Acuícola ubicadas en 23 municipios de 4 estados del Noroeste (B.C.S., Sonora, Sinaloa y Nayarit). Asimismo, las acciones que se realizan en el marco de la AERI están relacionadas tanto con las autoridades de los estados mencionados, como con dependencias federales del sector como CONAPESCA y SENASICA.

Para la tercera fase de esta Alianza (período 2010-2013) los integrantes de la AERI identificaron que la investigación debe ser orientada a consolidar la bioseguridad en los cultivos y a fomentar la mejora de la ecoeficiencia de los alimentos balanceados, lo que permitirá seguir avanzando hacia la consolidación de una camaronicultura de bajo riesgo sanitario, rentable, competitiva y ecológicamente sustentable.

En el presente documento se integran los avances correspondientes a la segunda etapa del proyecto financiado por el FORDECYT y que corresponde a la tercera fase de investigación aplicada en el marco de la AERI.

1.2 Objetivo General:

Promover la rentabilidad y competitividad del cultivo de camarón en la región noroeste de México sobre la base de criterios de bioseguridad y ecoeficiencia.

Objetivos Específicos:

- a) Bioseguridad: Fortalecer las capacidades de diagnóstico y las estrategias prevención y control de enfermedades que minimicen los riesgos de introducción de patógenos a los sistemas de cultivo.
- b) Ecoeficiencia: Desarrollar estrategias de manejo ecoeficiente que promuevan la utilización de insumos que mejoren la rentabilidad de los cultivos y reduzcan los impactos al medio ambiente, incorporando criterios de rentabilidad.

1.3 Módulos

Debido a la complejidad del trabajo y para cubrir los objetivos específicos, el proyecto se subdividió en subtemas o módulos, los cuales a su vez se dividen en secciones.

Módulo 1. Acciones del grupo de trabajo AERI para el seguimiento de la enfermedad del VSMB la elaboración e instrumentación de planes sanitarios de prevención y erradicación de enfermedades en camarón.

Responsables de su ejecución: Dr. Ricardo Pérez Enríquez, Dr. Francisco Javier Magallón Barajas (CIBNOR) y Comités de Sanidad Acuícola de B.C.S., Sonora, Sinaloa y Nayarit.

Participantes: Dr. Norberto Vibanco Pérez, Dra. Ma. De Jesús Durán Avelar (UAN), Ma. Cristina Chávez Sánchez, Leobardo Montoya Rodríguez (CIAD), Jorge Hernández López, Humberto Mejía Ruiz, Alfredo Hernández Llamas (CIBNOR),

Módulo 2. Implantación del proceso de acreditación del laboratorio de diagnóstico de enfermedades de camarón de acuerdo a los lineamientos de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

Responsables de su ejecución: M.C. Lilia Isabel Ibarra Martínez (CIBNOR)

Participantes: Dr. Norberto Vibanco Pérez (UAN), Leobardo Montoya Rodríguez (CIAD), Jorge Hernández López (CIBNOR), Jorge Benítez García (COESAES), Cuauhtémoc Ibarra (ITSON)

Módulo 3. Caracterización de cepas virales del WSSV existentes en México y evaluación de su virulencia.

Responsables de su ejecución: Dr. Norberto Vibanco Pérez (UAN)

Participantes: Dra. Ma. De Jesús Durán Avelar (UAN), Dr. Ricardo Vázquez Juárez, Ricardo Pérez Enríquez (CIBNOR), Leobardo Montoya Rodríguez (CIAD)

Módulo 4. Programa piloto de protección contra el virus de la mancha blanca en camarones de talla reproductor de una Unidad Productora de Postlarvas.

Responsables de su ejecución: Dr. Claudio Humberto Mejía Ruíz (CIBNOR),

Participantes: M.C. Píndaro Álvarez Ruíz (CIIDIR-IPN), Dr. Francisco Javier Magallón Barajas (CIBNOR)

Módulo 5. Análisis económico y de la ecoeficiencia del cultivo de camarón ante escenarios de riesgo sanitario.

Responsables de su ejecución: Dr. Alfredo Hernández Llamas (CIBNOR), Dr. Francisco Javier Martínez Cordero (CIAD).

Módulo 6. Ecoeficiencia.

Responsables de su ejecución: Dr. Francisco Javier Magallón Barajas (CIBNOR),

Participantes: Dr. Ricardo Pérez Enríquez (CIBNOR), Dr. Juan Carlos Sainz Hernández (CIIDIR-IPN), Ramón Casillas Hernández (ITSON).

2. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

2.1 Estructura del financiamiento

El proyecto FORDECYT tiene un financiamiento de aproximadamente 6.5 millones de pesos, de los cuales, el 80% fue otorgado por el CONACYT y el 20% restante por productores acuícolas, dentro de los cuales se encuentran Los Comités de Sanidad Acuícola de los Estados de Sonora (COAES), Sinaloa (CESASIN), Nayarit (CESANAY) y Baja California Sur (CSABCS), así como la Asociación Nacional de Productores de Larvas de Camarón, A.C. (ANPLAC). En la Tabla 1 se muestran las aportaciones otorgadas por los productores y el CONACYT en la primera y segunda etapa del proyecto.

Tabla 1. Aportaciones otorgadas por productores y el CONACYT en la primera y segunda etapa del proyecto.

Aportante	1ra Etapa	2da Etapa	Total
CSABCS	\$ 24,362	\$ 24,586	\$ 48,948
COAES	\$ 321,500	\$ 321,500	\$ 643,000
CESASIN	\$ 204,750	\$ 204,750	\$ 409,500
CESANAY	\$ 40,950	\$ 40,950	\$ 81,900
ANPLAC	\$ 65,729	-	\$ 65,729
OTROS*	-	\$ 65,754	\$ 65,754
Suma de productores	\$ 657,291	\$ 657,540	\$ 1,314,831
CONACYT	\$ 2,629,164	\$ 2,626,560	\$ 5,255,724
TOTAL	\$ 3,286,455	\$ 3,284,100	\$ 6,570,555

* El monto es una cantidad aproximada. Son aportaciones en movilizaciones de participantes del proyecto a reuniones realizadas por COAES para la presentación de avances del proyecto que no ingresaron a la cuenta del proyecto sino que se realizaron de manera directa. Asimismo se incluye el traslado aéreo del Dr. Ignacio de Blas de España a México para la impartición de la capacitación en epidemiología a través de recursos de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

2.2 Instituciones académicas participantes

La participación de las instituciones académicas en cada una de las actividades comprometidas se garantizó mediante la transferencia de recursos por medio de convenios específicos de colaboración en función de temas específicos (se anexan convenios). En la Tabla 2 se muestran las asignaciones presupuestales otorgadas por institución en la segunda etapa del proyecto.

Tabla 2. Asignaciones presupuestales de recursos FORDECYT otorgadas por institución en la 2da etapa del proyecto.

Institución	Convenio	Tema	Monto
CIAD	06-2010	Acreditación EMA (Módulo 2)	\$ 160,868.00
	11-2010	Bioeconomía (Módulo 5)	\$ 110,000.00
COSAES	09-2010	Acreditación EMA (Módulo 2)	\$ 98,840.00
CIIDIR-IPN	13-2010	Ecoeficiencia (Módulo 6)	\$ 171,000.00
ITSON	08-2010	Acreditación EMA (Módulo 2)	\$ 98,840.00
	12-2010	Ecoeficiencia (Módulo 6)	\$ 83,000.00
UAN	07-2010	Acreditación EMA (Módulo 2)	\$ 98,840.00
	10-2010	Identificación de cepas del WSSV (Módulo 3)	\$ 730,000.00

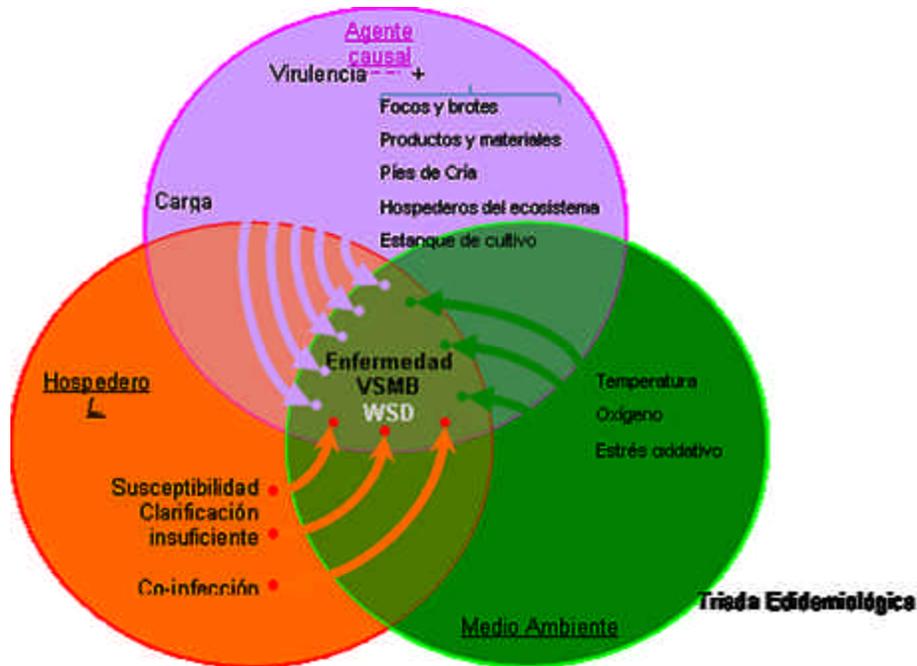
3. RESULTADOS DEL PROYECTO. En las siguientes secciones se presenta un compendio de los resultados de cada módulo en los que se dividió el proyecto, con una subdivisión para presentar los sub-proyectos relacionados con la bioseguridad por una parte y con la ecoeficiencia por otra.

3.1 Bioseguridad. En los módulos 1 a 4 se presentan los resultados de los trabajos relacionados con el tema de la bioseguridad. De manera general, se tuvo un importante avance en el ordenamiento sanitario de la actividad acuícola a través de las acciones de prevención que realiza la autoridad federal, en este caso el SENASICA, con el apoyo de la información proveída por el grupo de la AERI. Para cada módulo se hace una descripción general de los resultados o acciones emprendidas y se hace un condensado de los productos comprometidos y obtenidos, los cuales también se aprecian resumidos en el archivo “Anexo 0_1 Diagrama Gantt Metas y productos.pdf” que se adjunta como parte del informe.

Módulo 1. Acciones del grupo de trabajo AERI para el seguimiento de la enfermedad del VSMB la elaboración e instrumentación de planes sanitarios de prevención y erradicación de enfermedades en camarón. Este módulo se desglosa en tres secciones: 1.1 el análisis de la información epidemiológica; 1.2 el diseño y elaboración de documentos y publicaciones orientados hacia el ordenamiento sanitario; 1.3 la transferencia del conocimiento a personal vinculado al cultivo de camarón mediante la interacción de la academia-sector acuícola a través de capacitación, talleres y reuniones de trabajo, seminarios, publicaciones de divulgación y programas de radio y T.V. que permiten transmitir los avances obtenidos en el seno de la AERI.

1.1 Análisis epidemiológico de la EMB. Para que una enfermedad se presente, es necesario que se den tres componentes de manera conjunta: la presencia del agente causal o etiológico (en este caso el Virus del Síndrome de la Mancha Blanca o VSMB), el ambiente adecuado para que el patógeno se manifieste y las condiciones fisiológicas en las cuales el organismo hospedero (en este caso el camarón) no pueda contender contra al patógeno. A este modelo se le denomina como la “Triada Epidemiológica”, el cual se presenta en el esquema de la siguiente página.

La influencia de los diversos factores involucrados en cada uno de los tres elementos ha sido materia de estudio por parte del grupo de trabajo de la AERI desde el 2007, así como de una cantidad importante de grupos de investigación en el mundo.



En el caso particular de nuestro país, los Comités de Sanidad Acuícola (CSA) del noroeste (B.C.S., Sonora, Sinaloa y Nayarit) colectan información semanal referente a los casos reportados de brotes virales de la Enfermedad de la Mancha Blanca (EMB) en las diversas granjas, la cual queda concentrada a nivel de Juntas Locales de Sanidad Acuícola (JLSA). Esta colecta de información se acompaña normalmente de datos de referencia sobre la situación del cultivo (fechas de llenado y siembra, días de secado, condiciones ambientales, origen de la larva, etc.) lo que ayuda a que el personal técnico de los CSA en conjunto con las instituciones académicas participantes en la AERI, realicen algunas inferencias sobre el posible origen del VSMB y se sigan algunas de las medidas de prevención y control de la dispersión que se han definido en el Plan de Manejo para la disminución de riesgos de EMB elaborado por la AERI.

Con esta información se presenta el análisis general de la situación sanitaria registrada en el 2012, así como una reconstrucción espacio-temporal de los casos registrados por los CSA durante el período 2005-2012, aparejado de dos variables ambientales importantes (los regímenes de temperaturas semanales por JLSA y los regímenes de corrientes marinas en la región), en función de su posible influencia con la presencia y dispersión de los brotes.

1.1.1 Situación sanitaria 2012

La presencia de casos positivos al VSMB en 2012 se muestra en el "Anexo 1_1_2_1a Análisis epidemiológico 2012", del cual se resaltan las particularidades para cada Estado:

Baja California Sur: No se presentaron casos de EMB en el Estado. Los análisis en organismos silvestres se han llevado a cabo de manera regular sin que se hayan detectado organismos positivos en los sitios cercanos a las granjas. Este resultado favorable se ha repetido por tercer año consecutivo y a pesar del ingreso de camiones y producto proveniente de zonas afectadas por el VSMB de Sinaloa y Sonora, las medidas de prevención adoptadas por el CSABCS (revisión y desinfección de camiones, revisión de producto congelado o enhielado, prohibición al ingreso de organismos vivos al Estado, entre otros) han sido adecuadas para mantener el estatus sanitario.

Sonora: Este Estado fue fuertemente afectado por la EMB dando como resultado pérdidas críticas, particularmente en la región norte (JLSA de Kino) cuya producción ha representado hasta un 70% de lo que produce el Estado. Sin embargo, las afectaciones del centro y sur de Sonora fueron menores a lo registrado en el 2011.

Entre las observaciones mas relevantes que influyen en el tema sanitario se tienen las siguientes:

- El COSAES lleva a cabo un programa de vigilancia epidemiológica sistemático e intensivo tanto en organismos silvestres como en maternidades y laboratorios de producción de larva. Estas acciones les permitieron detectar la presencia del VSMB en camarones y otros crustáceos silvestres durante el vacío sanitario y alertar a productores sobre este riesgo. Las detecciones en silvestres fueron particularmente en las JLSA de Lobos, Melagos, Atanasia, Siari y El Riito. En el caso de una maternidad en la Atanasia, su detección a tiempo permitió tomar medidas de manejo a tiempo para evitar la dispersión de la enfermedad a la región.
- Se registró un importante incremento de maternidades a 42 unidades (>3,000 millones de pL's) que genera una situación de riesgo si las prácticas de manejo son inadecuadas.
- Derivado de los resultados del 2011, el COSAES acordó siembras a una densidad reducida, sin embargo, existe el registro de granjas sembrando por arriba de lo acordado, lo que generó un mayor riesgo.
- El COSAES ha mantenido una fuerte promoción de Buenas Prácticas de Manejo y acciones de prevención mediante pláticas y material didáctico (ver sección 1.2)
- La JLSA Cruz de Piedra se ha mantenido sin brotes de la EMB, aun a pesar de tener el virus presente, durante varios años de operación. Se mantiene la hipótesis de que el manejo es la razón fundamental del éxito.

Sinaloa: Se obtuvo un área afectada similar que en años previos al 2011 aunque con impacto menor ya que la producción fue mayor (44,400 tons) que en años previos a 2011 (año record de producción). La reducción de aproximadamente el 10% de la producción de 2011 a 2012 se atribuye en parte a problemas sanitarios por el VSMB. Las observaciones mas relevantes fueron las siguientes:

- Al mes de septiembre afectación estimada del 26% del área de cultivo total del Estado.
- En la JLSA Eldorado el llenado y siembra de 80% de las granjas se retrasó con respecto a lo realizado en años previos (marzo), llevándose a cabo en abril y mayo. Esta decisión influyó en la reducción de casos en esa región (solamente 4) y su retraso respecto a años anteriores en los cuales invariablemente era la primera semana de abril.
- En contraste, aunque las JLSA Cospita y Elota retrasaron sus fechas de llenado el área afectada fue proporcionalmente más alta.
- La densidad de cultivo fue en promedio del 8.5 cam/m². Las JLSA con densidades más bajas (6-7 cm/m²) son en apariencia las menos afectadas.
- Al mes de julio la JLSA Navolato Norte se mantuvo sin brotes. Solo se registró un brote posterior.
- En aquellas zonas como las JLSA Guasave norte y sur y Angostura en las que no hubo cambios en fechas de siembra recomendadas, los brotes virales se presentaron en fechas similares a años previos.

Nayarit: La producción en el Estado se mantuvo en niveles similares a la cifra record registrada en el 2011. Este resultado favorable posiblemente se vio influido por el retraso en fechas de llenado y siembra con respecto a años previos, causando que el número de casos fuera menor y solamente durante el ciclo de primavera, ya que todo el Estado se mantuvo sin casos del verano en adelante.

- La JLSA San Blas perdió el estatus de libre de casos de EMB que había mantenido durante varios años posiblemente debido a la realización de siembras semanas antes de lo que se había realizado en años previos y con una calidad de agua menor.

En resumen, si bien la producción total de camarón disminuyó con respecto al 2011, la única zona afectada por la EMB de manera más intensa fue la del norte de Sonora. Se considera que la presencia del VSMB en el medio silvestre aparejada con la elevada carga orgánica en la región de Kino, pueden explicar la magnitud del problema. Por otra parte, las adecuadas medidas de manejo, es especial el retraso de las fechas de siembra permitió la existencia de regiones con afectaciones de EMB menores o nulas (particularmente Nayarit, BCS). En Sinaloa algunas regiones que adoptaron fechas de siembra retrasadas lograron mejores resultado que en años anteriores y en comparación con otras regiones que no lo hicieron.

1.1.2 Situación sanitaria 2005-2012. Desde el punto de vista histórico, el análisis del período 2005-2012 indica dos aspectos relevantes: hacia los dos últimos años (2011-2012) los estados de Sinaloa y Nayarit presentaron producciones muy por arriba de los años previos (entre 40 y 50% por arriba), lo que indica que ha habido acciones de prevención promovidas por los Comités de Sanidad Acuícola que han permitido obtener una camaronicultura con una menor incidencia y mortalidad por causa de la EMB. En BCS la situación es también favorable ya que se ha mantenido estable hasta el 2012 con más de 3 años desde el último caso de la EMB. El caso contrastante es el de Sonora, que a pesar de que se han seguido las recomendaciones sanitarias, los casos en el período 2010-2012 han sido devastadores en algunas regiones del estado, particularmente las ubicadas en la zona más norteña. Una de las hipótesis en torno a esta elevada afectación es que el crecimiento del área cultivada en esa región se ha incrementado ostensiblemente, causando una sobre carga en el ambiente, haciendo a los camarones más susceptibles a enfermarse. El archivo “Anexo 1_1_2_1b Seguimiento epidemiológico 2005-2012” resume los casos de la EMB registrados durante el período mencionado.

De manera particular, se aprecia que en la mayor parte de los años del período, los brotes virales tienen esencialmente durante la primavera y se van presentando de sur (Nayarit) a norte (Sinaloa y Sonora), lo que se encuentra muy probablemente relacionado con el incremento gradual de la temperatura. Los brotes en Nayarit y la mayor parte de Sinaloa se presentan todos los años y casi siempre en los mismos meses.

Para el caso de Nayarit se observan dos cosas particulares: cuando la JLSA de la zona sur (San Blas) retrasó la fecha de siembra, se mantuvo sin brotes virales durante el período 2007-2010, sin embargo en el 2011 iniciaron sus siembras más temprano en el año y volvieron a ser una zona afectada. De manera inversa, en la zona norte del estado fue hasta el 2011 que retrasaron sus fechas de siembra cuando los brotes también mostraron un retraso e incluso en el 2012 con un área de afectación comparativamente inferior que en años previos. Esas características le permitieron pasar de un promedio de aprox. 6,000 ton en el 2010 a poco más de 9,000 ton en 2011 y 2012, es decir un incremento de aproximadamente el 50%.

Sinaloa: En este estado también se obtuvieron producciones record en el 2011, que en parte se pueden deber a un mejor manejo sanitario. Existen regiones como Eldorado y Guasave (norte y sur) en las que invariablemente todos los años presentan brotes de la EMB, sin embargo, se considera que en algunas regiones hay un mejor ordenamiento sanitario que podrían explicar los incrementos en la producción (también incrementada en aprox. 50% del 2010 al 2011).

En Sonora la situación ha sido más compleja. Existen años como 2005 y 2010-2012 en los que los brotes virales tienen lugar en prácticamente todo el estado. Sin embargo, el resto de los años se caracterizó porque el problema sanitario se circunscribió a la zona centro y sur. Con el incremento

en la capacidad de diagnóstico de organismos positivos al VSMB en el medio silvestre, se contó con una mejor apreciación de lo que sucede en el medio ambiente y cómo la presencia del virus en camarones, jaibas u otros organismos principalmente durante el invierno y primavera, precede al registro de brotes en las granjas acuícolas de zonas en particular (p.ej. JLSA Lobos). Como se ha mencionado en diferentes foros, el inicio de brotes en sitios particulares promueve la dispersión del virus hacia áreas aledañas debido a las corrientes u otros posibles vectores (aves, vehículos, materiales y equipos). Para algunos de los años del estudio, la hipótesis para explicar los brotes se formula sobre la base de que el virus permanece asociado a camarones y otros crustáceos que habitan en el medio silvestre, manteniéndose en baja carga viral a bajas temperaturas (ver sección Módulo 4: experimentos de detección del VSMB en bajas cargas virales).

Los años 2008 y 2009 resultan interesantes debido a que en el otoño del 2008 granjas de varias JLSA de Sonora cerraron con casos positivos a mancha blanca. Sin embargo, el virus muy posiblemente no permaneció en el ambiente debido a que ni en el invierno de 2008-2009 ni en el ciclo de cultivo 2009 se presentaron brotes de la EMB. ¿Qué características ambientales se pudieron haber presentado en esos años? Tal como se observa en el archivo *“Anexo 1_1_2_2 Evolución EMB 2005-2012 con temperaturas”* es probable que las temperaturas de invierno, presumiblemente mas frías que años previos a 2008, hubiesen contribuido a bajar la carga viral en el ambiente. De manera inversa, el invierno 2009-2010 fue un año con ENSO positivo lo que significa que la temperatura estuvo por arriba del promedio y quizás no fue lo suficientemente baja para detener la permanencia del VSMB en el ambiente.

La posibilidad de que los períodos de seca durante el invierno y el retraso de las fechas de siembra hasta pasados los primeros meses de la primavera, contribuyan a disminuir la carga viral en el ambiente ha sido demostrado con datos tal como lo muestra la siguiente figura que forma parte de un artículo científico recientemente aprobado para su publicación (ver *“Anexo 1_1_2_3 articulo pond shtudown”*, lo cual ha servido como criterio de manejo preventivo. Estrategias de prevención como éstas son particularmente importantes para le EMB, debido a la alta variación en los parámetros ambientales (temperatura y otros factores) a nivel temporal y latitudinal, que hacen muy complicada la predicción de brotes futuros. Este artículo se une al que fue reportado en la 1ª etapa (ver *“Anexo 1_1_2_3b temperatures”*) y que salio publicado en el 2012 que se refiere a una mejora tecnológica para el diagnóstico del VSMB en muestras del medio silvestre con baja carga viral.

1.1.3 Las corrientes marinas como medios de dispersión del VSMB

Se implementó un modelo numérico oceánico basado en el modelo ROMS (Regional Ocean Modelling System), para la zona del golfo de California, para el periodo 2005-200. El modelo es forzado en superficie como en las fronteras con datos observados de temperatura, viento, nivel del mar, corrientes y marea. De esta implementación se obtienen el sistema de corrientes superficiales

y a varias profundidades, entre otros campos y fue implementado por el grupo de modelación numérica del departamento de Oceanografía Física del CICESE. Sobre los campos de velocidad producidos por esta implementación, se colocaron partículas inertes y se dejaron adveccionar en todo el dominio del Golfo de California, posteriormente se definieron diferentes zonas atractoras y se obtuvieron los tiempos más probables de arribo a esa zona atractora. Cabe mencionar que las trayectorias definidas por el movimiento de las partículas están fuertemente influenciadas por la dinámica de las corrientes.

Para efectos del proyecto, se considera que dichas trayectorias se pueden ver como vectores que pueden adveccionar el plancton (zoo y fitoplancton) y simulan el desplazamiento del VSMB. De manera particular, se realizaron simulaciones para determinar el origen más probable de una partícula (plancton) que llega al sitio de interés en un período de tiempo de entre 0 y 90 días. Los mapas del archivo "*Anexo 1_1_1_3 Corrientes del GC*" representan el tiempo más probable de que cualquier partícula puesta en todo el dominio llegue a la zona atractora previamente definida. La hipótesis para seguir la ruta de posible infección se basa en suponer que un brote en una zona en particular depende de que el virus sea trasladado de un área que ya está afectada.

En el archivo "*Anexo 1_1_1_3 Corrientes del GC*" se observan las simulaciones preliminares realizadas para los meses de primavera entre 2005 y 2007 en los siguientes sitios: Bahía Kino, Bahía de Lobos y Huatabampo (Sonora), Angostura, Eldorado y Mazatlán (Sinaloa) y Bahía de La Paz (BCS).

Bahía Kino: Los casos de 2005 se presentaron en Mayo y de manera previa hubo brotes a fines de abril en Mélagos. Para los meses de marzo a mayo la simulación sugiere que la comunicación de corto plazo (10 días) ocurrió con zonas ubicadas al sur pero a pocos kilómetros de distancia con probabilidades de que a un plazo mayor el agua haya provenido del centro del Golfo. No se observan evidencias de que la corriente pudo haber provenido de Mélagos. En 2006 no hubo brotes del VSMB y también se observa una comunicación limitada con zonas al sur (Mélagos) en donde si hubo registros de la EMB.

Bahía de Lobos: En 2005 los brotes se observaron un mes después de haberse registrado en Mélagos. El patrón de corrientes indica que es poco probable que partículas de agua hayan llegado de este sitio, siendo el centro del Golfo un área más probable de origen en el período de 30 días. En el 2006, las condiciones de las corrientes fueron más limitadas indicando una mayor retención del agua dentro de un área de relativamente pocos kilómetros.

Huatabampo: Para el 2005 el agua que llegó a esta zona se originó de manera preferencial de la zona norte, de manera que es muy poco probable que las afectaciones observadas en el mes de abril en las JLSA cercanas hayan recibido las partículas virales provenientes de zonas del norte de Sinaloa que presentaron brotes en el mismo mes de abril. En el 2006 la situación fue similar, es

decir nula conexión con regiones afectadas del norte de Sinaloa y una mayor retención en la región. En el otoño-invierno de 2006 se observa que el flujo de la corriente es de norte a sur y para el 2007, año en el que no se presentaron brotes en esta región, el movimiento de la corriente sigue siendo fundamentalmente en la misma dirección.

Angostura: En esta región sólo se cuenta con información del 2006. Los brotes de la EMB tuvieron lugar en abril 3 semanas después de haberse registrado en Eldorado. Según el análisis de simulación, existe probabilidad de comunicación de partículas de agua de un área al norte de Eldorado en un período de 30-40 días. Sin embargo, las evidencias no son del todo claras.

Eldorado: Las simulaciones en el 2005 y 2006 indican un componente de origen del agua del norte, por lo tanto los brotes registrados en esos dos años en marzo-abril no parecen tener relación con los que se observaron en febrero-marzo en zonas de Nayarit y el sur de Sinaloa.

En resumen, el análisis retrospectivo de las corrientes del Golfo de California como elementos dispersores del virus causante de la EMB si bien no es todavía conclusivo, las evidencias de las primaveras de 2005 a 2007 sugieren que el virus se encontraba residente en la mayor parte de las regiones estudiadas cuando se presentaron los casos en esos años. Sin embargo, aun es necesario determinar la posible correlación entre la presencia de casos en los meses de otoño con las corrientes particulares de esas temporadas.

1.2 Diseño y elaboración de documentos y publicaciones orientados hacia la bioseguridad y el ordenamiento sanitario. El elemento central en la prevención de enfermedades acuáticas es el ordenamiento sanitario del sector acuícola. Para ello, la autoridad requiere de insumos e información para la emisión de Acuerdos, Normas y otros instrumentos de gestión. Un requisito indispensable para que el SENASICA pueda emitir las Normas Oficiales pertinentes para apuntalar las medidas de manejo preventivo y de contingencia es contar con la información científica que respalde a dichas medidas. El trabajo integrado entre academia, CSA y SENASICA permitió la elaboración de 3 documentos cuya aplicación será esencial para mejorar los niveles de prevención y bioseguridad. En esta sección se presenta un resumen de dichos instrumentos e información.

1.2.1 Campaña sanitaria contra enfermedades virales. De acuerdo con la información proporcionada por el SENASICA, un instrumento útil para prevenir enfermedades es la instrumentación de una campaña sanitaria oficial dirigida de manera específica a las enfermedades que afectan al cultivo, que en el caso del camarón no sólo es el Virus del Síndrome de las Manchas Blancas sino también otros como el Síndrome de Taura, la enfermedad de la cabeza amarilla, el Virus de la Mionecrosis infecciosa, entre otras. En este proyecto se diseñó un Anteproyecto de NOM para una campaña para estas cuatro enfermedades virales quedando con el nombre de: *“Especificaciones zoonosanitarias para el diagnóstico, prevención, control y erradicación de las enfermedades virales de notificación obligatoria en camarón de cultivo: enfermedad de las*

manchas blancas, síndrome de Taura, enfermedad de la cabeza amarilla y mionecrosis infecciosa, en las zonas del territorio de los Estados Unidos Mexicanos en las que se encuentren estas enfermedades”, utilizando como base las campañas sanitarias de otras enfermedades animales (p.ej. Fiebre Porcina Clásica, Influenza aviar). Los rubros principales que se incluyen en este anteproyecto de NOM son los siguientes:

- Declaración del estatus sanitario de estados y de instalaciones acuícolas
- Reconocimiento de zonas de escasa prevalencia, en erradicación y libres
- Mantenimiento, pérdida y recuperación del estatus zoosanitario
- Diagnóstico
- Medidas contra-epidémicas
- Medidas de bioseguridad y buenas prácticas acuícolas
- Vigilancia epidemiológica y análisis de riesgo
- Movilización y trazabilidad
- Fondo de contingencia

El grupo de trabajo que revisa el contenido del anteproyecto esta coordinado por la Dirección de Epidemiología y Análisis de Riesgos del SENASICA y como participantes se encuentra la Dirección de Sanidad Acuícola del SENASICA, los CSA de Sonora y Sinaloa y representantes del sector académico (CIBNOR, CIAD, UNAM). Se tienen calendarizadas aproximadamente 13 reuniones para el 2013, de las cuales se han efectuado 3. En el archivo “*Anexo 1_2_1_1 Caratula Campaña sanitaria*” se presentan las dos primeras páginas del archivo en revisión (el resto no puede ser difundido todavía de acuerdo a instrucciones del SENASICA). En el “*Anexo 1_2_1_2 Minutas de reuniones campaña*” se presentan los documentos que amparan las reuniones celebradas. Se prevé que el documento revisado pasará a la siguiente fase del proceso normativo a fines del 2013.

1.2.2 Formato de verificación interna de bioseguridad en las Unidades de Producción de Larvas de Camarón. Con el fin de mejorar las medidas de prevención sanitaria en las Unidades de Producción de Larva de Camarón (UPL) se desarrolló un formato de auto-revisión a través del cual los responsables de la sanidad de dichas unidades tendrán elementos para la detección de los puntos críticos que amenazan la bioseguridad y con ello tomar las medidas de prevención necesarias. Este formato fue elaborado por investigadores del CIAD-Mazatlán y fue revisado de manera conjunta por parte de los CSA y de las demás instituciones académicas. Este formato usa

el modelo de "Checklist", el cual facilita el registro de estatus de cada elemento, ya que indica si la unidad cumple (C), cumple parcialmente (CP) o no cumple (NC) y requiere la indicación de fechas para cumplir en los dos últimos casos. En general, el formato incluye temas relacionados con el estatus del ambiente externo ante enfermedades, el control de la calidad del agua, las características de aislamiento de las áreas dentro de la UPL, la higiene, la capacitación del personal, entre otros. El "*Anexo 1_2_2 Formato autoverificacion UPL*" contiene el formato referido.

1.2.3 Análisis de riesgos. Derivado de la visita del Dr. Ignacio de Blas (ver sección 1.3.1.3) se trabajó con las bases de datos que generan los Comités de Sanidad para desarrollar un "Programa de Vigilancia Epidemiológica basada en riesgo", el cual consiste en la elaboración de una matriz de factores de riesgo de que un estanque salga infectado al inicio del ciclo de cultivo dadas sus condiciones al momento de la siembra. Los factores de riesgo tienen tablas de valores de riesgo de acuerdo a parámetros determinados por el grupo de trabajo, por la literatura o por experiencia empírica de productores y cada factor de riesgo tiene un valor de importancia relativo que va de 1 (poco importante) a 5 (muy importante) como determinante de la enfermedad. Se realizaron reuniones de trabajo y 4 talleres con productores (ver sección 1.3.2) para explicar la metodología y para definir los valores de importancia de cada factor en función de la experiencia de los técnicos participantes en los talleres. Se determinó una matriz de valores de importancia que varía de acuerdo a cada estado, por lo que su aplicación futura deberá ceñirse a los valores asignados a cada estado. En el "*Anexo 1_2_3 Analisis de riesgos*" se presenta el desarrollo de la metodología, se presentan las justificaciones para cada factor de riesgo y se concentran los resultados de las encuestas para asignar los valores de importancia a cada factor para cada estado (BCS, Sonora, Sinaloa y Nayarit).

1.3 Transferencia del conocimiento.

El elemento más importante para que la vinculación entre la investigación y la producción sea efectiva es la transferencia del conocimiento y de los resultados de los proyectos directamente a los productores, autoridades del gobierno federal y gobiernos estatales y en general a todo el personal involucrado en la actividad acuícola. A continuación se resumen las actividades llevadas a cabo en materia de capacitación, reuniones de trabajo y divulgación.

1.3.1 Capacitación en bioseguridad. El tema de la capacitación es un factor que puede causar la diferencia entre una granja bien manejada y una mal manejada. Las acciones que se llevaron a cabo de manera conjunta entre la academia y los Comités de Sanidad Acuícola (CSA) dieron como resultado a más de 1,600 personas capacitadas en temas de bioseguridad. Los cursos de capacitación, particularmente dirigidos a personal operativo con escasa formación escolar, son sumamente importantes para la promoción de la bioseguridad y será una necesidad para los programas de trabajo del SENASICA y los propios CSA.

De manera particular las acciones de capacitación fueron de 3 tipos: un curso impartido por investigadores del CIAD dirigido a laboratorios de producción de larva de camarón, capacitaciones ambulantes del personal operativo de granja acuícolas y un curso especializado en Epidemiología Acuática a investigadores y técnicos. A continuación se resumen detalles de cada uno de ellos:

1.3.1.1 Capacitación en bioseguridad a personal de Unidades de Producción de Larvas de Camarón (UPL). Se diseñó un curso de capacitación para personal de las UPLC en dos modalidades: videoconferencia (1ª etapa) y presencial (2ª etapa). En esta sección se presentan los detalles de la 2ª etapa. El objetivo de la capacitación fue introducir, inducir y reforzar en el personal de las UPL de larvas de camarón, los conceptos teóricos generales de bioseguridad en acuicultura y su aplicación en escenarios reales. El curso se impartió en tres ocasiones en el 2012 (La Paz, B.C.S 24-25 de septiembre, Navojoa, Son. 15-16 de octubre y Mazatlán, Son. 29-30 de octubre). Participaron 18 UPL sumando un total de 69 personas: 50 técnicos de UPLs, 8 técnicos de CSAs, 3 técnicos de granjas, 7 académicos y un proveedor, con lo que se cubrió mas del 60% de las UPLs que operan en México. En el archivo "*Anexo 1_3_1_1_1 Capacitación UPLC*" se presenta una descripción mas detallada de la capacitación y los temas abordados. En el "*Anexo 1_3_1_1_2 Cursos capacitación*" se muestran imágenes representativas de los cursos, así como las listas de asistencia.

1.3.1.2 Capacitación a personal de granjas. Como parte de las actividades del COSAES se llevó a cabo la capacitación del personal operativo de 149 granjas del estado de Sonora, estimándose una población de más de 1500 personas. Esta capacitación consistió en la transmisión de la información contenida en el folleto "Estrategias para la prevención del virus del Síndrome de la Mancha Blanca" que fue elaborado durante la 1ª etapa del presente proyecto y que para la 2ª etapa el COSAES realizó una segunda impresión de 1500 ejemplares. Para dicha capacitación el COSAES imprimió en lonas de 1.20 x 075 cada una de las páginas del folleto lo que facilitó su comprensión por parte del personal de las granjas. En la siguiente imagen se da una muestra de las acciones descritas. En el "*Anexo 1.3.1.2 imágenes capacitación*" se presentan evidencias adicionales de estas capacitaciones.



1.3.1.3 Curso de epidemiología acuática. Derivado de la Convocatoria de Becas del Gobierno de México Para Extranjeros 2012 de la Dirección General de Cooperación Educativa y Cultural de la Secretaría de Relaciones Exteriores, se gestionó una beca para contar con la asistencia y participación del Dr. Ignacio de Blas Giral de la Universidad de Zaragoza, España en las actividades del presente proyecto. Una de las actividades realizadas fue la impartición del curso de “Epidemiología Acuática” del 26 al 28 de septiembre de 2012, en La Paz, B.C.S. a 26 personas entre investigadores de CIIDIR-IPN, CIBNOR, CIAD, ITSON y UAN, y personal técnico de COSAES, CESASIN, CESANAY y CSABCS. En el “*Anexo 1_3_1_3 Curso epidemiologia acuatica*” se presenta al programa del curso, así como el personal que atendió el mismo.

1.3.2 Reuniones de trabajo, talleres, seminarios y conferencias

Las reuniones de trabajo constituyen el elemento más importante de comunicación directa entre académicos y productores. Se llevaron a cabo 25 reuniones formales de trabajo entre investigadores de instituciones académicas (CIBNOR, CIAD, UAN, CIIDIR e ITSON, entre otras), los Comités Estatales de Sanidad Acuícola (COSAES, CESASIN, CSABCS, CESANAY) y productores (3 de las cuales fueron por videoconferencia), así como 5 reuniones con autoridades (estatales y federales). En estas reuniones no sólo se presentaron resultados de las investigaciones sino también constituyeron un foro muy importante para su discusión. A través de estas discusiones los productores tuvieron la oportunidad de expresar sus experiencias y opiniones en términos del problema sanitario de la camaronicultura. Lo anterior contribuyó a retroalimentar el trabajo del grupo académico, lo que permitió el planteamiento de nuevos estudios o el replanteamiento de algunos objetivos. Es importante mencionar que dentro de los temas abordados no solamente tuvo lugar el de la bioseguridad sino también el de la ecoeficiencia, el cual es un componente muy importante del presente proyecto. En el “*Anexo 1_3_2_1 Reuniones AERI*” se describen los detalles de dichas reuniones (Lugar y sede, fecha, objetivos, participantes) y en el “*Anexo 1_3_2_2 Programas y minutas reuniones AERI*” se incluyen programas de las reuniones,

listas de asistencia y minutas. Adicionalmente se ofrecieron 4 seminarios y conferencias dirigidas a diferente tipo de público (ver archivo “Anexo 1_3_2_3 Congresos_y_Seminarios_AERI”), siendo el gran reto de la academia llegar a un mayor número de personas de limitada preparación escolar a través de un lenguaje sencillo.

Se organizaron 4 talleres, uno para cada estado (BCS, Sonora, Sinaloa y Nayarit) en los cuales se llevó a cabo la explicación del análisis riesgos desarrollado en el proyecto (ver sección 1.2.3) y el llenado de las encuestas con la participación de técnicos de las diversas JLSA de cada estado, así como técnicos de los CSAs. En el archivo “Anexo 1_3_2_4 Talleres_Analisis_Riesgos” se presentan las listas de asistencia a dichos talleres, que tuvieron la participación de un total aproximado de 80 personas.

1.3.3 Difusión y divulgación. En materia de publicaciones de divulgación se llevó a cabo un segundo tiraje del folleto “Estrategias de prevención del Virus del Síndrome de la Mancha Blanca” (ver “Anexo 1_3_3_1 Folleto divulgacion) el cual se repartió a los productores acuícolas a través de los CSA de los siguientes estados: BCS (20), Sinaloa (400), Nayarit (500). El COSAES realizó para Sonora una impresión de 1500 ejemplares, cuya entrega fue documentada por las capacitaciones (ver sección 1.3.1.2) y una publicación en la revista “Portal Agropecuario”.

Las acciones de divulgación también se llevaron a cabo en el ámbito de la radio y T.V. de impacto local, regional y nacional. Estas transmisiones tuvieron lugar en el programa “Tiempo de Ciencia” (Programa televisivo realizado por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C, con formato semanal y duración de 15 minutos, se trasmite los miércoles a las 20:30 hrs por la señal del Instituto Estatal de Radio y Televisión, canal 8 ambos de Baja California Sur).

En el ámbito nacional se tuvo la participación en un programa de la serie “Factor Ciencia” del canal 11 del IPN. Asimismo, hubo transmisiones en el programa “Radio 110°, El cuadrante científico” que es un programa de radio con un formato semanal de 20 minutos de duración con lo más relevante en materia de ciencia que sucede a lo largo y ancho del país referente al Sistema de Centros Públicos de Investigación de CONACYT mismo que se realiza través del Consejo Asesor en Divulgación, Comunicación y Relaciones Públicas, CADI, y El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR; se encuentra disponible en la página de Internet <http://www.cibnor.gob.mx/vinculacion-y-servicios/dedc-dpto-de-extencion/radio-conacyt> y además se escucha a través de la señal que otorgan las Universidades autónomas de Baja California Sur, Colima, Campeche, Chihuahua, Guanajuato, Hidalgo, Nayarit, Sonora, Tamaulipas, Juárez de Tabasco, Querétaro, el Sistema Chiapaneco De Radio, Radio y televisión de Aguascalientes y radio Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Por otra parte se elaboró un video informativo sobre la problemática de la enfermedad de la mancha blanca, que bajo un formato digital y un lenguaje sencillo será hecho llegar a las granjas acuícolas para su difusión.

En el archivo "*Anexo 1_3_3 Divulgacion*" se presenta una tabla con las publicaciones y emisiones a las que se hace referencia, ejemplos de algunas de ellas y las ligas donde pueden consultarse los programas y videos.

Módulo 2. Implantación del proceso de acreditación del laboratorio de diagnóstico de enfermedades de camarón de acuerdo a los lineamientos de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

Las múltiples enfermedades que se han presentado y reportado a partir del desarrollo de la camaronicultura, han obligado a los principales países productores de este crustáceo a reforzar sus programas de control sanitario e incrementar su capacidad de diagnóstico de manera conjunta, con la certidumbre de los resultados y la calidad de los servicios.

En el ámbito internacional existen organismos intergubernamentales como Organización Mundial de la Salud Animal (OIE), que a través de sus lineamientos, programas y otras acciones promueven la aplicación de diferentes estándares para que los países miembros alcancen un cierto grado de homologación y facilite las relaciones comerciales de productos derivados de la acuicultura. El Manual de Pruebas de Diagnóstico para Animales Acuáticos (OIE, 2011), describe y proporciona métodos que han sido evaluados, estandarizados y validados por diferentes investigadores y que son recomendados a nivel internacional para la detección de patógenos en organismos acuáticos. En años recientes las técnicas moleculares como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) han sido aplicadas, principalmente para el desarrollo de métodos de detección de agentes virales en camarón debido a las ventajas que presenta al eliminar el uso de cultivos celulares, presentar alta sensibilidad y especificidad para la detección del patógeno en cuestión, no requerir grandes inversiones e instalaciones y un tiempo relativamente corto para la obtención de resultados.

No obstante las bondades de la técnica de PCR, es indispensable la experiencia del personal técnico y del responsable para emitir un diagnóstico acertado que sea aplicable para los fines que se persiguen. A la fecha se han desarrollado múltiples métodos de detección de virus en camarón, basados en PCR y se hace necesaria la exigencia de que los laboratorios que ofrezcan este servicio al sector productivo y a las autoridades encargadas de salud animal, cuenten con sistemas de Gestión de Calidad implementados en su laboratorio, de tal manera que proporcione una mayor seguridad de que los procesos son debidamente realizados, que permita la trazabilidad de sus resultados y que cuente con el personal debidamente capacitado.

La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS) determina la necesidad de que los laboratorios de diagnóstico deben cumplir con dichos estándares de calidad, basados en la Norma oficial NMX-EC-17025-IMNC-2006, el reconocimiento de una entidad de acreditación como la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y la aprobación de SENASICA para que sus resultados sean considerados válidos para la emisión de los certificados correspondientes de acuerdo a los intereses del usuario.

En el marco de la convocatoria 2010 – 01 de FORDECYT, presentada por el CIBNOR, se obtuvo apoyo económico para la “Implantación del proceso de acreditación del laboratorio de diagnóstico de enfermedades de camarón de acuerdo a los criterios de la EMA”, para los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Diagnóstico Molecular del CIAD, unidad Mazatlán.
- Laboratorio de Análisis de Sanidad Acuícola de ITSON.
- Laboratorio de referencia, análisis y diagnóstico en sanidad acuícola, CIBNOR, Unidad Sonora.
- Laboratorio de Análisis Patológico del COSAES en Cd. Obregón.
- Laboratorio de Investigación en Biología Molecular e Inmunología de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Los resultados del cumplimiento para la obtención de la acreditación de EMA son los siguientes:

Laboratorio involucrado	Cumplimiento
Laboratorio de Análisis de Sanidad Acuícola de ITSON	Se cumplió con los objetivos establecidos en el proyecto.
Laboratorio de Análisis Patológico del COSAES en Cd. Obregón	Se cumplió con los objetivos establecidos en el proyecto.
Laboratorio de referencia, análisis y diagnóstico en sanidad acuícola, CIBNOR, Unidad Sonora	En proceso de acreditación, solicitud y documentación ingresada a la Entidad Mexicana de Acreditación, en etapa de evaluación documental.
Laboratorio de Diagnóstico Molecular del CIAD, unidad Mazatlán	En proceso de acreditación, solicitud y documentación ingresada a la Entidad Mexicana de Acreditación, en etapa de evaluación documental.
Laboratorio de Investigación en Biología Molecular e Inmunología de la Universidad Autónoma de Nayarit	En proceso de implementación.

Como se puede observar, de los 5 laboratorios que se involucraron en el proceso, dos ya obtuvieron la acreditación, dos ya solicitaron la auditoría final por parte de EMA y uno tiene comprometido solicitar esta auditoría antes de que concluya el 2013. En los siguientes archivos se presentan los informes de cada uno de los laboratorios participantes: COSAES (“Anexo 2_1 Informe EMA COSAES”), CIBNOR (“Anexo 2_2 Informe EMA CIBNOR”), CIAD (“Anexo 2_3 Informe EMA CIAD”), ITSON (“Anexo 2_4 Informe EMA ITSON”) y UAN (“Anexo 2_5 Informe EMA UAN”). En el siguiente cuadro se resumen las actividades realizadas en los componentes principales del proyecto.

Laboratorio involucrado	Alcance del sistema de gestión de la calidad	Documentación elaborada	Capacitación y actividades del sistema de gestión de la calidad	Instrumentos de medición calibrados	Estado de la acreditación
Laboratorio de Análisis de Sanidad Acuícola de ITSON	<p>8 métodos de prueba, para los parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinación del hepatopancreatitis necrotizante bacteriana en crustáceos por PCR. • Determinación del virus del síndrome del taura (tsv) en crustáceos por PCR. • Determinación del virus del síndrome de la mancha blanca en crustáceos por PCR. • Determinación del virus de la cabeza amarilla/virus asociado al Hepatopáncreas (YGV/GAV) en crustáceos por PCR. • Determinación del virus de la necrosis hematopoyética hipodérmica infecciosa en crustáceos por PCR. • Determinación del virus de la mionecrosis infecciosa en crustáceos por PCR • Determinación del nodavirus de penaeus vannamei (PVNV) en crustáceos por PCR • Determinación del rodavirus de macrobrachium rosenbergii (MRNV) en crustáceos por PCR 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 manual de calidad Sistema de control de documentos • 14 procedimientos técnicos y administrativos • 8 procedimientos analíticos para las pruebas acreditadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 capacitaciones administrativas y técnicas • 1 auditoría interna anual • 1 revisión por la Dirección anual. 	<ul style="list-style-type: none"> • 9 micropipetas • 1 termómetro • 1 balanza analítica • 1 marco de pesas 	<ul style="list-style-type: none"> • Acreditación No. SA-0236-002/10. • Dictamen de acreditación vigente a partir de noviembre de 2010. • 3 signatarios autorizados
Laboratorio de Análisis Patológico del COSAES en Cd. Obregón	<p>7 métodos de prueba para los parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detección del Síndrome del Virus de la Mancha Blanca en camarón, peces o moluscos por PCR. • Detección de la Hepatopancreatitis Necrotizante Bacteriana en camarón por PCR. • Detección del virus de la Necrosis Hematopoyética Hipodérmica Infecciosa en camarón por PCR. • Detección del virus del Síndrome del Taura (TSV) en camarón por RT-PCR. • Detección del virus de la Cabeza Amarilla / Virus Asociado al Hepatopáncreas (YHV/GAV) en camarón por RT-PCR. • Detección del virus de la Mionecrosis Infecciosa en camarón por PCR. • Detección del Nodavirus Penaeus Vannamei (PvNV) en camarón por RT-PCR. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 manual de calidad. • 20 procedimientos técnicos y administrativos. • 4 documentos técnicos de apoyo. • 7 procedimientos analíticos para las pruebas acreditadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 capacitaciones administrativas y técnicas • 1 auditoría interna anual • 1 revisión por la Dirección anual. 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 micropipetas • 3 termómetros • 1 balanza analítica. • 1 marco de pesas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acreditación No. SA-0409-008/12. • Dictamen de acreditación vigente a partir de noviembre de 2012. • 1 signatario autorizado.
Laboratorio de referencia, análisis y diagnóstico en	<p>7 métodos de prueba para los parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para determinar la presencia del virus de la mancha blanca (WSSV) en camarón 	<ul style="list-style-type: none"> • 41 procedimientos administrativos y técnicos, incluyendo los de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • 7 capacitaciones administrativas y técnicas • 1 auditoría interna 	<ul style="list-style-type: none"> • 11 micropipetas • 5 	<ul style="list-style-type: none"> • Se ingreso la solicitud de acreditación el 30 de mayo de

sanidad acuícola, CIBNOR, Unidad Sonora	<p>mediante PCR en tiempo real.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento para determinar la presencia del virus de la cabeza amarilla (YHV) en camarón mediante PCR en tiempo real. • Procedimiento para determinar la presencia del virus del síndrome del Taura (TSV) en camarón mediante PCR en tiempo real. • Procedimiento para determinar la presencia del virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV) en camarón mediante PCR en tiempo real. • Procedimiento para determinar la presencia del virus de la mionecrosis infecciosa (IMNV) en camarón mediante PCR en tiempo real. • Procedimiento para determinar la presencia de la bacteria causante de la necrosis hepantopancreática (NHP-B) en camarón mediante PCR en tiempo real. • Procedimiento para determinar la presencia de <i>Penaeus vannamei</i> nodavirus (PvNv) mediante PCR 	<p>preventivo de los equipos y los de las verificaciones intermedias de los instrumentos de medición.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 manual de calidad • 9 documentos de apoyo • 7 procedimientos analíticos para las pruebas acreditadas. • Cuentan con software de control de documentos. 	<p>anual</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 revisión por la Dirección anual. 	<p>termómetros</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 balanza analítica • 1 marco de pesas 	<p>2013 y se está en etapa de evaluación documental.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 signatarios propuestos
Laboratorio de Diagnóstico Molecular del CIAD, unidad Mazatlán	<p>2 métodos de prueba para los parámetros de: WSSV, TSV, IHHNV, YHV, IMNV, PVNV</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1 manual de calidad. • 24 procedimientos administrativos y técnicos. • 1 manual de procedimientos para la detección de virus de DNA y RNA. • Manejo de documentos a través de intranet 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 capacitaciones administrativas y técnicas. • Auditoría interna programada para el mes de junio. 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 micropipetas • 3 termómetros • 1 balanza de precisión. • 1 marco de pesas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha llevado a cabo el trámite de pago ante la EMA. • La fecha programada para el ingreso de la solicitud de acreditación, es a finales del mes de junio.
Laboratorio de Investigación en Biología Molecular e Inmunología de la Universidad Autónoma de Nayarit	<p>6 métodos de prueba para los parámetros de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • WSSV • IHHNV • TSV • YHV • IMNV • Bacteria NHP. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 manual de organización. • 1 manual de calidad. • 12 procedimientos administrativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 capacitaciones administrativas y técnicas. • Auditoría interna programada en dos etapas, para los meses de agosto y octubre. • Revisión por la Dirección programada en dos etapas, para los meses de agosto y octubre. 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 micropipetas 	<ul style="list-style-type: none"> • La fecha programada para el ingreso de la solicitud de acreditación, es en el mes de noviembre.

Módulo 3. Caracterización de cepas virales del WSSV existentes en México y evaluación de su virulencia.

La enfermedad de la mancha blanca (EMB) es una infección causada por el virus denominado "virus del síndrome de la mancha blanca" (VSMB ó WSSV por sus siglas en Ingles) que ataca a un amplio espectros de crustáceos y causa perdidas cuantiosa a la industria del cultivo de camarón. La enfermedad causa mortalidades de hasta el 100% y en ocasiones las pérdidas son mínimas, lo cual lleva a pensar que además de las cuestiones de manejo y de parámetros ambientales no controlables, las capacidades de virulencia del virus puedan ser diferentes entre tipos virales. En México la parte noroeste que comprende los estados de Nayarit, Sinaloa, Sonora y las Bajas Californias son la región de mayor producción de camarón y donde, de haber problemas sanitarios, el impacto económico es mayor. Otro problema no menor es que, a pesar de haberse descrito múltiples portadores del virus y como consecuencia múltiples rutas de entrada a un estanque donde se cultivan camarones, no era posible saber el origen de entrada del patógeno, lo cual permita diseñar y llevar a cabo medidas de contención o mitigación. Por lo que en el trabajo realizado el objetivo fue conocer el estado actual en la región respecto a la distribución espacio-temporal de las variedades de virus que ahora sabemos prevalecen en la región y establecer a un nivel confiable de certeza, la correlación que existiese entre las diferentes variedades virales identificadas y el nivel de daño capaces de provocar. La estrategia metodológica consistió en colectar durante dos años (2011 y 2012) camarones moribundos o muertos con signos de la enfermedad y conservarlos a baja temperatura (de -20 a -86°C) para recuperar partículas virales viables y DNA de los organismos de manera individual. El DNA recuperado sirvió de molde para amplificar por PCR (con oligonucleótidos específicos como iniciadores) las regiones del genoma viral: ORF 94, ORF 75 y ORF 125, los cuales han sido empleados para genotipificar a este virus, los amplicones obtenidos utilizando Taq DNA polimerasa de alta fidelidad fueron secuenciados y con base en las secuencias se establecieron los haplotipos existentes y su frecuencia por junta local y por estado en cada uno de los años analizados (en algunos casos se utilizó material colectado previamente a este proyecto), lo que permitió establecer los mapas de distribución geográfica y temporal con base en cada uno de los marcadores moleculares utilizados, dentro de los hallazgos, sobresale el hecho de la gran diversidad de haplotipos existentes utilizando cualquiera de los ORFs: 50, 17 y 69 haplotipos para ORF 94, ORF 75 y ORF 125 respectivamente. Se observó también una distribución generalizada en la región de algunos haplotipos utilizando cualquiera de los tres marcadores y la exclusividad de algunos haplotipos en juntas locales específicas y que podían permanecer en ella al menos por dos años, que es el periodo de tiempo estudiado hasta ahora. Esta dinámica reafirma la idea acerca de los múltiples de la infección, esto deriva en que la utilización de esta estrategia de genotipificación es una herramienta poderosa para conocer el origen viral. Como producto de este trabajo se diseñó, para su transferencia a los productores, un manual que les indica qué y cómo hacer para llegar a establecer el origen del

virus en algún evento de mortalidad causada por el WSSV, así como los beneficios de hacerlo. En el mismo contexto sobre productos del proyecto, se formaron recursos humanos (cuatro QFBs) capaces de diseñar y llevar a cabo estrategias moleculares para establecer el origen viral en un evento infeccioso causado por el WSSV.

Una vez establecido el haplotipo de un aislado viral, es posible correlacionarlo con su capacidad de causar daño, por lo que en este trabajo se calcularon los coeficientes de correlación haplotipo-mortalidad como una medida de la relación haplotipo-virulencia, con las reservas que impone el hecho de que los datos a partir de los cuales se establece la mortalidad en un estanque, están sujetos a la influencia de muchos factores inherentes a la práctica comercial de la actividad, como por ejemplo al hecho de que si en una granja empieza a presentarse mortalidad, se cosecha de inmediato lo que no permite recoger el dato real de la mortalidad que hubiese ocasionado el virus al no cosechar de inmediato. Aplicando la prueba de Spermán no se encontró correlación estadísticamente significativa entre haplotipo y mortalidad en granja, siendo los valores de la prueba 0.075, 0,229 y 0.264 para ORF 94, ORF 75 y ORF 125 respectivamente. Es este un primer acercamiento para establecer la existencia de correlación de manera contundente. Gracias al proyecto, se cuenta ya con aislados virales con haplotipos distintos para realizar, en condiciones controladas, bioensayos que confirmen o desmientan lo hasta ahora encontrado.

El informe completo del proyecto que incluye los mapas de distribución de los genotipos y el análisis de las frecuencias se presenta en los anexos siguientes: "23a. Anexo 3 Informe caratula", "23b. Anexo 3_1 Informe Genotipificación parte 1", "23c. Anexo 3_2 Informe Genotipificación parte 2" y "23d. Anexo 3_3 Informe Genotipificación parte 3".

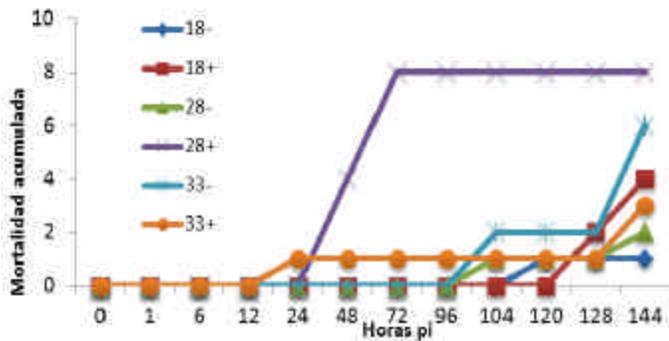
Módulo 4. Programa piloto de protección contra el virus de la mancha blanca en camarones de talla reproductor de una Unidad Productora de Postlarvas.

De todas las posibilidades que ofrece la biotecnología para crear vacunas que controlen la EMB, aquellas que han dado los mejores resultados son los fármacos basados en la síntesis de proteínas recombinantes, y en el mecanismo del ARN de interferencia (RNAi) o silenciamiento génico. Cuatro años de investigación en el RNAi en el CIBNOR han dado como resultado un 95% de supervivencia del camarón vacunado en presencia de alta carga viral. Hemos también establecido la mínima dosis efectiva de la vacuna, tanto para camarones de talla juvenil como para organismos reproductores en etapa reproductiva. Considerando que la presencia del VSMB en Unidades de Producción de Larvas (UPL) es un tema de alta preocupación, este proyecto se enfocó en diseñar una estrategia para la prevención y control del VSMB en estas unidades. De manera paralela, el proyecto también abordó la prolongación en el tiempo del efecto protector de la vacuna y determinar las características por las cuales el virus se mantiene de modo asintomático bajo ciertas condiciones de temperatura.

Como parte de los resultados de la 1ª etapa se tuvo que: 1) Los genes endógenos Rab7 o β -integrina son importantes para la estabilidad y consistencia de la fisiología del organismo. El gen LvRab7 participa activamente en la endocitosis de partículas nutricionales e incluso en la entrada del virus y el gen para β -integrina produce una proteína esencial cuya ausencia causó la muerte de algunos camarones tratados antes de la inoculación del virus; 2) Los genes virales vp28 y ORF89, son los mejores candidatos para la formulación de las vacunas dirigidas al mecanismo del RNAi; 3) La dosis de 5ug de dsRNA específico por organismo (0.16 ug/g) se ha establecido como la dosis mínima necesaria para proteger al camarón de talla reproductor al menos por 28 días aun en presencia de los viriones activos; 4) Se obtuvo la primera evidencia molecular de la existencia de un proceso de latencia del virus, que al menos por 4 días puede ocultarse a bajas temperaturas y manifestarse posteriormente; 5) La combinación de la técnica de PCR en tiempo real y el uso de cDNA de hemolinfa como base del diagnóstico puede hacer que la detección del virus sea más oportuna, incluso en las primeras horas de una infección.

El grado de desarrollo de la vacuna contra VSMB al iniciar este proyecto, estaba en que se desconocía la dosis mínima específica para detener la infección y el tiempo de protección que una sola aplicación puede generar en camarones de talla reproductor. Esta talla de camarón ha sido puesta como una etapa crítica para prevenir una infección en masa, debido a que estos animales confinados a maduración en una Unidad Productora de Larvas son siempre un número finito de organismos que pueden ser vacunados individualmente por el mismo personal técnico de la empresa.

De la misma forma, se sospechaba que el virus podía mantenerse en el organismo en forma asintomática o latente, por lo que fue necesario demostrar primero que este riesgo era real lo cual hacia que se justificara plenamente el tratamiento individual con la vacuna. De esta manera, este fue el primer bioensayo de reto donde se manejaron organismos de 45 gramos en hipertermia, temperatura de replicación e hipotermia. Los resultados de mortalidad y los respectivos análisis moleculares claramente evidencian una infección asintomática en hipertermia la cual cuando pasa a temperatura de replicación el virus se manifiesta incluso con mortalidad, lo cual sucede al contrario con el proceso hipertérmico ya que aquí la infección desaparece lo cual fue demostrado



incluso con los datos de expresión específica de varios genes virales.

Posteriormente, se trabajó con el tiempo (la duración) de protección generado por la aplicación de una sola dosis de la vacuna con dos diferentes genes virales (vp28 y ORF89) y un gen endógeno (Rab 7).



En todos los casos pudo constatar que a los 7 días la protección es total, o sea que los organismos en caso de que una infección ligera (25DI) se presentara, el 100% de los organismos sobreviviría, este porcentaje disminuyó con aquellos organismos donde la infección se indujo a los 14 y 21 días (a los 28 días no hubo variación), en estos la supervivencia fue solo de un 60 o 70%.

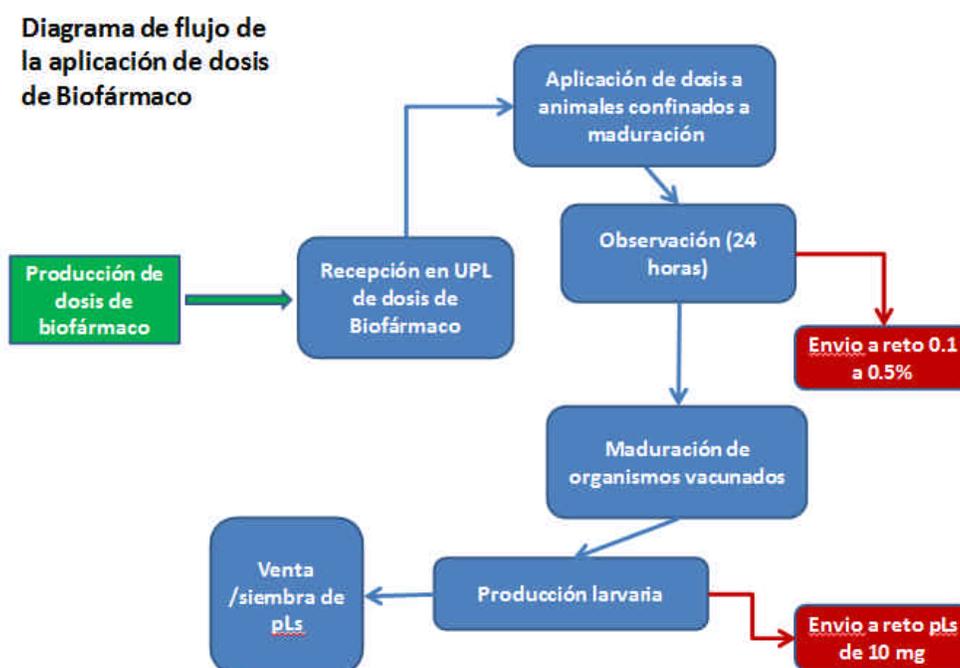


Finalmente, el bioensayo de reto que se propuso como una parte del protocolo de

aplicación de la vacuna tendría que realizarse in situ, o sea dentro de una Unidad Productora de Larvas, esto significó hacer una vinculación con la empresa Aquapacific, SA., la cual nos permitió llevar a cabo por primera vez la aplicación de 100 dosis a 100 camarones de talla reproductor (50 machos y 50 hembras), 20 de los cuales fueron trasladados al laboratorio de patología del CIAD Mazatlán y sometidos a reto contra inoculo de alta carga viral. Debido a que las mortalidades se presentaron en las primeras horas del tratamiento incluso en aquellos organismos que no estaban tratados, los resultados no fueron concluyentes, sin embargo, los datos en su conjunto nos permitieron calcular algunos costos que servirán para completar el protocolo de aplicación de la vacuna en una UPL. A continuación se presenta una siguiente tabla con un ejercicio de costos aproximados por dosis y un esquema del diagrama de flujo del protocolo de su aplicación.

Determinación de los **costos de para la protección** (en pesos mexicanos a un tipo de cambio aproximado de \$13.00 por dólar) de camarones de talla reproductor basados en la experiencia de vacunación en un lote de menos 100 reproductores por 3 técnicos de la UPL.

Biofármaco	Materiales (mx \$)	Salarios (mx \$)	Reactivos (mx \$)	Tiempo de preparación	Totales \$
1000 dosis	200	2,500	4,000	4 días hábiles	8,700
2000 dosis	350	4,000	7,000	7 días hábiles	10,350
5000 dosis	700	6,000	12,000	10 días hábiles	17,700
10000 dosis	500	8,000	15,000	15 días hábiles	21,500



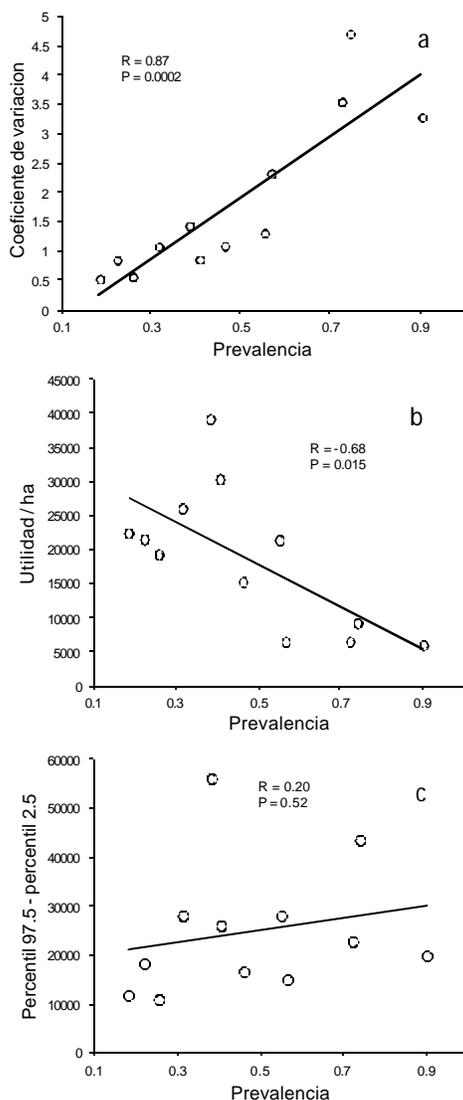
En el "Anexo 4 Informe vacunación RNAi" se detallan los resultados y productos entregables del Módulo 4.

3.2 Ecoeficiencia. En los módulos 5 y 6 se presentan los resultados concernientes al tema de la ecoeficiencia tanto desde el punto de vista económico como nutricional. Los resultados que se presentan permiten ofrecer un panorama de la situación actual y emitir recomendaciones para que en un plazo de 10 años la industria en su conjunto oriente su desarrollo a ser más eficiente en el uso de los recursos con un menor impacto al ambiente.

Módulo 5: Análisis económico y de la ecoeficiencia del cultivo de camarón ante escenarios de riesgo sanitario. Se realizó un Análisis de riesgo económico asociado a la prevalencia de la

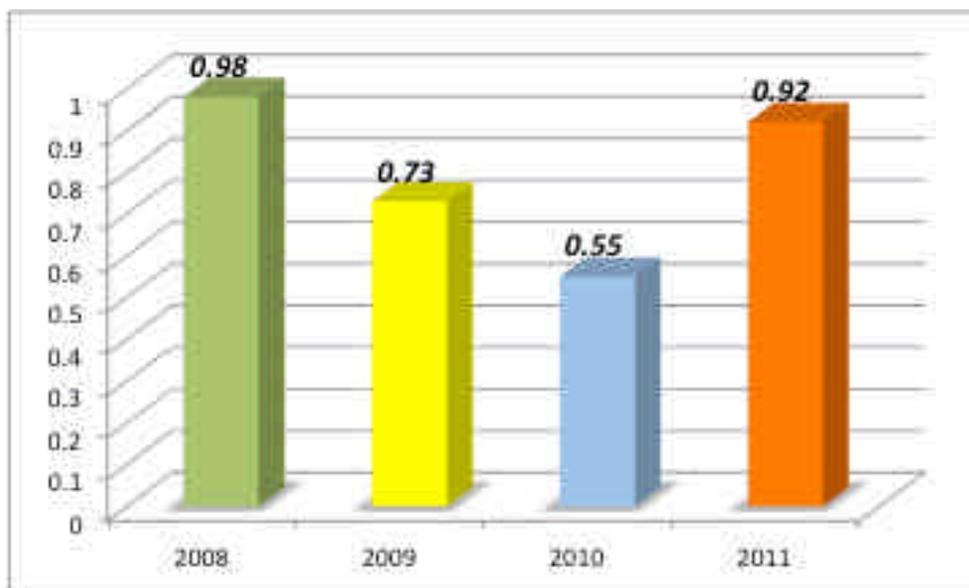
enfermedad de la mancha blanca en el Estado de Sinaloa durante 2008-2010. El coeficiente de variación (CV) se usó como indicador de riesgo. Los valores medianos de las utilidades anuales variaron entre \$4750/ha y \$39600/ha durante el periodo. Los valores del CV indicaron que la junta de Ahome estuvo sujeta a menor riesgo (0.92), seguida por la de Guasave Sur (1.72), la de Guasave Norte (2.04), y la de Angostura (2.47). El mayor riesgo económico estuvo asociado a la mayor prevalencia de la enfermedad y precios bajos del camarón.

Se detectó una relación inversa significativa entre los precios del camarón y la prevalencia. El análisis de sensibilidad indicó que la prevalencia de la enfermedad fue el principal factor de riesgo, seguido por la variabilidad en las utilidades cuando se opera bajo condiciones normales y cuando se opera bajo afectación por la enfermedad. Se concluye que las prácticas de cultivo realizadas en la junta de Ahome tienden a ser más efectivas que las de las otras juntas para la reducción del riesgo económico asociado con la enfermedad.



Correlaciones entre el indicador de riesgo (coeficiente de variación) (a), utilidades anuales (b) y diferencia de las utilidades entre el percentil 97.5 – percentil 2.5 (c) con la prevalencia de la enfermedad.

Con base en datos de fuente primaria (granjas) recopilados a partir de la aplicación de un formato de datos, por medio del CESANAY y sus oficiales en el Estado, se analizó *eficiencia técnica* y *eficiencia económica* de la camaronicultura en Nayarit, en sustitución a indicadores como el rendimiento (kg/ha) que usualmente evalúa a la industria. En base a los resultados, se encontró que los indicadores *eficiencia técnica* y *eficiencia económica* captan y reflejan el impacto por enfermedades virales, y que después de un brote de la misma se da una recuperación en la eficiencia tanto técnica como ambiental de las granjas. Esto es, que aunque después del brote viral las granjas producen menos (kg/ha), lo hacen de una manera más eficiente tanto en uso de insumos como en no liberación al medio de N y P en las descargas. La eficiencia técnica está influenciada por el uso del bombeo para ajustar eventos de enfermedades, y el alimento por la sobrealimentación que se da como resultado de la mortalidad por enfermedades. Se recomienda continuar con esta evaluación en una base anual y capacitar a los productores a entender y utilizar de manera ordinaria estos indicadores de desarrollo sostenible.



Eficiencia ambientalmente ajustada del cultivo de camarón en las juntas locales de Rosamorada y Tecuala, Nayarit. Serie histórica 2008-2011.

Las conclusiones y recomendaciones reflejadas en este informe técnico (ver “Anexo 5 Informe análisis bioeconómico”) resumen los principales resultados de los componentes de eficiencia técnica y eficiencia ambientalmente ajustada, y se insertan en el marco de la propuesta de un Programa de mejora de la ecoeficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo 2013-2023 (Ver sección 6.9). De este estudio se generaron dos manuscritos que han sido enviados para su publicación en revistas científicas (ver “Anexo 5_1 MS economic risk” y “Anexo 5_2 MS eficiencia tecnica ambiental”).

Los resultados del análisis económico de eficiencia técnica y ambientalmente ajustada de este estudio, si bien parciales (solo disponibles para Nayarit), dan nuevamente indicios y confirman resultados que se habían obtenido previamente con estudios de la camaricultura comercial para el sur de Sonora y Sinaloa por Martínez-Cordero y Leung (2004 y 2005): los eventos de enfermedades virales aumentan significativamente la ineficiencia económica de producción, y la ambientalmente ajustada también al aumentar las descargas de N y P al medio ambiente. Sin embargo, es claro también un ajuste rápido que refleja experiencia en el manejo de estos eventos y los trabajos de los Comités Estatales de Sanidad. Solo toma 2 años para que los niveles de eficiencia técnica y ambientalmente ajustados no solo se recuperen sino que regresen a niveles muy altos.

Cumplir en el futuro con metas más altas de eficiencia ambientalmente ajustada (aquella que económicamente se mide no solo por el producto obtenido sino por el no deseado y generado como N y P en las descargas) requerirá dos componentes en los cultivos comerciales día a día: 1) que los productores de alimento sean claros en los etiquetados de sus diversos tipos de alimento, en función no solo de nivel de N en el alimento sino especialmente nivel de fósforo en las formulaciones; y 2) que los productores de camarón incorporen en sus prácticas estándar de cada ciclo, monitorear (muestras aleatorias pero significativas) las descargas de estos dos componentes al medio ambiente.

Cumplir con estos dos componentes permitirá tener información más cercana de las entradas y salidas de N y P a la caja de producción, y no ser asumidos por modelos de balances de masas, indirectamente. El segundo procedimiento debe dejar de ser visto como un elemento experimental, o académico, y ser incorporado en las prácticas día a día tal como se está acostumbrado a tomas de biometrías, por ejemplo. Es decir, el productor responsable con su entorno debe asumir que saber lo que está emitiendo al mismo no es solo parte de proyectos de investigación, sino información que requiere para mostrar que sus actividades son sustentables, que siguen una ruta de desarrollo deseado por la industria. La ventana de éxito en el cultivo de camarón futuro es reducida y sin duda estará determinada por competitividad. La correcta toma de decisión en este sentido, puede ser clave al guiar la elección de estrategias de desarrollo.

Módulo 6. Ecoeficiencia.

Los proyectos llevados a cabo como parte de este módulo comprenden el estudio de la ecoeficiencia desde el punto de vista del análisis de calidad de alimentos y probióticos comerciales para camarón, el desempeño productivo que éstos brindan en condiciones de cultivo comercial, la influencia del manejo de la granja en el desempeño productivo de los alimentos, los parámetros comparativos entre alimentos en función de la retención y la liberación de nutrientes (principalmente Nitrógeno (N) y Fósforo (P)) y las bases genéticas de la eficiencia de retención de N y P. Con esta información se presenta un análisis del estatus actual de alimentos comerciales en México en función de la ecoeficiencia y con base en éste, se plantea la elaboración de un Programa de mejoramiento de la ecoeficiencia para un período de 10 años, el cual definirá algunas líneas sobre las cuales deberá caminar la industria (desglosada en los diversos actores de la cadena productiva) para contar con una camaronicultura económica y ambientalmente mas eficiente.

6.1 Digestibilidad y de las características bromatológicas, perfil de amino ácidos y perfil de ácidos grasos de los alimentos para camarón

La camaronicultura es una de las actividades económicas que ha crecido más rápido y ha alcanzado una expansión a nivel mundial. El cultivo de camarón en México se inició a partir de 1985 y la actividad ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años. México se convirtió en un importante productor de camarón por acuicultura del hemisferio Oeste (Páez-Osuna, 2001). La región Noroeste presenta una concentración del cultivo del 97%, principalmente alrededor del Golfo de California, en la zona costera de los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Sonora y Nayarit.

La acuicultura del camarón *Litopenaeus vannamei* ha tenido avances importantes en los procedimientos para lograr una industria rentable, se han mejorado los pies de cría en el área de sanidad y en el fortalecimiento del anabolismo, se han modificado los protocolos de siembra de postlarvas y de engorda de camarón. El alimento para la engorda del camarón ha tenido más demanda, por lo que su producción ha aumentado, pero en muchos casos no se sabe de la calidad de éste en cuanto a la promoción de Crecimiento, Supervivencia y Factor de conversión alimenticia. Las empresas ya establecidas como PURINA, NASA, NUTRIMAR, AZTECA, VIMIFOS, HAZQUER, COSTAMAR, PIASA y algunas otras que están emergiendo realizan análisis de los componentes de sus alimentos, pero la información detallada sobre su composición y características normalmente esta disponible.

El objetivo de este informe es exponer los resultados del análisis de la calidad (calidad = buen crecimiento, supervivencia y FCA) de 22 alimentos comerciales para camarón utilizados en el ciclo 2011. Para la toma de muestras, el grupo AERI decidió que las muestras fueran tomadas por los

Comités de Sanidad Acuícola de cada Estado y se transfirieran a los laboratorios de análisis etiquetados con una clave que los comités mantendrían hasta el final del proyecto. De esta manera, los laboratorios que analizaron las muestras desconocieron las marcas. Se propuso una ecuación que integra los tres factores de calidad y se la llamó Tasa de Desempeño en la Producción (TDP) para establecer tres niveles de calidad de los alimentos. Para explicar el nivel de calidad de los alimentos, se realizaron análisis Bromatológicos, Perfil de Aminoácidos, Perfil de Ácidos Grasos, Digestibilidad Aparente e *in vitro* utilizando pH stat y Actividad inhibitoria de proteasas por parte de los alimentos. Los resultados y la discusión de los mismos se encuentran en el archivo "28. Anexo 6_1 ecoeficiencia digestibilidad y bromatología".

De manera general, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Los alimentos comerciales para camarón utilizados en el ciclo 2011 generan una Tasa de Desempeño en la Producción de camarón en diferentes niveles que van desde una unidad y hasta seis veces más.
2. La utilización de la Tasa de Desempeño en la Producción (TDP) para analizar los alimentos comerciales, resultó ser útil para clasificarlos en diferentes niveles de calidad (Calidad = mejor crecimiento, supervivencia y FCA)
3. La información contenida en las etiquetas de los alimentos para camarón no es estándar, cada compañía señala diferentes características del alimento y en general hay inconsistencia entre lo que mencionan las etiquetas y los resultados de los análisis bromatológicos.
4. Los diferentes niveles en la Tasa de Desempeño en la Producción se explica por diferentes características que tienen los alimentos. Aunque se da una explicación general para cada uno de los grupos (Bajo, Mediano y Alto TDP), cada alimento tiene características particulares que los colocan en cada grupo TDP.
5. La concentración de Lípidos está fuertemente asociada a la Tasa de Desempeño en la Producción. Éstos juegan un papel importante promoviendo un mejor crecimiento, supervivencia y FCA incluso cuando hay otras características no deseables como baja cantidad de proteína o poca digestibilidad.

A partir de estas conclusiones se presentan varias recomendaciones:

1. Estandarizar la información contenida en las etiquetas de los alimentos para camarón.
2. Disminuir el riesgo de sobrecalentamiento durante la elaboración de los alimentos, que pueda provocar daños en los Lípidos, Proteína, Fosforo disponible, Estabilidad del alimento que afectan la Tasa de Desempeño productivo.

3. Mejorar la proporción entre los niveles de Proteína y el Fosforo soluble, al mismo tiempo que se disminuye el Fosforo residual.
4. Mejorar el control de calidad de los insumos que puedan estar deteriorados como consecuencia de sobrecalentamiento, mal almacenamiento, contaminación o elaborados con materiales de mala calidad.
5. Promover la innovación tecnológica en la producción de harinas y aceites de origen marino para mejorar su calidad nutricional y evitar su deterioro.
6. Evaluar las mejoras en la calidad de los alimentos mediante la Tasa de Desempeño Productivo (TDP).

6.2 Niveles de ecoeficiencia en granjas de producción acuícola del Noroeste de México

La ecoeficiencia es un término basado en el concepto de crear más bienes y servicios utilizando menos recursos, mientras se reduce la contaminación y la generación de residuos. El objetivo de este trabajo consistió en calcular los diferentes porcentajes de retención o recuperación de nitrógeno y fósforo de las granjas camaroneras del Noroeste de México para conocer los niveles de Ecoeficiencia. Para el cálculo de la ecoeficiencia se utilizaron los valores de: Rendimiento de producción ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), Alimento artificial suministrado ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), Supervivencia (%), Ciclos de cultivo (por año) y Densidad de siembra ($\text{org}\cdot\text{m}^{-2}$). Esta información fue proporcionada por los comités de sanidad acuícola del Estado de Sonora, Sinaloa y Nayarit (COAES, CESASIN y CESANAY, respectivamente). Se analizaron un total de 2177 casos registrados de 2004 a 2011. Para el análisis fueron establecidos cuatro escenarios; Escenario 1 (Nacional), Escenario 2 (Sonora), Escenario 3 (Sinaloa) y Escenario 4 (Nayarit). De acuerdo con los resultados del estudio los valores promedio de ecoeficiencia en el escenario Nacional es de 37.5% para uso de nitrógeno y 16.6% para el fósforo, valores muy similares al promedio registrado en la literatura cuando se cultiva *L. vannamei*. El análisis entre los diferentes Estados presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) con valores que van del 27 al 45% para el nitrógeno y 11 al 20% de fósforo. Esta diferencia indica que hay factores que influyen notablemente en la ecoeficiencia de las granjas camaroneras, tal es el caso de la densidad de siembra, el factor de conversión del alimento, el número de ciclos de cultivo por año y la presencia de enfermedades. Otros factores que pueden estar influyendo favorablemente son: el uso de maternizaciones en los sistemas de cultivo, utilizar alimentos de buena calidad, utilización de aditivos de eficiencia comprobada, control de la presencia de fauna nociva en los cultivos, mejorar la calidad genética y fenotípica de los organismos utilizados, aumentar el aprovechamiento de la productividad natural disponible en los estanques y mejores manejos de las prácticas de alimentación. El informe detallado de esta sección se encuentra en el archivo "29. Anexo 6_2 ecoeficiencia granjas acuicolas".

6.3 Manejo de los alimentos y los sistemas de cultivo en granjas de producción.

La industria de la acuicultura en los últimos años ha ido en incremento a nivel mundial. Este crecimiento ha requerido de considerables cantidades y marcas de alimento artificial con altos niveles de proteína y compuestos nitrogenados. En el presente trabajo se presenta una estimación del porcentaje de ecoeficiencia o recuperación en el uso del Nitrógeno proveniente del alimento artificial y un análisis de la tasa de desempeño productivo (TDP) en granjas camaroneras que utilizaron diferentes alimentos comerciales (8 en total). Para el análisis se utilizaron los datos de tasa de crecimiento semanal (g/semana), supervivencia (%), factor de conversión alimenticia (FCA), producción de camarón (kg/ha) y porcentaje de proteína contenida en los alimentos utilizados durante el ciclo de cultivo de 2011 en 4 granjas camaroneras ubicadas en el Estado de Sonora. Los resultados del estudio indican que solo dos de los alimentos evaluados (A-9 y A-10) generaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la recuperación de nitrógeno o Ecoeficiencia, siendo el mejor alimento el A-9. La TDP no tuvo diferencias significativas entre los diferentes alimentos probados, no obstante se observa una gran variabilidad de los valores obtenidos. La mayor variabilidad se observa en la granja G-3 cuando utilizó el alimento A-10 y se obtuvieron valores en la TDP que van de 0.27 a 0.87. Lo anterior sugiere que diversos factores bióticos y abióticos pueden influir en la TDP, por ejemplo la productividad natural, profundidad de los estanques, oxígeno disuelto, manejo del alimento y aditivos. En general las granjas estudiadas recuperan entre el 20 y 45 % del nitrógeno suministrado en el alimento con una TDP del 0.25 a 1.10. El informe detallado de esta sección se encuentra en el "30. Anexo 6_3 ecoeficiencia manejo alimentos".

6.4 Factores de manejo de los alimentos y los sistemas de producción relacionados con la ecoeficiencia en el uso de los alimentos

El propósito de este informe consiste en identificar factores que influyen en la ecoeficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo en la industria acuícola del cultivo de camarones en el Noroeste de México que permitan fundamentar un programa de mejora de la ecoeficiencia para la década 2013-2023.

Hay un reconocimiento internacional sobre los niveles de ecoeficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo en la acuicultura de camarones, que por un lado influye en el 50% de los costos de producción y por otro en los niveles de nutrientes residuales que son liberados al medio ambiente y que conjuntamente con otras actividades humanas (agricultura, actividad agropecuaria, agroindustria y concentraciones urbanas) contribuyen a la eutrofización cultural de los ecosistemas adyacentes a los desarrollos acuícolas. Una vía para disminuir estos impactos al ambiente, al mismo tiempo que disminuyen los costos consiste en elaborar un programa de mejora en los

niveles de ecoeficiencia con los que la industria acuícola en su totalidad utiliza el nitrógeno y el fósforo. Ello no puede lograrse si no se identifican los factores que afectan la ecoeficiencia en el uso del N&P, así como las vías para influir en estos factores.

Considerando que la ecoeficiencia tiene un relación con el desempeño productivo y que para los acuicultores es más fácil medir y entender la mejora en el desempeño productivo, en este informe se analizaron aquellos factores a nivel de los alimentos balanceados y del manejo en granjas que fueron relacionados con la tasa de desempeño productivo y la ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y fósforo.

El informe completo de esta sección se encuentra en los archivos "*Anexo 6_4 ecoeficiencia factores*" y "*Anexo 6_4 ecoeficiencia factores figuras 20_32*". De ellos algunas de las conclusiones mas relevantes son las siguientes:

- Las dietas de menor desempeño (<0.45) fueron las que presentaron mayores niveles de estabilidad en términos de % retención de materia seca (>91.9%).
- La tasa de desempeño productivo estuvo correlacionada con la atractividad únicamente con los alimentos con desempeño menor a 0.4, y aumenta con la atractividad.
- La disminución de los niveles de proteína de las dietas al 25% o menos, es una opción atractiva para mejorar la ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y fósforo.
- Las dietas con desempeño productivo mayores a 0.45, medido en bioensayos de laboratorio, tuvieron una bondad de ajuste con los aminoácidos de la proteína del camarón entre 0.78 y 0.90.
- Cuatro de las 22 dietas analizadas mostraron el menor desempeño productivo con la menor bondad de ajuste de sus aminoácidos con los de la proteína del camarón.
- Otros factores como; los niveles de fósforo solubilizable en la dieta, niveles de fósforo asimilados por el camarón, déficit de aminoácidos esenciales, exceso de estabilidad pueden limitar el desempeño productivo aun cuando las dietas tengan una composición de aminoácidos que se aproxime a la de la proteína del camarón.
- La disminución del nivel de proteína de las dietas, combinada con la disminución del nivel de inclusión de harinas ricas en huesos incrementa de manera significativamente la ecoeficiencia en el uso del fósforo.
- Dietas de alto desempeño tiene niveles de lípidos mayores al 9%, están asociadas a resultados consistentes con crecimientos, supervivencias mejores y factores de conversión menores.

- Dietas con niveles de lípidos menores al 9% están asociadas a una mayor variación en desempeño productivo.

- Los sistemas de reciclamiento de residuales mediante el manejo microbiológico de los sistemas de producción que involucra la reconversión de nutrientes a proteína y lípidos es una alternativa para incrementar los niveles de ecoeficiencia.

6.5. Informe técnico de los niveles de liberación de residuales de nitrógeno y fósforo de alimentos seleccionados

La ecoeficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) contenido en los alimentos reportada en el informe 6 fue de 27.64 %, con un mínimo del 13.81% y un máximo de 37.25%, lo que implica un nivel promedio de nitrógeno residual del 72.36%. Mientras que para el fósforo la evaluación de los niveles de ecoeficiencia fue de 12.46 %, con un mínimo de 4.99% y un máximo de 24.74%, lo que implica un nivel promedio de fósforo residual de 87.54%.

El nitrógeno y fósforo residuales son liberados por los camarones a los sistemas de cultivo y constituyen una entrada de nutrientes a los sistemas de cultivo que desencadena el proceso de eutrofización cultural. Cuando este proceso pone en riesgo la operación de los sistemas de cultivo los excedentes son liberados al medio ambiente mediante recambios de agua y movilizados a los ecosistemas adyacentes contribuyendo junto con la agricultura, la actividad agropecuaria y las zonas urbanas a la eutrofización cultural del ambiente costero.

Uno de los beneficios derivados del incremento de la ecoeficiencia consiste en disminuir los impactos al ambiente al hacer un mejor uso de estos residuales de nitrógeno y fósforo. Una alternativa que está siendo adoptada consiste en el reciclamiento de estos residuales en sistemas hiperintensivos para direccionar estos nutrientes a la producción de nueva proteína y lípidos mediante el manejo microbiológico de los sistemas de cultivo.

Esta alternativa depende en una medida importante de las formas en la que fluyen los nutrientes residuales, ya que la comunidad microbiológica requiere una proporción ideal de Nitrógeno:fósforo inorgánico solubles de 16:1, de conformidad con el índice de Redfield (1934), ya que las comunidades microbiológicas del mar presentan esta misma proporción en todos los océanos del mundo tanto en la zona planctónica como en la bentónica. Sin embargo, la liberación de residuales fluye en diferentes formas orgánicas e inorgánicas, disueltas y particuladas y en el momento de la liberación no necesariamente todos los residuales se presentan en formas inorgánicas y disueltas. Por otra parte dada la diversidad de alimentos que utiliza la industria acuícola, y dada la evolución de las formulaciones a sustituir la harina de pescado muy rica en fósforo (reportado en el informe 4) por otros insumos resulta necesario caracterizar los nutrientes residuales que fluyen por los sistemas de cultivo con el fin de desarrollar estrategias para su reciclamiento.

Se analizaron los nutrientes residuales de *L. vannamei* con tres lotes de muestras, un primer lote de muestras de alimentos comerciales fue analizado por Nogales-Acuña (2010) quien realizó su tesis de maestría con la evaluación de ocho dietas comerciales empleando para ello tres dietas control. El segundo lote de muestras correspondió a la evaluación de 22 dietas para camarón que se estudiaron como muestras ciegas y que fueron analizadas con respecto a sus niveles de retención de nitrógeno y fósforo y la ecoeficiencia con que las utilizan. En este informe se reportan los resultados de esta evaluación. El tercer lote de muestras correspondió a un diseño experimental orientado a evaluar el efecto combinado de la disminución de los niveles de proteína con la sustitución de harina de pescado por harina de soya en condiciones isoaminoácidas, isolípicas e isocalórica en la liberación de nutrientes residuales.

El informe completo se presenta en el "Anexo 6_5 ecoeficiencia liberación N y P". Un resumen de las conclusiones es el siguiente:

- El nitrógeno inorgánico disuelto y el fósforo orgánico particulado predominan en los nutrientes residuales de *L. vannamei*.
- La proporción nitrógeno total:fósforo total aunque en promedio se acerca a 16N:1P, hay un grupo de dietas que tiene valores superiores.
- La proporción nitrógeno inorgánico disuelto: fósforo orgánico disuelto se encuentra en valores superiores a 16N:1P, lo cual implica un déficit de fósforo inorgánico disuelto para el reciclamiento.
- Las dietas con más pobre desempeño son las que más se alejan de la proporción 16:1.

6.6 Informe técnico de los niveles de retención, crecimiento, supervivencia y factor de conversión alimenticia de alimentos acuícola seleccionados.

La ecoeficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo del camarón de cultivo *Litopenaeus vannamei* en condiciones de laboratorio y alimentados con muestras de alimentos balanceados comerciales, fue evaluada en el Laboratorio de Nutrición experimental del CIBNOR Campus El Comitán, Municipio de La Paz, Baja California Sur por el método de retención. Se realizaron evaluaciones para un lote de alimentos colectado por ITSON (8 muestras) para montar la metodología, dos lotes de alimentos balanceados colectados por los Comités Estatales de Sanidad Acuícola y enviados al CIBNOR vía CIIDIR-IPN como muestras ciegas codificadas con una numeración sucesiva (22 y 11 muestras). Se realizaron bioensayos para determinar el efecto de la disminución del nivel de proteína (3 dietas) y la disminución del nivel de inclusión de harina de pescado sobre la ecoeficiencia (seis dietas). Adicionalmente se evaluó en condiciones hiperintensivas de granja el efecto de la disminución del nivel de proteína (tres dietas) sobre la ecoeficiencia.

En el archivo adjunto “Anexo 6_6 ecoeficiencia retención” se detallan los resultados de este proyecto y se presentan conclusiones y recomendaciones. UN resumen de las conclusiones es el siguiente:

La ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y el fósforo está correlacionada directa y significativamente con la tasa de desempeño productiva y aumentan con la disminución del contenido proteico en los alimentos.

La ecoeficiencia en el uso del nitrógeno fue de 27.64 %, con un EUN mínimo del 13.81% y un máximo de 37.25%, lo que implica un nivel promedio de nitrógeno residual del 72.36%.

La evaluación de los niveles de ecoeficiencia en el uso del fósforo fue de 12.46 %, con un EUP mínimo de 4.99% y un máximo de 24.74%, lo que implica un nivel promedio de fósforo residual de 87.54%.

Los niveles de ecoeficiencia en el uso del nitrógeno obtenidos en cultivos hiperintensivos para niveles bajos de proteína se acercan al 50%, mientras que los de ecoeficiencia en el uso del fósforo alcanzan el 16%

6.7. Informe técnico sobre las bases genéticas de los factores relacionados con el uso eficiente de los alimentos balanceados

Considerando que el consumo de alimento representa más del 60% de los costos de producción de una granja, el mejoramiento de la eficiencia alimenticia se convierte en un importante reto. En este sentido, es necesario explorar el potencial de mejoramiento de este factor a través de la selección genética. Tal como lo menciona Gjedrem (2010) la eficiencia alimenticia es un carácter complejo ya que esta determinado por todos aquellos genes influenciados por el consumo de alimento, la retención o pérdida de nutrientes a través de las heces y otros productos de excreción, el gasto energético basal y en actividad, la composición química del paso ganado o la producción de gónada. La selección de un organismo más eficiente debe enfocarse en aquellos individuos con un menor gasto energético y de nutrientes.

La evaluación del balance energético en animales acuáticos es útil para conocer la forma en que los organismos usan la energía y la convierten en biomasa. En un modelo de balance energético se integran diversas respuestas fisiológicas con el fin de conocer el destino de la energía ingerida, tomando en cuenta factores como el mantenimiento homeostático y de funciones básicas y producción de biomasa (crecimiento) de un individuo el cual es determinado por la masa y el balance energético, limitado a su vez por la fuente de energía y nutrientes, estableciendo entonces que los individuos con mayor beneficio (eficientes) son aquellos que después de haber cubierto los gastos metabólicos de mantención, tendrán la mayor masa y energía por unidad de tiempo necesaria para la producción de biomasa corporal.

El objetivo de este subproyecto fue determinar si la eficiencia alimenticia, medida como la eficiencia en la utilización del Nitrógeno y el Fósforo, tiene una base genética que indique un potencial futuro de mejoramiento a través de selección.

Los resultados del primer experimento indican que, para varios de los índices de metabolismo de nitrógeno utilizados, los organismos más grandes producen significativamente menos catabolitos que los pequeños sobre la base de la relatividad del peso. Esto sucedió tanto en ayuno (en el que se mide el metabolismo basal) como en realimentación. Es importante notar que los organismos seleccionados para el experimento fueron de la misma edad. Estos resultados sugieren que los ejemplares más grandes tienden a ser más eficientes, lo que precisamente explicaría su mejor desarrollo.

Los resultados del segundo experimento muestran que los organismos del grupo con un origen de selección de tres generaciones tuvieron valores de metabolismo menores que los no seleccionados a pesar de no presentar diferencias en talla. Si bien las diferencias no fueron significativas, es posible que el proceso selectivo que ha sido dirigido a incrementar la tasa de crecimiento este también conduciendo a mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno. En el caso de los grupos analizados, a talla de cosecha (16 gr) el grupo de selección (verde) presentó un crecimiento 14% mayor que el no seleccionado (azul). Estos resultados indican algún potencial de selección indirecta en la eficiencia en el uso de nitrógeno mediante la tasa de crecimiento si estos factores están genéticamente correlacionados. El detalle de los resultados de este subproyecto se presenta en el "Anexo 6_7 ecoeficiencia bases genéticas".

6.8. Informe técnico del estatus de ecoeficiencia de los alimentos y probióticos comerciales

La ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y fósforo es afectada significativamente por la supervivencia de las poblaciones de camarón en los sistemas de cultivo, los problemas de sanidad acuícola constituyen la causa principal de que este factor disminuya significativamente. Desde 1999 en que se detectó el virus de la mancha blanca (VSMB-WSSV) en las poblaciones de camarón en el Golfo de California, las empresas han experimentado problemas de supervivencia que afectan tanto el desempeño como la ecoeficiencia (Fig. 1). Se ha reportado que las coinfecciones de *Vibrios* con el virus de la mancha blanca constituyen uno de los problemas más críticos, el cual se ha agravado a partir de la emergencia de nuevos *Vibrios* con características más patógenas. Para mejorar la ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y fósforo se requiere que las estrategias de cultivo concilien los objetivos de bioseguridad y ecoeficiencia.

Se ha reconocido que una de las mejores estrategias para contender con microorganismos patógenos consiste en el uso de microorganismos benéficos que se han denominado genéricamente como probióticos. Sin embargo, en un sentido estricto las diferentes especies de microorganismos benéficos pueden actuar a nivel probiótico en los intestinos de los camarones excluyendo otros

microorganismos, pero también pueden actuar aportando otros beneficios a la salud de los organismos. Adicionalmente existen microorganismos benéficos que pueden jugar roles muy específicos consorciados o no en la asimilación de nutrientes residuales y su transformación en alimento microbiológico. Unas especies pueden oxidar el amonio a nitritos, otras oxidar los nitritos a nitratos, otras desnitrificar los nitratos sea de manera asimilatoria o desasimilatoria. Otras pueden actuar en la degradación de la materia orgánica o bien disminuir emisiones de compuestos reducidos que pueden ser tóxicos para los organismos en cultivo. También hay microorganismos antagonistas a fitoflagelados que producen mareas tóxicas. Esta diversidad de posibilidades ha generado una nueva visión de la acuicultura ligada a la microbiología. En este sentido los esfuerzos por incrementar la ecoeficiencia por la vía del reciclamiento de residuales están ligados en gran medida al manejo microbiológico de los sistemas de producción acuícola. El gran reto consiste en conciliar el manejo microbiológico con un doble propósito; mejorar el reciclamiento de residuales al mismo tiempo que se logran condiciones ambientales de alta salud e inmunidad para los organismos en cultivo combinados con sistemas de bioseguridad.

Algunas de las conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados de este subproyecto (el informe completo esta en el archivo "*Anexo 6_8 ecoeficiencia estatus alimentos y probióticos*") se presentan a continuación:

- El uso de microorganismos benéficos nativos de los ecosistemas adyacentes a las granjas de producción tiene un potencial para incrementar la ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y el fósforo a través del reciclamiento de residuales y de la protección de la supervivencia.
- Los productos con mezclas de microorganismos benéficos de origen no nativo ofrecen soluciones específicas, pero en algunos casos se desconoce su identidad taxonómica.
- Los ácidos orgánicos constituyen un potencial para mejorar el desempeño productivo y ayudar a excluir microorganismos potencialmente patógenos.

Se recomienda

- Considerar el fortalecimiento de la investigación y la innovación sobre microorganismos nativos benéficos para la acuicultura, que consideren su identificación y el conocimiento de los roles que juegan y los subproductos que se derivan de los bioreactores.
- Considerar la importancia de tener plena identificación de los microorganismos no nativos que contienen las mezclas de los productos comerciales antes de utilizarlos.
- Probar dentro de la diversidad de ácidos orgánicos su acción con las bacterias potencialmente patógenas identificadas en las diferentes regiones y evaluar su aplicación

6.9. Plan de mejora de la ecoeficiencia para el desarrollo sostenible de la acuicultura de camarón, en función de mejoras en los alimentos balanceados, mejoras en el manejo del alimento en granjas, mejoras en la retención proteica del alimento y mejoras en el manejo genético de los pies de cría.

La ecoeficiencia es una de las estrategias para el desarrollo de la acuicultura en México planteada por el Programa Nacional Rector de Pesca y Acuicultura. Es una estrategia que puede permitir a la industria acuícola mejorar su producción al mismo tiempo que puede disminuir el uso de insumos estratégicos como las proteínas y los lípidos contenidos en los alimentos balanceados, lo que puede impactar en menores costos de producción, menor impacto ambiental y por consecuencia menor riesgo sanitario.

Las mejoras en eco-eficiencia pueden tener tres componentes principales; (1) el manejo de los alimentos en las granjas y el reciclamiento del 80% de los nutrientes residuales en los sistemas de producción, (2) mejoras en los alimentos balanceados orientadas a la eco-eficiencia, y (3) mejoramiento genético con criterios de eco-eficiencia.

Considerando que el primer componente se puede desarrollar con las empresas propietarias de las granjas acuícolas (>450), el segundo con las empresas de producción de alimentos balanceados (8) y el tercero con las empresas que tienen pies de cría y operan laboratorios de producción de postlarvas (35), resulta necesario evaluar los niveles de ecoeficiencia actual en los tres segmentos de la producción, así como los factores que la determinan. Ello permitirá valorar la ecoeficiencia en el uso de los alimentos y los factores que la determinan a nivel de las granjas de producción, los factores que determinan la calidad de los alimentos balanceados actuales y su eco-eficiencia a nivel de laboratorio, y los factores genéticos ligados a la ecoeficiencia en el uso de la proteína.

Con los resultados de los subproyectos llevados a cabo en este Módulo se establecerán las bases para la elaboración de un Plan de mejora de la ecoeficiencia para la sustentabilidad de la camaronicultura de mediano plazo (período 2013-2023) que oriente a las empresas de los tres segmentos; granjas, plantas y laboratorios en los objetivos, estrategias y acciones que pueden permitir la mejora continua de los niveles de ecoeficiencia para enfrentar los retos que representa la disminución de los márgenes de utilidad.

En los archivos “9_1 Programa de Ecoeficiencia 2013 2025” y “9_2 Programa de Ecoeficiencia 2013 2025” se presenta de manera esquemática el estatus actual de la eficiencia en la retención del nitrógeno, así como los antecedentes económicos, productivos y ecológicos sobre la problemática mas importante del sector acuícola en este momento y para los próximos años. Sobre la base de esta información, se plantea el objetivo del “Programa de mejora de la ecoeficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo 2013 -2023”, el cual es: Mejorar la competitividad de la industria acuícola del cultivo de camarones al mismo tiempo que se disminuye el uso de insumos críticos, impactos en el ambiente, se recicla nutrientes y se le da un mejor valor a la producción.

Para su desarrollo el Plan tendrá los siguientes retos:

Reto 1. Lograr en el periodo 2013-2023 incrementar la ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y fósforo del 20 al 50%.

Reto 2. Disminuir progresivamente el uso de harina de pescado, con base en pasta de soya, harinas de cereales, otras pastas y aditivos mejorando al mismo tiempo el balance de aminoácidos requerido por los camarones para mantener a un nivel bajo el catabolismo de aminoácidos.

Reto 3. Disminuir progresivamente el uso de aceites de pescado conservando el balance entre ácidos grasos omega 6 y omega 3.

Reto 4. Mejorar la digestibilidad y solubilización del fósforo residual contenido en los alimentos acuícolas que se formulan con fuentes de proteína animal (huesos) y vegetal (fitatos).

Reto 5. Mejorar los niveles de acreditación y certificación en las plantas de alimentos balanceados que produzcan alimentos orientados a la ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y fósforo.

Reto 6. Mejorar los criterios de manejo de los alimentos balanceados en las granjas de producción con orientaciones hacia la ecoeficiencia.

Reto 6. Mejorar los criterios de manejo de los alimentos balanceados en las granjas de producción con orientaciones hacia la ecoeficiencia.

Reto 7. Estandarizar los tamaños de cosecha a un nivel armónico entre la atracción del producto por el mercado y la mejor ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y fósforo.

Reto 8. Mejorar a nivel de granjas de producción el reciclamiento de nutrientes residuales de nitrógeno y fósforo en alimento de alto contenido nutricional para los camarones.

Reto 9. Integrar la acuicultura hiperintensiva de camarones con la acuicultura autotrófica.

Reto 10. Incorporar a los programas de mejora genética del camarón *Litopenaeus vannamei* la ecoeficiencia en el uso del nitrógeno y fósforo.

Reto 11. Establecer mecanismos de certificación para las empresas acuícolas ecoeficientes que les permitan diferenciar sus productos en el mercado.

Reto 12. Evaluar macroeconómicamente impactos por manejo en el cultivo de camarón en la región (ecoefficiencia): generación y validación de modelos generales de toma de decisión.

3.2 Objetivos, Metas y Productos de la 2ª etapa.

Proyecto: Bioseguridad y Ecoeficiencia en el Cultivo de Camarón				
Modulo: 1. Bioseguridad		Responsable(s): Ricardo Pérez Enríquez y Francisco Magallón Barajas (CIBNOR)		
Actividades	Meta	Producto	Descripción	% Avance
Talleres con Comités de Sanidad, productores acuícolas de Juntas Locales de Sanidad Acuícola y autoridades estatales (Secretarías de Pesca estatales) y federales (SENASICA y delegaciones de CONAPESCA).	Presentar, discutir y transferir los avances de resultados de las investigaciones y acordar términos de acciones y compromisos para el cumplimiento de objetivos del Proyecto.	1.1 Análisis epidemiológico de la enfermedad de la mancha blanca	Se presentan análisis de la situación epidemiológica en el 2012 y se hace retrospectivo de brotes virales al período 2005-2012 (<i>Anexos 1_1_2_1a y 1_1_2_1b</i>). También se relaciona con los patrones de temperaturas por JLSA (<i>Anexo 1_1_2_2</i>) y con los patrones de corrientes del Golfo de California (<i>Anexo 1_1_3</i>). Se presentan dos publicaciones relacionadas con el tema (<i>Anexos 1_1_2_3a y 1_1_2_3b</i>)	100%. Concluida
Difusión a productores las medidas de bioseguridad oficiales que emita el SENASICA y de las medidas de prevención promovidas por los Comités de Sanidad	Concientizar a productores (directivos y personal técnico) sobre la importancia de las medidas de bioseguridad oficiales emitidas por el SENASICA y de las medidas de prevención promovidas por los Comités de Sanidad.	1.2 Documentos para el manejo de la bioseguridad y prevención de enfermedades virales.	Se presentan documentos de trabajo desarrollados de manera conjunta academia, autoridades y Comités de Sanidad Acuícola. - Anteproyecto para Campaña sanitaria vs enfermedades virales (<i>Anexos 1_2_1_1 y 1_2_1_2</i>) - Formato para la auto-verificación de la bioseguridad de Unidades de Producción de Larva (UPL) de camarón (<i>Anexo 1_2_2</i>) - Vigilancia epidemiológica basada en riesgo (<i>Anexo 1_2_3</i>)	100%. Concluida 100%. Concluida 100%. Concluida

		<p>1.3 Transferencia del conocimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacitación a productores, técnicos de los CSA y académicos - Reuniones plenarios con Comités de Sanidad Acuícola y autoridades federales y estatales - Seminarios y Conferencias a productores acuícolas - Taller anual por Municipio con presencia de Juntas Locales de Sanidad Acuícola. - Elaboración e impresión de material de difusión: una publicación de difusión y un video 	<ul style="list-style-type: none"> - Cursos de capacitación en bioseguridad a personal de UPL camarón y granjas acuícolas (<i>Anexos 1_3_1_1_1, 1_3_1_1_2 y 1_3_1_2</i>) - Curso de capacitación a técnicos de CSA y académicos en epidemiología acuática (<i>Anexo 1_3_1_3</i>) - Se efectuaron 22 reuniones presenciales y 3 reuniones virtuales por videoconferencia con Comités de Sanidad Acuícola para la revisión de avances de diversos temas relacionados con el proyecto. Asimismo, se realizaron 5 reuniones en las que participaron autoridades federales del SENASICA, INAPESCA y CONAPESCA, así como de los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y BCS. (<i>Anexos 1_3_2_1 y 1_3_2_2</i>). - Se presentaron 4 seminarios a productores acuícolas sobre avances de investigación en bioseguridad y ecoeficiencia del grupo AERI. (<i>Anexo 1_3_2_3</i>) - Se realizaron 4 talleres con personal técnico de granjas y Comités de Sanidad para revisar documento de "Vigilancia epidemiológica basada en análisis de riesgos" (<i>Anexo 1_3_2_4</i>) - Se realizó un segundo tiraje de 2,000 ejemplares de folleto de difusión, se publicó un artículo de divulgación en "Portal Agropecuario", se tuvieron presentaciones en programas de radio (nivel nacional) y TV (canal 10 local y canal 11-IPN nacional) con información referente al proyecto, se elaboró un video de difusión sobre la problemática abordada por el proyecto. Los productos se muestran en el <i>Anexo 1_3_3</i> 	<p>100%. Concluida</p> <p>100%. Concluida</p> <p>100%. Concluida</p> <p>100%. Concluida</p> <p>100%. Concluida</p>
--	--	--	---	--

Proyecto: Bioseguridad y Ecoeficiencia en el Cultivo de Camarón				
Módulo 2: “Implantación del proceso de acreditación del laboratorio de diagnóstico de enfermedades de camarón de acuerdo a los lineamientos de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)”		Responsable(s): Lilia Ibarra, Jorge Hernández López (CIBNOR), Norberto Vibanco Pérez y Ma. de Jesús Durán Avelar (Univ. Aut. Nayarit), Leobrado Montoya (CIAD), Cuauhtemoc Ibarra (ITSON), Jorge Benítez (COAES)		
Actividades	Meta	Producto	Descripción	% Avance
<p>Capacitación del personal en los métodos de prueba.</p> <p>Adecuación de documentos del sistema de gestión de la calidad.</p> <p>Elaboración de procedimientos técnicos de detección de patógenos (WSSV, TSV y YHV).</p> <p>Capacitación en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006, en metrología y validación de métodos, y en estimación de la incertidumbre de la medición.</p> <p>Calibración de equipos e instrumentos</p> <p>Ingreso de solicitud a la EMA</p> <p>Auditoria interna y acciones correctivas derivadas de la auditoria</p> <p>EVALUACIÓN POR LOS ORGANISMOS EXTERNOS Calibración de equipos e instrumentos.</p>	<p>Acreditación del laboratorio de diagnóstico de enfermedades de camarón de la UAN de acuerdo a los lineamientos de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).</p>	1.1 Capacitación de al menos un técnico del laboratorio de diagnóstico en la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 en cada laboratorio participante.	Los cinco laboratorios (UAN, CINOR, CIAD, ITSON, COSAES) cuentan con su personal capacitado. Ver anexos 2.1 a 2.5	100 %. Concluida
		1.2 Capacitación de al menos dos técnicos del laboratorio de diagnóstico en metrología y validación de métodos o aseguramiento de la calidad de los resultados.	Los cinco laboratorios (UAN, CINOR, CIAD, ITSON, COSAES) cuentan con su personal capacitado. Ver anexos 2.1 a 2.5	100 %. Concluida
		1.3 Capacitación de al menos dos técnicos del laboratorio de diagnóstico sobre estimación de la incertidumbre de la medición.	Los cinco laboratorios (UAN, CINOR, CIAD, ITSON, COSAES) cuentan con su personal capacitado. Ver anexos 2.1 a 2.5	100 %. Concluida
		1.4 Calibración de equipo de biología molecular (al menos termociclador, micropipetas y balanza).	Los cinco laboratorios (UAN, CINOR, CIAD, ITSON, COSAES) cuentan con su equipo calibrado. Ver anexos 2.1 a 2.5	100%. Concluida
		1.5 Instalación de equipo de cómputo con software de control de documentos, con uso exclusivo para las tareas de diagnóstico.	Los cinco laboratorios (UAN, CINOR, CIAD, ITSON, COSAES) cuentan con el software de control de documentos. Ver anexos 2.1 a 2.5	100%. Concluida
		1.6 Documento de acreditación del laboratorio de diagnóstico ante la Entidad Mexicana de Acreditación y el SENASICA.	Dos (ITSON, COSAES) de los cinco laboratorios han concluido con la acreditación por EMA. El CIBNOR y el CIAD ya iniciaron el trámite de auditoría con EMA y la UAN esta pendiente a realizarlo en el 2º semestre de 2013. Ver anexos 2.1 a 2.5	90%. La fecha de terminación depende de los tiempos de EMA, se espera que sea a más tardar en diciembre de 2013.
		1.7 Informe técnico final de resultados.	Los cinco laboratorios (UAN, CINOR, CIAD, ITSON, COSAES) presentaron su informe final. Ver anexos 2.1 a 2.5	100%. Concluida.

Proyecto: Bioseguridad y Ecoeficiencia en el Cultivo de Camarón				
Módulo 3: Caracterización de cepas virales del WSSV existentes en México.		Responsable(s): Norberto Vibanco Pérez y Ma. de Jesús Durán Avelar		
Actividades	Meta	Producto	Descripción	% Avance
<p>Colecta de muestras de camarones presentes en estanques donde aparezca un brote de la enfermedad causada por el WSSV y genotipificación utilizando los marcadores enlistados. Paralelamente se almacenarán organismos infectados a -86°C para su posterior utilización en los ensayos de virulencia</p> <p>Obtener muestras de al menos el 90% de los brotes que se presenten en la zonas productoras de camarón en México durante el ciclo o ciclos que se desarrollen durante el primer año del proyecto. Genotipificar el 50% de las muestras colectadas durante este periodo de tiempo.</p> <p>Colecta de muestras de organismos infectados con WSSV de brotes que presenten características diferentes a los que eventualmente se presenten en la primera etapa</p> <p>Ensayos de virulencia de aislados virales que presenten diferencias en su genotipo</p>	<p>Genotipificar el 100% de las muestras colectadas durante el proyecto.</p> <p>Correlacionar la virulencia del 100% de aislados de WSSV que presenten los diferentes grupos conformados con base en sus características genotípicas.</p> <p>Obtener un mapa completo de de la distribución de genotipos</p>	1. Informe técnico final de la caracterización de cepas virales del WSSV existentes en México y evaluación de su virulencia.	Los archivos marcados como Anexo_3 parte 1, 2 y 3 contienen el informe completo.	100% Concluido.
		2. Mapa de la distribución de genotipos.	Los archivos marcados como Anexo_3 parte 1, 2 y 3 contienen la sección relativa a los mapas de distribución de genotipos.	100% Concluido.
		3. Cuatro tesis de licenciatura terminadas.	Las 4 tesis estan concluidas y listas para presentarse en agosto de 2013.	100% Concluido.
		4. Elaboración de un manuscrito de artículo indizado para someterse a una revista arbitrada de circulación internacional.	El manuscrito esta en proceso	80%. Se elaboró un primer borrador con la información de Nayarit solamente. Sin embargo, dada la riqueza de información se prevé ampliar el manuscrito para abarcar todo el noroeste.
		5. Manual de procedimientos para productores	El archivo marcado como Anexo_3 parte 3 contiene el Manual.	100% Concluido.

Proyecto: Bioseguridad y Ecoeficiencia en el Cultivo de Camarón				
Modulo: 4. “Programa piloto de protección contra el virus de la mancha blanca en camarones de talla reproductor de una Unidad Productora de Postlarvas”.		Responsable(s): Humberto Mejía Ruíz (CIBNOR), Píndaro Álvarez Ruíz (CIIDIR-IPN).		
Actividades	Meta	Producto	Descripción	% Avance
1. Instrumentar los bioensayos para determinar las condiciones de duración de la preparación antiviral en el reproductor bajo condiciones de inducción controladas en un laboratorio del CIBNOR.	1. Definir cuál es la mejor forma de alargar el periodo de protección en un reproductor (macho o hembra). 1.2 Determinar los costos para la protección en un lote de al menos 100 reproductores.	1.1 y 1.2 Informe de avance de resultados.	Un informe. Ver “Anexo 4 vacunacion RNAi”	100% Concluido.
2. Aplicar las condiciones de activación antiviral en los camarones reproductores obtenidos en la primera etapa en al menos tres lotes de camarones ya en una Unidad de Producción Larvaria (UPL) y dar seguimiento para monitorear que la actividad continúe a lo largo de los desoves.	2. Determinar las condiciones para la elaboración de un protocolo de protección en camarones confinados a reproducción en una UPL.	2.1 Informe de resultados de diagnóstico para la detección del virus de la mancha blanca en los camarones tratados con la vacuna de RNAi.	Un informe. Ver “Anexo 4 vacunacion RNAi”	100% Concluido
		2.2 Plan de escalamiento de la metodología que describa la aplicación de la vacuna.	Un plan de escalamiento. “Anexo 4 vacunacion RNAi” y anexos ahi contenidos	100% Concluido

Proyecto: Bioseguridad y Ecoeficiencia en el Cultivo de Camarón				
Módulo 5: “Análisis económico y de la ecoeficiencia del cultivo de camarón ante escenarios de riesgo sanitario”.		Responsable(s): Alfredo Hernández (CIBNOR), Francisco Martínez (CIAD).		
Actividades	Meta	Producto	Descripción	% Avance y Observaciones
Estudio de eficiencia económica (en un función de la disponibilidad de la información).	<p>1.1 Evaluación de la eficiencia económica de las juntas locales.</p> <p>1.2 Determinación y análisis de la ecoeficiencia de las unidades de producción con base en indicadores de desarrollo sostenible de la acuicultura, como son eficiencia ambientalmente ajustada.</p>	<p>1.1 Informe de evaluación de ecoeficiencia económica determinada por granja, junta o región (dependiendo de la disponibilidad de información) con base en la eficiencia ambientalmente ajustada.</p> <p>1.2 Informe técnico detallado con conclusiones y recomendaciones para el mejoramiento del manejo y las implicaciones para el desarrollo sostenible de la camaronicultura en la región.</p> <p>1.3 Artículos científicos sometidos</p>	Se presenta informe general en el archivo “ <i>Anexo 5 Analisis bioeconomico</i> ” el cual integra la información correspondiente a los informes de los puntos 1.1 y 1.2. Los 2 artículos científicos sometidos del punto 1.3 se adjuntan en los archivos “ <i>Anexo 5_1 MS economic risk</i> ” y “ <i>Anexo 5_2 MS eficiencia tecnica ambiental</i> ”.	100%. Concluido.

Proyecto: Bioseguridad y Ecoeficiencia en el Cultivo de Camarón				
Módulo 6: Ecoeficiencia		Responsable(s): Francisco Magallon, Ricardo Pérez Enríquez (CIBNOR), Ramón Casillas (ITSON), Juan Carlos Sainz (CIIDIR-IPN)		
Actividades	Meta	Producto	Descripción	% Avance
<p>Toma de muestras de los alimentos en los centros de distribución (3 lotes diferentes de cada alimento por mes), análisis bromatológicos, perfil de amino ácidos, perfil de ácidos grasos y análisis de digestibilidad.</p> <p>Evaluación la variabilidad de los niveles de ecoeficiencia en el uso de los alimentos acuícolas a nivel de granjas de producción.</p> <p>Diseño y aplicación de una encuesta para identificar los factores de manejo en granja que estén relacionados con la ecoeficiencia</p> <p>Análisis de relación entre los niveles de ecoeficiencia y las variables de manejo de los alimentos y los sistemas de cultivo.</p> <p>Evaluación de la variabilidad en la en</p>	<p>Obtener información sobre la composición y digestibilidad de los alimentos para camarón que se consume en el noroeste del país y la variabilidad de los niveles de ecoeficiencia en las granjas de producción.</p> <p>Obtener factores e indicadores de manejo a nivel de granja de producción relacionados con la ecoeficiencia en el uso de los alimentos.</p> <p>Obtener información de los niveles de liberación de Nitrógeno y fósforo residuales en condiciones controladas de laboratorio.</p> <p>Obtener información de la retención de nitrógeno proteico, crecimiento,</p>	6.1. Informe técnico sobre la digestibilidad y de las características bromatológicas, perfil de amino ácidos y perfil de ácidos grasos de los alimentos para camarón producidos por 5 empresas.	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "Anexo 6_1 ecoeficiencia digestibilidad bromatología"	100%. Concluido
		6.2. Informe técnico de los niveles de ecoeficiencia en las granjas de producción acuícola del Noroeste de México.	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "Anexo 6_2 ecoeficiencia granjas acuicolas"	100%. Concluido
		6.3. Informe técnico sobre el manejo de los alimentos y los sistemas de cultivo en granjas de producción.	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "Anexo 6_3 ecoeficiencia manejo alimentos"	100%. Concluido
		6.4. Informe técnico sobre los factores de manejo de los alimentos y los sistemas de producción relacionados con la ecoeficiencia en el uso de los alimentos.	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "31a. y 31b. Anexo 6_4 ecoeficiencia factores"	100%. Concluido
		6.5. Informe técnico de los niveles de liberación de residuales de nitrógeno y fósforo de alimentos seleccionados	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "Anexo 6_5 ecoeficiencia liberación N"	100%. Concluido

la retención del nitrógeno proteico y la liberación de residuales de nitrógeno y fósforo de camarones en condiciones de laboratorio con diferentes alimentos acuícolas.	supervivencia y factor de conversión alimenticia de alimentos comerciales seleccionados.		y P"	
		6.6. Informe técnico de los niveles de retención, crecimiento, supervivencia y factor de conversión alimenticia de alimentos acuícola seleccionados.	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "Anexo 6_6 ecoeficiencia retención"	100%. Concluido
		6.7. Informe técnico de heredabilidad de los factores relacionados con el uso eficiente de los alimentos balanceados	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "Anexo 6_7 ecoeficiencia bases genéticas "	100%. Concluido
		6.8. Informe técnico del estatus de ecoeficiencia de los alimentos y probióticos comerciales	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "Anexo 6_8 ecoeficiencia estatus alimentos y probioticos "	100%. Concluido
		6.9. Plan de mejora de la ecoeficiencia para el desarrollo sostenible de la acuicultura de camarón, en función de mejoras en los alimentos balanceados, mejoras en el manejo del alimento en granjas, mejoras en la retención proteica del alimento y mejoras en el manejo genético de los pies de cría.	Se presenta el informe de este subproyecto en el archivo "Anexo 6_1 ecoeficiencia Plan de mejora 2013-2023"	100%. Se presenta una propuesta de los puntos relevantes del plan de mejora. Las estrategias y acciones para lograr las metas deberán ser acordadas mediante reuniones posteriores de trabajo con los diferentes miembros de la cadena productiva, con el fin de que sea validado y puesto en marcha por el propio sector productivo.

5. RESUMEN DE PRODUCTOS.

Sobre la base de que el proyecto se inició en octubre de 2010, a continuación se presenta un resumen de los productos obtenidos en las 2 etapas tanto desde el ámbito académico como el de vinculación con la industria:

1. *Informes técnicos*: 19

2. *Reuniones de trabajo con Comités de Sanidad Acuícola, productores y autoridades*: 14 en la 1ª etapa y 25 en la 2ª etapa.

3. *Acciones de divulgación a productores, estudiantes, académicos y público en general*:

Participaciones en congresos (nacionales o internacionales): 7

Seminarios y conferencias en foros diversos: 23

Entrevistas de radio y T.V. y video: 8

Notas de prensa (impresa o internet) y publicaciones: 3 y 1 folleto

4. *Capacitaciones*: 9

5. *Manuales*: 2

6. *Publicaciones Científicas*: 5 (uno publicado, dos en prensa y dos en revisión) y 2 memorias de congreso.

7. *Formación de estudiantes* (ver Anexos 7_1 a 7_3):

Doctorado: 1

Maestría: 3

Licenciatura: 5

Prácticas profesionales: 3

6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

El trabajo que se ha llevado en el seno de la AERI como parte de las actividades del proyecto FORDECYT ha sido muy importante para mantener la vinculación de la academia con el sector productivo. En el presente proyecto se abordaron acciones que tienen que ver con la bioseguridad y con la ecoeficiencia, que redundarán en hacer a la camaronicultura más rentable y competitiva.

En el ámbito de la bioseguridad, el trabajo desarrollado está fuertemente enfocado hacia las medidas de prevención. Al ser el VSMB un virus que vive asociado a organismos del medio silvestre, es prácticamente imposible su erradicación del medio, por lo que el reto es por una parte reducir la carga viral y por el otro evitar su ingreso a las granjas de producción.

Con los trabajos llevados a cabo tanto autoridades como sector productivo cuentan con mas medios para apoyar a la prevención, avanzándose también en el tema de la capacitación y la transmisión del conocimiento, los cuales constituyen la base fundamental para instrumentar la mejores prácticas de manejo. La comunicación efectiva entre la academia y el sector productivo a través de los Comites de Sanidad Acuícola ha probado ser una herramienta de apoyo muy importante para mejorar el seguimiento y prevención de enfermedades.

Asimismo, se han seguido mejorando las capacidades diagnósticas de los laboratorios dedicados a la detección del virus, a través de la instrumentación de nuevas técnicas y aproximaciones metodológicas. Con la acreditación por parte de EMA los laboratorios han instrumentado un Sistema de Gestión de la Calidad que sin duda repercutirá en resultados mas consistentes.

Las herramientas de identificación genética han permitido determinar que existe una cantidad muy importante de variantes genéticas del VSMB, lo que es una oportunidad ideal para instrumentar programas de vigilancia epidemiológica molecular, mismos que también contribuirán a un mejor entendimiento del comportamiento del VSMB en el medio silvestre.

Se ha avanzado también en el control de la enfermedad, mediante el desarrollo de vacunas genéticas. La aplicación de éstas de forma masiva representa aun un reto que hay que sobrepasar, pero los avances reportados en este proyecto lucen promisorios para que en el futuro cercano los productores cuenten con un tratamiento basado en el RNA de interferencia, efectivo y de costo asequible.

En el ámbito de la ecoeficiencia, se presentan importantes avances en la integración de la bioeconomía para el manejo acuícola. Las decisiones económicas siempre o casi siempre anteceden a las de carácter biológico o técnico, por lo que es de gran relevancia transmitir nuevas aproximaciones para integrar ambas perspectivas.

En términos de los análisis de la calidad de los dimentos se realizaron aportaciones relevantes sobre los criterios para definir la calidad de un alimento y nuevas formas para medir la eficiencia alimenticia con un menor impacto en el medio ambiente. La perspectiva de mejorar los niveles de sobrevivencia, particularmente ante los embates de las enfermedades, constituye uno de los grandes retos de la industria para mejorar la ecoeficiencia. Sin embargo, el manejo de las granjas, de los alimentos, de los insumos utilizados en su preparación y la aplicación de mezclas adecuadas de nutrientes constituyen temas de gran relevancia para lograr mejores resultados. Las aportaciones de los trabajos aquí presentados en términos de nuevas ópticas para determinar la calidad de la nutrición, tales como el papel del fósforo, de las enzimas digestivas, de los niveles de lípidos, de las bases genéticas, del uso de consorcios bacterianos probióticos, entre muchas otras, constituirán la base para mejorar los niveles de retención de nitrógeno y fósforo redundando en una camaronicultura más sustentable y productiva. Para ello, el planteamiento de una visión de

mediano y largo plazo (2013-2023) que tiene como finalidad orientar las acciones de todos los eslabones de la cadena productiva, será sin duda un importante reto para los siguientes meses.

Aun cuando el proyecto FORDECYT concluye con este informe, las acciones emprendidas por el grupo AERI deberán continuar para satisfacer las demandas que el sector tiene. La vinculación permanente y de largo plazo entre la industria, la academia y el sector público, requiere de una estructura más formal, para lo cual los integrantes de la propia AERI deberán trabajar colegiadamente en su diseño.