

## **Title: SISTEMA DE ALERTA EPIDEMIOLÓGICO Y DE MANEJO PARA LA ACUICULTURA DEL CAMARÓN EN ECUADOR**

**Authors:** Bonny Bayot<sup>1</sup>, Xavier Ochoa<sup>2</sup>, Zobeida Cisneros<sup>3</sup>, Iván Apolo<sup>4</sup>, Teresa Vera<sup>5</sup>, Stanislaus Sonnenholzner<sup>6</sup>, Leo Van Biesen<sup>7</sup>, Jorge Calderón<sup>8</sup>, María del Pilar Cornejo-Grunauer<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). Campus Politécnico Prosperina Km 30.5 Vía Perimetral. [bbayot@cenaim.espol.edu.ec](mailto:bbayot@cenaim.espol.edu.ec)

<sup>2</sup> Centro de Tecnología de Investigación. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Campus Politécnico Prosperina Km 30.5 Vía Perimetral. [xoxhoa@goliat.espol.edu.ec](mailto:xoxhoa@goliat.espol.edu.ec)

<sup>3</sup> Vrije Universiteit Brussel /LEC Department. Pleinlaan 2 B 1050 Brussels, Belgium. [zcisnero@vub.ac.be](mailto:zcisnero@vub.ac.be)

<sup>4</sup> Centro de Estudios Medio Ambientales (CEMA) / Escuela Superior Politécnica del Litoral. Campus Politécnico Prosperina Km 30.5 Vía Perimetral. [iapolo@goliat.espol.edu.ec](mailto:iapolo@goliat.espol.edu.ec)

<sup>5</sup> Centro de Estudios Medio Ambientales (CEMA) / Escuela Superior Politécnica del Litoral. Campus Politécnico Prosperina Km 30.5 Vía Perimetral.

<sup>6</sup> Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). Campus Politécnico Prosperina Km 30.5 Vía Perimetral. [ssonnen@cenaim.espol.edu.ec](mailto:ssonnen@cenaim.espol.edu.ec)

<sup>7</sup> Vrije Universiteit Brussel / ELEC Department. Pleinlaan 2 B 1050 Brussels, Belgium. [lvbiesen@vub.ac.be](mailto:lvbiesen@vub.ac.be)

<sup>8</sup> Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). Campus Politécnico Prosperina Km 30.5 Vía Perimetral. [jcaldero@espol.edu.ec](mailto:jcaldero@espol.edu.ec)

<sup>9</sup> Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Campus Politécnico Prosperina Km 30.5 Vía Perimetral. [pcornejo@espol.edu.ec](mailto:pcornejo@espol.edu.ec)

**Original Publication Reference:** Bayot, B., Ochoa, X., Cisneros, Z., Apolo, I., Vera, T., Van Biesen, L., Calderón, J. & Cornejo-Grunauer, M. 2002. Sistema de Alerta para la Acuicultura del Camarón. *Fundación Cenaim - Espol*. Julio 2001 - Enero 2002. 9–13 pp.  
<http://www.cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/boletin81/3.pdf>.  
<http://www.cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/quincenal/bquinc25.pdf>

**Application Tool:** GIS

**Main Issues Addressed:** Anticipando las consecuencias de la acuicultura.

**The general problem, or aim of the study, and the contribution of GIS, remote sensing and/or mapping to the solving the problem:** A partir de 1999, los problemas originados por la enfermedad provocada por el Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (White Spot Syndrome Virus = WSSV), provocaron la crisis de la industria acuícola en Ecuador. Con la violenta expansión de la epidemia de WSSV en todos los sistemas camaroneros del país, se evidenció la necesidad de generar información que condujera a minimizar los impactos de la enfermedad. Los muestreos de la prevalencia de una enfermedad a nivel de granjas, región y país constituyen la herramienta ideal para conocer su variabilidad espacio-temporal. Sin embargo, esto tiene un alto costo económico y logístico. En adición, en el caso específico del WSSV, la enfermedad adquirió niveles de pandemia (granjas, región y país), siendo más importante el control de los niveles de producción, ya que sus caídas drásticas, geográficamente generalizadas, están asociadas a epidemias, convirtiéndose en una medida indirecta del estado de salud de una población.

Bajo este contexto y debido a la capacidad integradora de los sistemas de información geográfica (SIG) se desarrolló un sistema de cartografía automatizado, específico para la acuicultura del camarón en Ecuador. A través del SIG será posible informar y alertar a los productores camaroneros sobre cambios en el estado de salud de las granjas/estanques, en base a un sistema de vigilancia de los niveles de producción de camarón cultivado en las granjas del Golfo de Guayaquil (144 000 ha  $\approx$  83% del hectariaje total de producción camaronera del país, antes de la epidemia de WSSV). Las principales contribuciones del SIG son:

1. marco de trabajo espacial que contiene la cartografía del universo de granjas del Golfo de Guayaquil y potencialmente de todos los estanques;
2. menús de mapas de presentación a través del cual es posible sintetizar regional y temporalmente el escenario de análisis;
3. plataforma para la identificación espacial y temporal de cambios de producción y del estado de salud de las granjas camaroneras, a través de un Sistema de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola basado en la vigilancia de un índice de producción y manejo (IPM) en un objeto geográfico definido como "celda unidad" (grillas de 12 860 ha); y
4. plataforma sobre la cual el usuario a través de adecuados niveles de confidencialidad, tendrá capacidad de acceso a información, inclusive a nivel de estanque (unidad mínima de información cartografiable, UMI).

**Main Environments:** Estuarino.

**Culture Systems:** Estanques de tierra.

**Organism Divisions:** Crustáceos

**Genera and Species:** Camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

**Target Country:** Ecuador.

**Target Audience:** Sector productivo de camarón cultivado (Ecuador).

**Duration of the Study and Year Begun:** 41 meses (septiembre 1999 – marzo 2003).

**Personnel Involved:** Epidemiología (1): 2 años; Especialistas en GIS (5): 3 años; Ingeniero de sistemas (1): 6 meses; Acuicultor (1): 6 meses; Personal de campo (2): 2 años; Coordinación (2): 3 años.

# **SISTEMA DE ALERTA EPIDEMIOLÓGICO Y DE MANEJO PARA LA ACUICULTURA DEL CAMARÓN EN ECUADOR**

## **Introduction**

El Golfo de Guayaquil es el estuario más grande de la costa sudamericana del Pacífico. Una de las principales actividades económicas que se desarrolla en su estuario interior es el cultivo de camarón en estanques. Durante muchas décadas, Ecuador ha sido el país productor líder de camarón cultivado en el hemisferio occidental. Sin embargo, las enfermedades infecciosas de camarón, especialmente las de origen viral constituyen el principal limitante a la producción. En Ecuador, la enfermedad de mayor impacto es causada por el Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (White Spot Syndrome Virus = WSSV), el cual atacó las granjas productoras de camarón a partir de junio de 1999, provocando la peor crisis que ha afrontado la industria. Durante el 2000, las exportaciones de camarón decrecieron hasta el 55% en comparación con 1999 y alrededor de 90 000 personas perdieron su empleo. En un estanque, el decrecimiento de la producción puede ser provocado por un mal manejo. Sin embargo, a gran escala (regional) se debe principalmente a mortalidades por enfermedades o condiciones ambientales adversas. En vista de esto, se ha desarrollado un sistema de alerta de salud del camarón basado en la vigilancia en espacio y tiempo del índice de producción y manejo (IPM) usando un sistema de información geográfica (SIG) en las granjas del estuario interior del Golfo de Guayaquil (provincias del Guayas y el Oro).

## **Materials and Methods**

Durante una primera etapa se efectuaron monitoreos de enfermedades de camarón en estanques de granjas localizadas en el estuario interior del Golfo, en las estaciones climáticas húmeda, seca y en los meses de transición climática (años 2000 y 2001). Los muestreos tuvieron como objetivo investigar patrones de incidencia temporal de WSSV en particular y de patologías de camarón en general, y coleccionar insumos que en una segunda etapa sirvieron para construir los elementos del SIG.

En la segunda etapa, la base de datos geográfica del SIG fué desarrollada sobre la base de la información (granjas, estanques, localización, etc.) obtenida de los muestreos. La unidad mínima de información cartografiada (UMI) escogida fue el estanque de producción. El posicionamiento de los estanques se efectuó utilizando la imagen satélite previamente georeferenciada al sistema de coordenadas del proyecto así como técnicas de posicionamiento diferencial y equipos GPS móviles de precisión final equivalente a menos de 3 m. El sistema de coordenadas destino utilizado fue: Proyección: UTM. Zona 17 Sur. Elipsoide Internacional. Datum: Provisional para América del Sur de 1956. La fuente de la cartografía utilizada fueron mapas impresos del Instituto Geográfico Militar de Ecuador, previamente digitalizados, imágenes satélite Landsat y posicionamiento con "Global Positioning System" (GPS). El proyecto utilizó principalmente los siguientes programas: para la digitalización, MicroStation 95; para la geocodificación, LineaBase 1.0; para la cartografía automatizada MapInfo 5.0. Además de PCI Image Works (sensores remotos), PCI Orthoengine (ortorectificación) y Pathfinder Office (corrección diferencial). Los equipos utilizados incluyen un GPS tipo Rover modelo GEOexplorer II y una Estación base para corrección diferencial marca Trimble Beacon (Pathfinder Community Base Station) utilizado en el posicionamiento de los estanques. Para que el sistema estuviera en la capacidad de mostrar mapas u otro tipo de información a través de Internet se requirió el uso de un software con el cual es posible importar los elementos constitutivos del sistema (SIG: cartografía digital, BDGs, graficadores, minería de datos) desde las varias plataformas que los contienen (p.e. Microstation, MapInfo, LineaBase, Microsoft Access) y que permite manipularse a través de "scripts" (pequeños programas) que pueden ser embebidos dentro de las páginas HTML. Se optó por usar los programas Geomedia y Geomedia Web Map de Intergraph por el amplio rango de formatos de importación y facilidad de uso que brinda el primero y por la capacidad del segundo de poder generar mapas interactivos bajo demanda controlados a través de programación en ASP (lenguaje de scripts de la plataforma Windows) para ser incluidos dentro de la página Web a

través de un control ActiveX (tecnología similar a Java). Adicionalmente, otros programas fueron utilizados (Access, Internet Information Server, Dreamweaver, entre otros) como apoyo a Geomedia y WebMap para llevar a cabo la tarea de poner la información espacial a disposición del usuario del Web. La aplicación de estas técnicas hizo posible mostrar, bajo demanda, en una página Web, cualquier sector del Golfo de Guayaquil en un alto nivel de detalle a través de mapas generados en base a las BDGs presentes en el SIG, facilitando la capacidad de análisis del usuario.

En una tercera etapa se desarrolló el Sistema de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola, construido en base a un índice de producción y manejo (IPM) a nivel de estanque, promediado luego a nivel de granja y posteriormente a nivel de celdas unitarias (grillas de 12 860 ha). Los valores normales por grilla y por mes del año del IPM son obtenidos en base a la información histórica en cada grilla. EL IPM fue normalizado en base al promedio y desviación estándar para cada grilla y para cada uno de los meses del año. Posteriormente, se desarrolló las aplicaciones geográficas para la alerta epidemiológica, para el efecto las grillas se hicieron corresponder a las cuadrículas cartográficas de la carta nacional del Instituto Geográfico Militar del Ecuador, a escala 1: 25 000. Cada grilla fue codificada y enlazada con la tabla de datos históricos de producción.

## Results

La primera contribución del estudio fué la creación de la cartografía digital de la mayor área camaronera en el Ecuador. El estudio permitió ubicar globalmente las zonas de asentamiento de las granjas camaroneras y llegar a desarrollar una base de datos con capacidad para llegar hasta nivel de estanque. Así, las figuras 1 y 2 muestran dos imágenes satelitales de diferentes fechas y resoluciones espaciales utilizadas en el estudio.

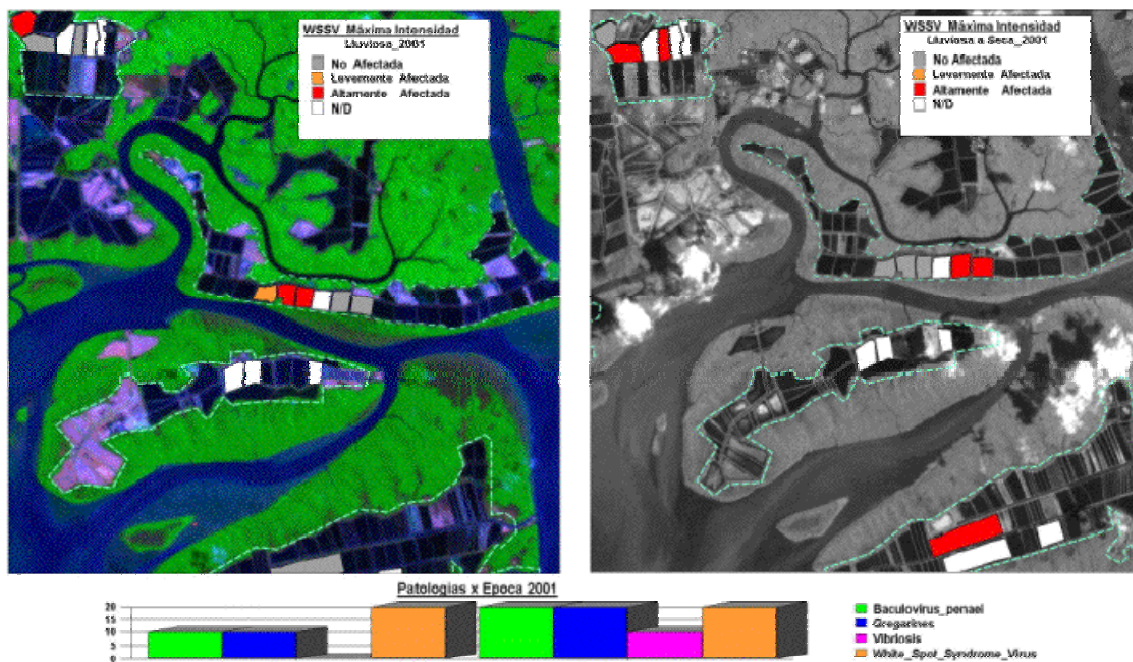


Figura 1 Imagen obtenida con el satélite Landsat 7 para febrero del 2000 donde se observan detalles de cada estanque (resolución espacial de 15 metros).

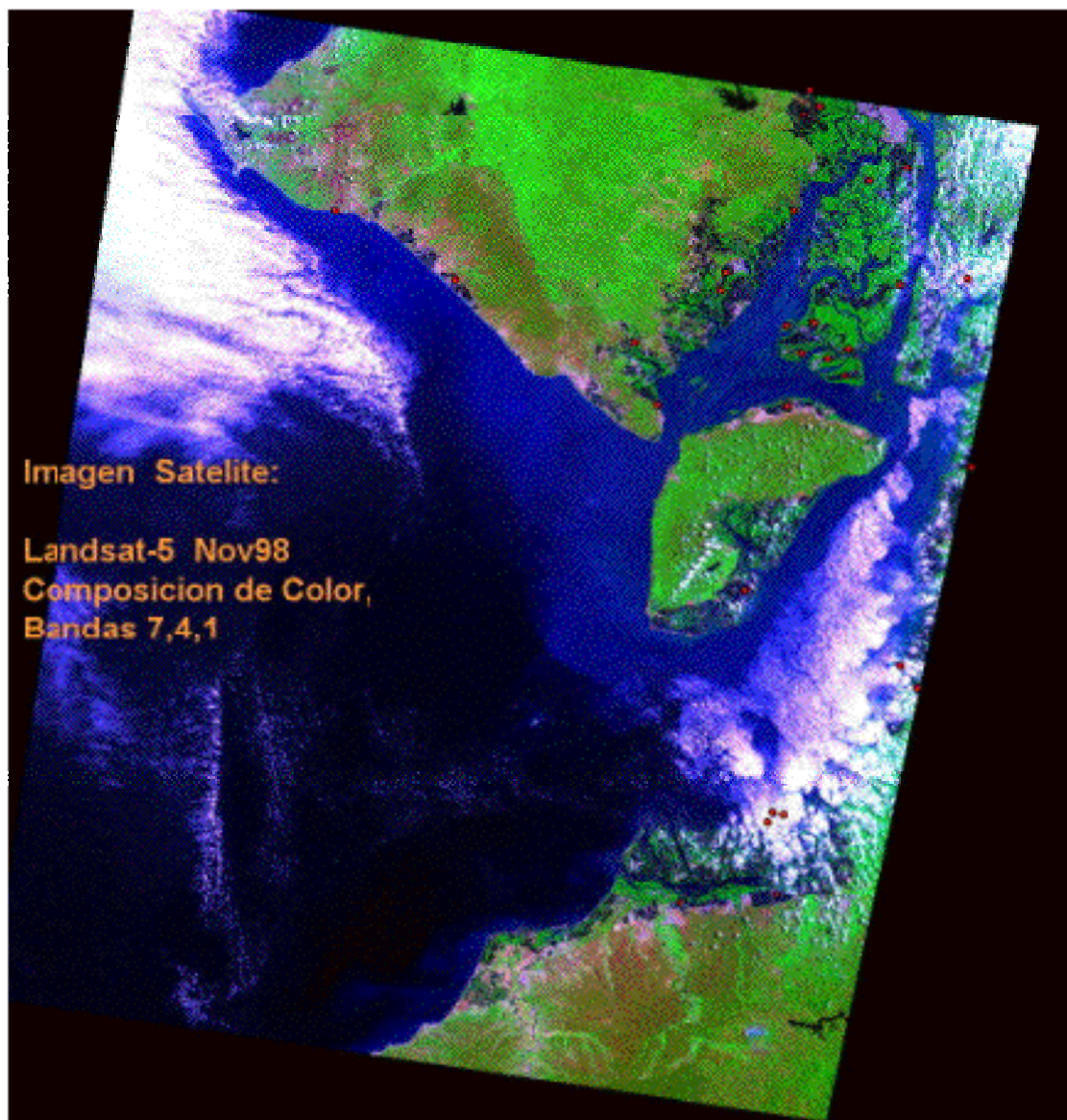


Figura 2 Imagen obtenida con el satélite Landsat 5 para noviembre de 1998. Los círculos rojos señalan la localización de las granjas muestreadas en la primera etapa del proyecto (muestreo epidemiológico).

Por otro lado, los muestreos epidemiológicos indicaron que la estación del año es un factor importante en los patrones de ocurrencia de las patologías de camarones cultivados. Específicamente, la temperatura es un factor de riesgo para los niveles de incidencia de WSSV, en cuyo caso, las incidencias más bajas y altas fueron observadas en las estaciones climáticas lluviosa (condiciones cálidas) y seca (condiciones frías), respectivamente. En la figura 3 se observa, como un ejemplo, uno de los mapas temáticos sobre la afectación de WSSV en las granjas muestreadas.



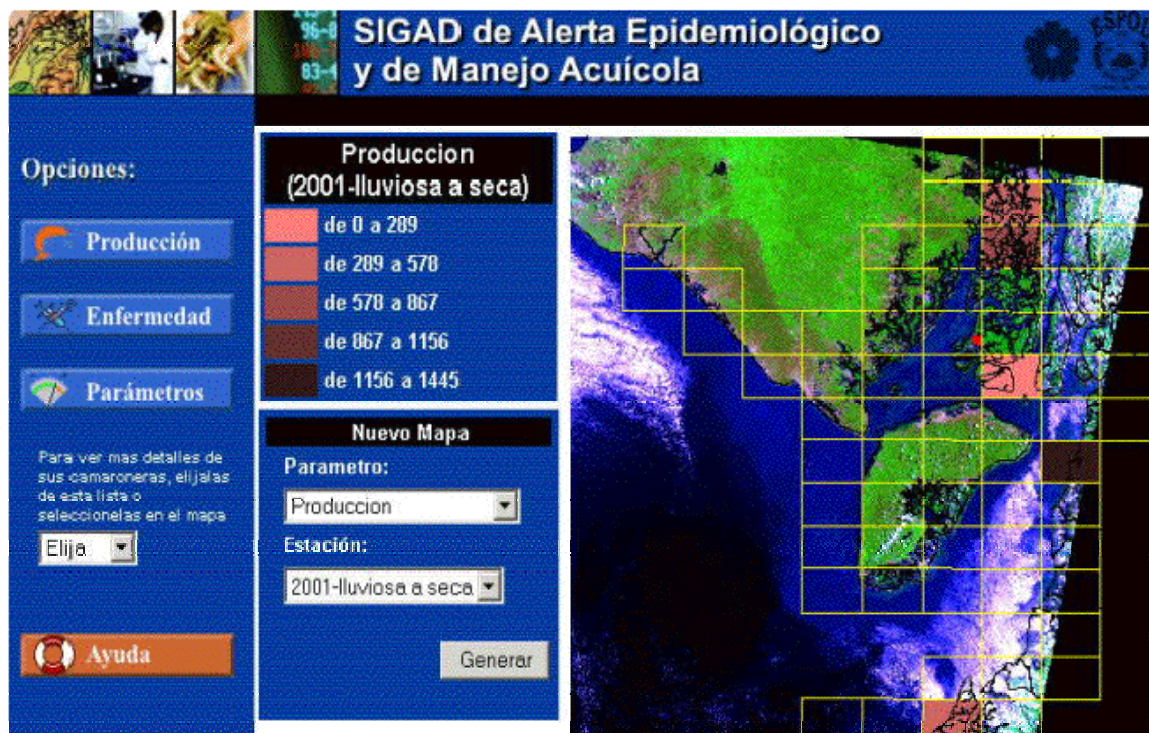


Figura 3 Distribución geográfica de la afectación de WSSV en los estanques muestreados (resultados obtenidos por análisis de histología).

Debido a que la producción de camarón cultivado en el Golfo de Guayaquil presentó variabilidades espaciales y temporales, el sistema de alerta incluyó las siguientes consideraciones: a) se diferencié la variabilidad espacial, al reticular el Golfo de Guayaquil en grillas de iguales dimensiones (Figura 4); b) se calculó valores normales del IPM para cada grilla y para cada mes del año, para considerar la variabilidad temporal de la producción. Los valores normales serán permanentemente retroalimentados con una mayor participación de granjas camaroneras, generándose valores cada vez más confiables.

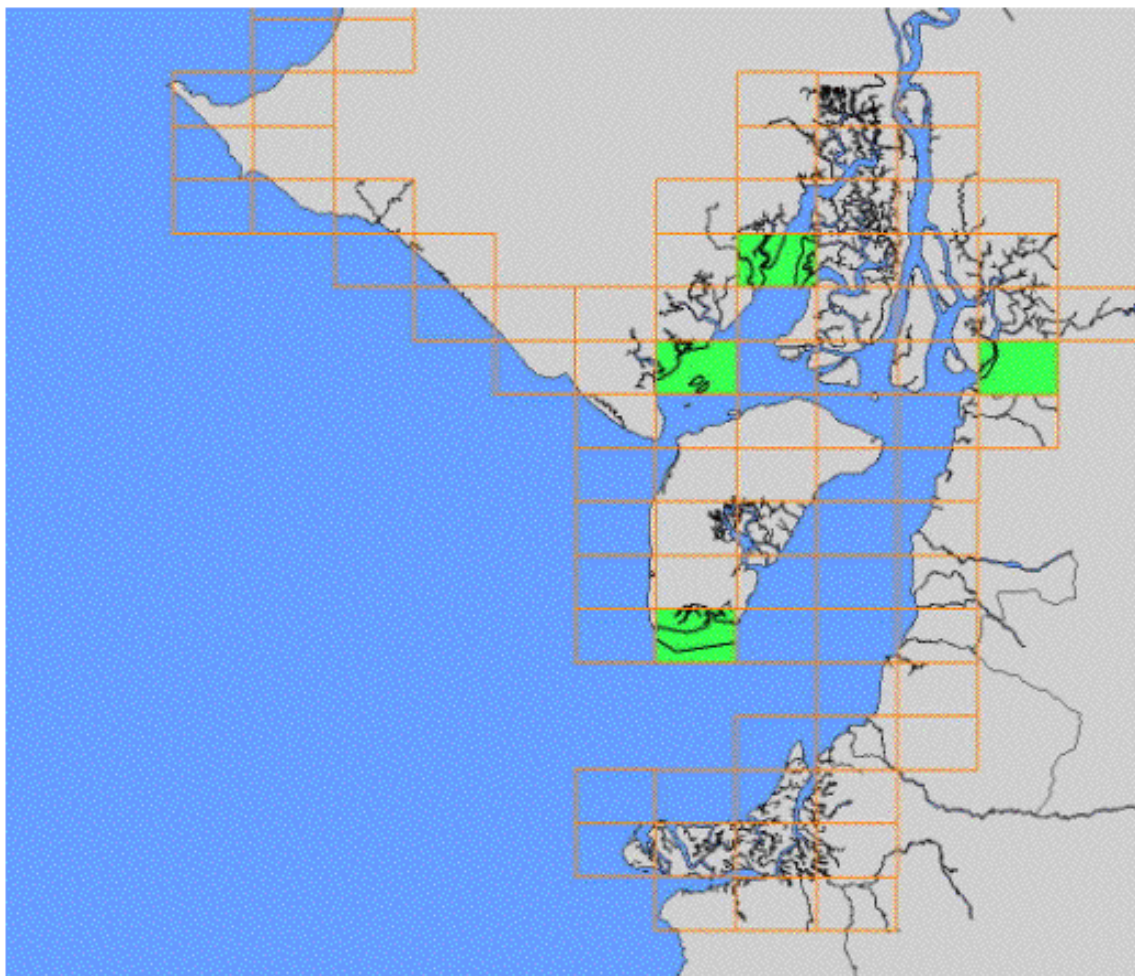


Figura 4 Esquema de grillas utilizadas en el sistema de alerta. La figura destaca cuatro grillas que contienen información.

Se encontró que en los períodos considerados normales, el IPM fluctuó dentro de ciertos rangos y que anomalías negativas del IPM precedían a eventos de mortalidades, lo que demuestra que tal índice puede ser considerado como una variable de alerta epidemiológica. Por consiguiente, el sistema se basó en el seguimiento en tiempo del IPM a nivel de grilla. En este sentido, se ha propuesto 4 niveles de alerta, representados por colores (verde, amarillo, naranja y rojo) para caracterizar los criterios del sistema, los que dependen de los signos y rangos alcanzados por el IPM (Figura 5).

## WARNING SYSTEM IN THE GULF OF GUAYAQUIL CASE STUDY: SHRIMP AQUACULTURE SECTOR

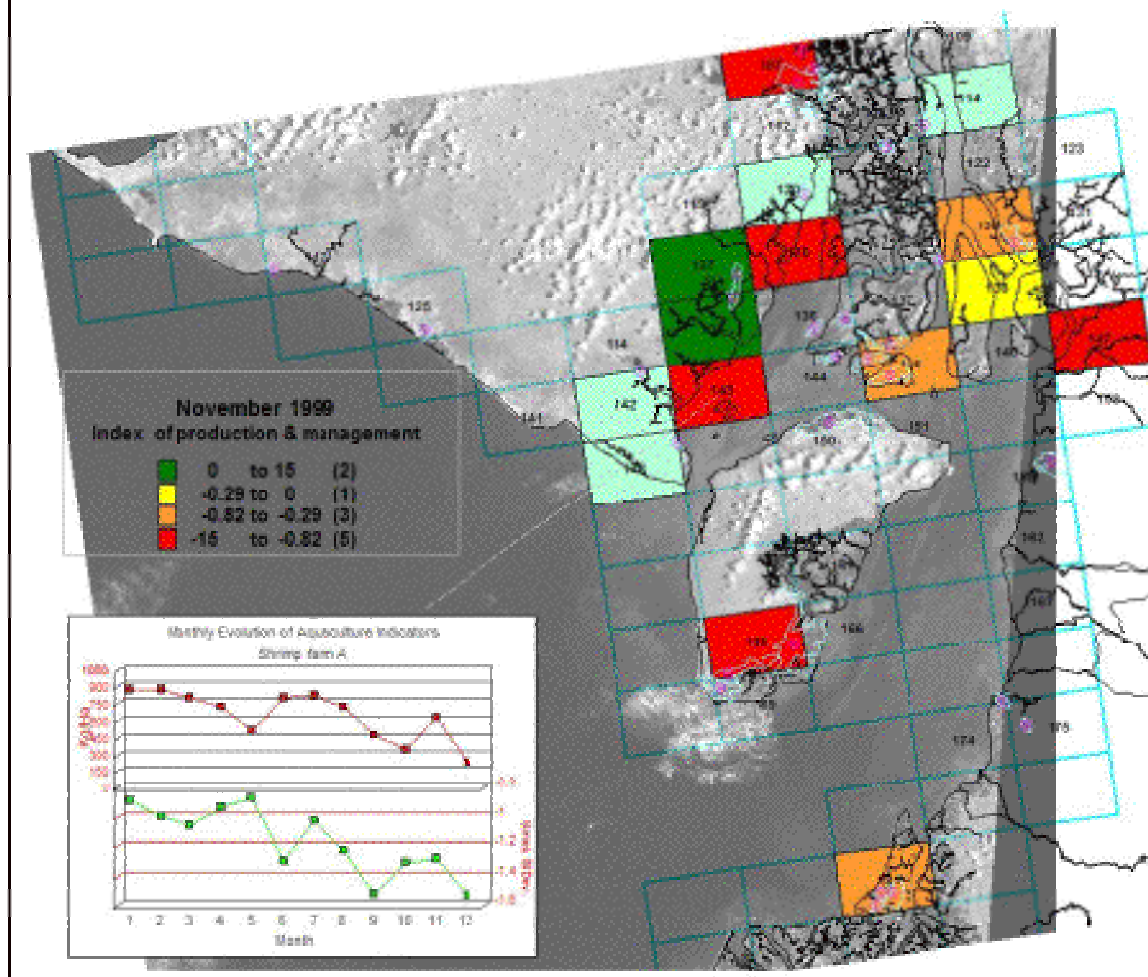


Figura 5 Vista del Sistema de Alerta Epidemiológico en el Golfo de Guayaquil. El sistema contiene 4 niveles de alerta (verde, amarillo, naranja y rojo), los que dependen de los signos y rangos alcanzados por el índice de producción y manejo (IPM). Se destaca la producción de camarón (kg/ha) y el IPM (en unidades estandarizadas) para una grilla determinada.

En adición, el prototipo desarrollado tendrá la capacidad de ser retroalimentado por los usuarios utilizando las herramientas de Internet, otorgándole autonomía en la explotación del sistema (Figura 6).



**SIGAD de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola**

Este sistema se realiza dentro del marco de cooperación entre

**SIGAD**  
(Sistema de Información Geográfico y de Apoyo a la Decisión)  
**de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola**

Ingrese su Usuario y su Clave para acceder al sistema

Usuario:

Clave:

Figura 6 Vista de la página de acceso al Sistema de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola.

En cuanto a manejo acuícola, el sistema pone a disponibilidad del usuario una interfase gráfica, correspondiente a una imagen del área acuícola del Golfo de Guayaquil, con capacidad de mostrar información actualizada de parámetros, y que podrá consultarse en mapas temáticos regionales o de mayor nivel de detalle (Figura 3). La unidad más pequeña de información, podrá ser consultada a través de una clave que autoriza el acceso al personal autorizado.

## Discussion

La producción es una de las variables más utilizadas en epidemiología como indicativo del estado de salud de una población. En el caso de problemas por enfermedades de camarón, se produce un decrecimiento drástico de esta variable. En este sentido, se prevé que el sistema de alerta monitoree sistemáticamente en espacio y tiempo los niveles de producción de camarón cultivado en el Golfo de Guayaquil. La propuesta constituye una alternativa económica, sencilla y útil de vigilancia de problemas epidemiológicos, que incluirá sistemas vinculados a niveles de alerta climática (énfasis en períodos fríos para el caso de WSSV y enfermedades en general). En ese sentido, se está elaborando un sitio web interactivo que posibilitará el acceso de la información por parte de los usuarios (productores) sobre la base de procedimientos y permisos de acceso que aseguren la confidencialidad de la información específica. La operabilidad efectiva de este SIG se garantizará únicamente una vez establecida una "línea de vida" con el aporte de datos de los usuarios en una manera sistemática, incluyendo datos históricos, para lo cual, la cooperación entre todos los grupos involucrados (productores, académico y científico) permitirá obtener un sistema útil con la potencialidad de constituirse en una herramienta con múltiples aplicaciones para el sector acuícola ecuatoriano.

## Acknowledgements

Este proyecto fue realizado en el marco de la componente 4 (Environmental Management Systems in Agriculture and Aquaculture) del proyecto auspiciado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL, Guayaquil-Ecuador) y la Flemish Interuniversity Council (VLIR).