Autores: B. Bayot1, S. Sonnenholzner1, X. Ochoa2, J. Guerrero2, T. Vera3, Sam Stern1 y P. Cornejo4

FUNDACION CENAIM - ESPOL

Sistema de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola (SAEMA): un año de operatividad en línea

Introducción

Toda epidemia tiene un riesgo de introducción y probabilidad de establecerse en un país. Tal riesgo puede ser dividido en dos componentes: "la amenaza" (probabilidad de la ocurrencia del patógeno) y la "vulnerabilidad" de los elementos expuestos (probabilidad de riesgo interno como consecuencia de la predisposición intrínseca a ser afectado). En Ecuador, al igual que en otros países productores de camarón, el riesgo de introducción de una "amenaza" es alto, principalmente como resultado de la práctica muy común de movimientos de animales vivos. Enfermedades altamente contagiosas de significativa importancia económica han sido propagadas entre ambos hemisferios. Aunque, Ecuador está incrementando el control e implementando medidas de restricción al movimiento de animales vivos y productos acuáticos, el riesgo continúa siendo alto. Más aún, la vulnerabilidad de los sistemas de producción acuáticos del país es alta considerando que Penaeus vannamei es altamente susceptible a patógenos en condiciones frías. Adicionalmente, la evidencia de la conexión entre eventos interanuales climáticos de tipo La Niña y la ocurrencia de enfermedades en los sistemas de producción camaronera es muy fuerte. A pesar de que no hay un estudio formal de análisis de riesgo para enfermedades de camarón en Ecuador, se puede afirmar que el riesgo de una nueva epidemia es alta, ya que ambos componentes de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) son altos. Consecuentemente, es crítico que se trabaje en herramientas que provean capas de protección para los productores camaroneros. Estos serían básicamente: (1) medidas de control de movimiento e importación de animales vivos, (2) estrictas medidas de cuarentena a los animales importados, (3) estudio de análisis de riesgo por la importación de productos acuáticos y (4) los sistemas de vigilancia epidemiológica.

Las granjas camaroneras cuentan con un servicio de vigilancia desarrollado por CENAIM-ESPOL para detectar posibles amenzas de epidemia en el camarón.

La Fundación CENAIM-ESPOL desarrolló un sistema de vigilancia epidemiológica para la detección temprana de epidemias de camarón para la zona camaronera de las provincias del Guayas y El Oro.

El sistema desarrollado en el 2005 y denominado Sistema de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola (SAEMA) está basado en la vigilancia de los niveles de producción en granjas camaroneras del estuario interior del Golfo de Guayaquil (provincias del Guayas y de El Oro).

El principio del sistema se basa en bajas en la producción de camaroneras compartiendo una zona determinada, lo cual puede estar ligado a un brote epidémico. El monitoreo de los niveles de producción es una alternativa menos costosa comparada con los complejos sistemas de vigilancia epidemiológica basados en redes sanitarias (redes de agencias veterinarias, personal técnico, muestreos, análisis de muestras, etc.).

Componentes básicos del sistema

El SAEMA utiliza un sistema de información geográfica compuesto principalmente de: (1) una cartografía de grillas imaginarias (12,860 ha por grilla) que divide el área de estudio (Figura 1); (2) una imagen del satélite Landsat 7 con una resolución hasta nivel de piscina (Figura 1) y; (3) la posición geográfica y bordes de cada camaronera y piscinas participantes en el sistema.

Además, el SAEMA fue desarrollado como una aplicación Web (http://www.saema.espol.edu.ec).

Contiene cinco páginas web, tres de las cuales poseen los principales productos: Alerta a nivel de región, Alerta a nivel de camaronera y Alerta a nivel de estanque. La cuarta página web (Ingreso de información) contiene una ventana que habilita a los productores a grabar en el sistema (servidor localizado en la ESPOL) los datos vía internet a través de un archivo Excel desde sus computadoras personales. Por último, la quinta página web, denominada Acerca del SAEMA, contiene la descripción del proyecto. Los productos están agrupados en dos niveles de acceso: (1) información pública, que puede ser observada por todos los usuarios. Contiene la Alerta a nivel de región (Figura 1), donde se aprecia el golfo reticulado en grillas, el estado de alerta para cada una de las grillas y mes del año y (2) información particular para cada productor, accesible mediante una identificación de usuario y contraseña. Contiene la Alerta a nivel de camaronera (Figura 3) y la Alerta a nivel de estanque (Figura 4), con el acercamiento y el estado de alerta de la camaronera y de cualquiera de sus piscinas. El nivel de confidencialidad de los datos es el más alto. Sin las claves de identificación de usuario y contraseña no hay acceso directo a la información particular. El sistema opera en línea en forma automática, ya que la actualización del estado de alerta ocurre instantáneamente con cada grabación de datos realizado por los productores.

Variable de alerta: Índice de Producción y Manejo (IPM)

Debido a las diferentes estrategias de manejo entre los productores de una región y en un mismo productor a lo largo del tiempo, se utilizó una variable estándar que combina algunas variables de producción cuantificables. La variable usada para describir la alerta del SAEMA es el índice de Producción y Manejo (IPM) (Sonnenholzner 2004). El IPM permite la comparación de rendimientos entre ciclos de producción con manejos distintos. La variable fue calibrada con datos históricos (1996-2002) de producción de dos camaroneras del golfo (Sonnenholzner 2004).

Para construir el IPM se realiza una estandarización de la variable de producción, dividiendo la producción total (g) para el área de cultivo (m2). Además, se utiliza la densidad de siembra (animales m-2) y el valor del crecimiento absoluto promedio del camarón al término del ciclo (g/día), que indica implícitamente la capacidad de carga del sistema, capacidad de manejo, y factores abióticos que influyen en la tasa de crecimiento. Con estas variables se construyó el IPM, cuya unidad final es (g/día)(g/animal).

$$IPM = \left[\frac{\text{Producción total}/\text{Area}}{\text{No animales sembrados}/\text{Area}}\right] \times \left[\frac{\text{Peso promedio de cosecha}}{\text{Duración del ciclo}}\right]$$

Posteriormente, el IPM es transformado a una anomalía estandarizada (AIPM) para cada grilla y mes. Para lo cual se calcula: (1) los promedios de IPM para el mes y grilla (IPM promedio) con los datos de las piscinas que hayan sido cosechadas en ese mes y en esa grilla, (2) los promedios históricos de IPM para esa grilla y mes (IPM promedio histórico) con los datos de las piscinas que hayan sido cosechadas en esa grilla durante el mismo mes del periodo histórico y (3) las desviaciones estándares (SIPM promedio histórico) de los valores anteriores. De esta manera, la variable pueda ser comparada en espacio (entre grillas) y en tiempo (entre meses del año) según la siguiente ecuación:

$$\text{Anomalía estandarizada del IPM (AIPM)} = \frac{IPM_{promedio} - IPM_{promedio\ histórico}}{S_{IPM\ promedio\ histórico}}$$

Los valores de AIPM pueden ser positivos o negativos y pueden ir de 0 a ∞ Un AIPM igual a -1 (+1) significa que el valor medido de IPM está a una desviación estándar por debajo (por encima) del promedio histórico de IPM.

En otras palabras, que los niveles de producción son inferiores (superiores) a los promedios históricos.

Luego que los valores de AIPM son calculados para cada grilla y mes donde hay información el estado de la alerta es calculado y desplegado en el mapa tal como es descrito en los siguientes ítems.

Niveles de alerta

El SAEMA posee cuatro niveles para categorizar el estado de la alerta. Están representados por colores (verde, amarillo, anaranjado y rojo). La activación de cada nivel depende del signo y valor alcanzado por el IPM. Los criterios matemáticos para las diferentes categorías o grados de alerta son:

a) Verde = valor de la anomalía estandarizada del IPM cero o positivo (AIPMt ∞ 0)

b) Amarillo = valor de la anomalía estandarizada del IPM positivo (AIPMt ∞ 0); pendiente negativa (AIPMt - AIPMt-1 <0); valor absoluto de la pendiente |AIPMt - AIPMt-1| ∞ 0.25

c) Anaranjado = valor de la anomalía estandarizada del IPM negativo (-0.5<AIPMt<0)

d) Rojo = valor de la anomalía estandarizada del IPM negativo (AIPMt ∞ -0.5)

Interpretación de la alerta desde el punto de vista de producción

Alertas verde y amarillo corresponden a niveles de producción superiores a los promedios históricos, y por tanto a ausencia de enfermedades. Mientras que, los colores anaranjado y rojo sugieren un peligro de enfermedades, manifestado a través de niveles de producción inferiores a los promedios históricos para cada grilla y mes en particular. La interpretación de los niveles de alerta en términos de los niveles de producción es la siguiente:

a) Verde = condiciones de producción sobre lo normal;

b) Amarillo = condiciones de producción sobre lo normal, pero con tendencia a disminuir;

c) Anaranjado = condiciones de producción bajo lo normal;

d) Rojo = condiciones de producción muy bajo lo normal.

RESULTADOS DEL PRIMER AÑO

Alerta a nivel de región

Un proceso de retroalimentación comenzó en el 2006 con información de 19 camaroneras de la zona de estudio, fecha desde la cual el sistema comenzó a operar en línea.

Así, la información de cosecha fue ingresada al sistema vía internet a medida que las piscinas eran cosechadas. Las figuras 1 y 2 muestran cronológicamente la Alerta a nivel de región en cinco meses distintos.

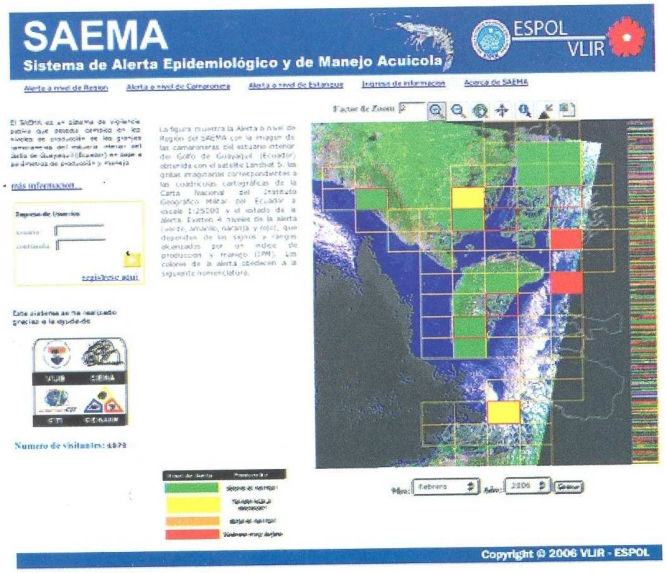

Figura 1. Alerta epidemiológica a nivel regional para el Golfo de Guayaquil (febrero 2006).

Durante los primeros cuatro meses del 2006 la situación estuvo caracterizada por la presencia mayoritaria de grillas con alertas verdes y amarillas y unas pocas grillas de color rojo. En ningún caso se presentaron más de dos grillas rojas en un mismo mes, tal como puede ser observado en la figura 1.

Durante mayo y junio no se reportaron alertas rojas, aunque unas pocas grillas presentaron alertas anaranjadas. En julio (Figura 2) y agosto los niveles de producción fueron superiores a los promedios históricos con estados de alerta verde y amarillo. Sin embargo, una vez más durante septiembre y octubre (Figura 2) se reportaron grillas anaranjadas e inclusive rojas. Esta situación pareció replegarse a partir de noviembre (Figura 2).

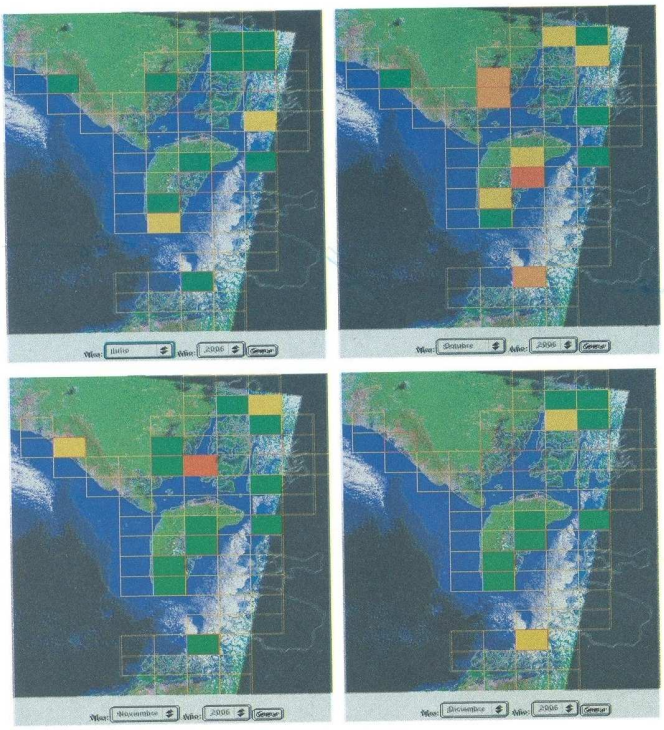

Figura 2. Alerta epidemiológica para julio, octubre, noviembre y diciembre 2006.

De tal manera que en diciembre (Figura 2) solo se observaron alertas verdes y amarillas, significando que, para los últimos meses del 2006, las producciones fueron superiores a los promedios históricos.

Alerta a nivel de camaronera y Alerta a nivel de estanque

En las Alertas a nivel de camaronera y estanque toda la camaronera o estanques, respectivamente, se activan con un determinado color (verde, amarillo, anaranjado, rojo) dependiendo del estado de la alerta (Figuras 3 y 4). Ambas páginas presentan una opción que permite observar la serie de tiempo del AIPM (el último año), que además muestra el número de piscinas y el periodo de los datos utilizados para el análisis. Opciones para año y mes permiten la generación de mapas en cualquiera de los meses donde exista información. También presenta opciones para el caso de productores que participen en el sistema con más de una camaronera.

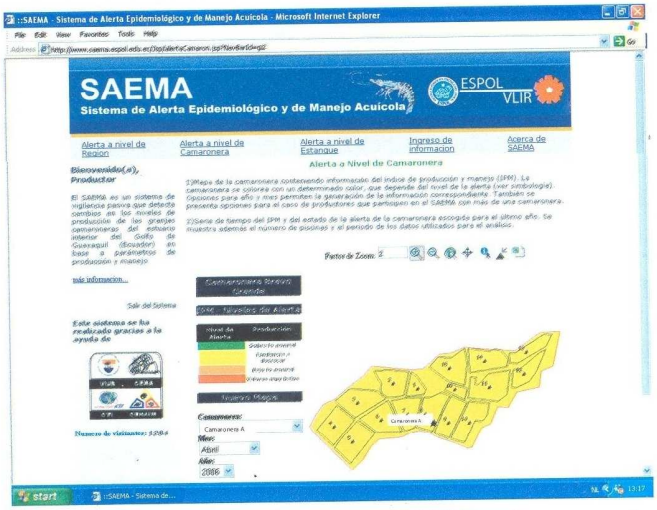

Figura 3. Ejemplo de la segunda página web del SAEMA, en la que se muestra la Alerta a nivel de camaronera. La camaronera cuya consulta ha sido elegida por el productor presenta una alerta amarilla.

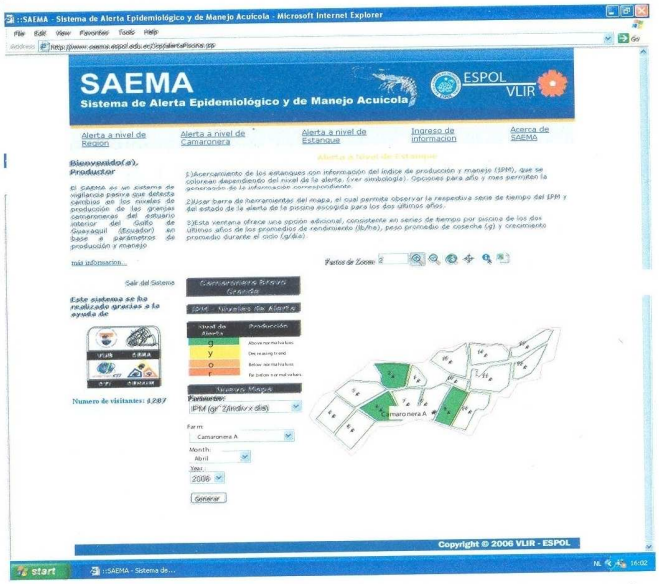

Figura 4. Ejemplo de la tercera página web del SAEMA en la que se indica la Alerta a nivel de estanque. La figura muestra las piscinas de la camaronera cuya consulta ha sido elegida por el productor. El sistema de alerta está activado para tres de las piscinas de la camaronera. Las piscinas están coloreadas dependiendo del nivel de alerta.

Ingreso de información

La información (datos de producción) es transferida directamente desde la computadora personal del productor al sistema a través de la ventana Ingreso de información (figura no mostrada).
El único requerimiento es una conexión a internet. Para los usuarios que ingresen información por primera vez, está disponible una opción para descargar un archivo plantilla en formato Excel (XLS) (Figura 5).

Este archivo sirve como ejemplo para observar el tipo de información y la forma como se la llena. Esta opción habilita a los productores a grabar en el sistema (servidor localizado en la ESPOL) los datos vía internet a través de un archivo Excel. Luego de esto, la actualización del estado de alerta y del resto de la información ocurre instantáneamente con cada grabación de datos.

DISCUSIÓN

El hecho de que en algunos meses del 2006 se reportaron alertas anaranjadas y rojas no significa que necesariamente una epidemia comenzó en esos meses, ya que tales colores fueron el resultado de promedios de producción de piscinas cosechadas en una o dos camaroneras por grilla.
Al respecto, es importante recalcar que producciones bajas pueden ser provocadas por problemas ambientales, por enfermedades o por un manejo inadecuado.

El incremento del número de camaroneras aportando información al sistema generará promedios históricos más confiables y por tanto alertas más exactas, lo que producirá una mayor confianza en la información del SAEMA.
La detección de una epidemia expresada con bajas producciones en una región específica podría permitir a los productores de otras zonas geográficas tomar medidas preventivas para reducir el esparcimiento de una epidemia.
El SAEMA puede ser el marco de trabajo operacional adecuado para observar patrones en espacio y tiempo de la epidemia.

Para que el SAEMA se constituya realmente en una plataforma para la detección temprana de epidemias de camarón es imprescindible trabajar en: (1) ampliación del número de camaroneras participantes en Guayas y El Oro, (2) extensión del sistema a las otras zonas camaroneras del país y (3) desarrollo de un plan de contingencia, teniendo al SAEMA como marco operacional.
La ejecución de estos tres objetivos es vital para llegar a contar con un verdadero sistema de alerta temprana de epidemias.
Durante el 2007, el CENAIM y la ESPOL estarán trabajando en los objetivos 1 y 2, en el marco de un proyecto de investigación financiado por el SENACYT.
Mientras que, relacionado al objetivo 3, el CENAIM inició hace varios meses un programa para la implantación y evaluación de protocolos de diagnósticos con el objetivo de buscar localmente posibles virus exóticos reportados en cultivos de P. vannamei en otros países.
Además, es importante considerar que a partir de mayo el riesgo de una epidemia podría ser alto por la gran "vulnerabilidad" de los sistemas de producción.
Esto último se deduce por la presencia de pronósticos de condiciones "La Niña", débil durante los próximos seis meses (http://www.cenaim.espol.edu.ec/acuiclim/pronosticos.htm), que sumado al hecho de que el último evento "La Niña" (1999-2001) ocurrió hace ocho años, coincidiendo con la epidemia de la mancha blanca, eleva el riesgo de la ocurrencia de un evento anormalmente frío luego de un periodo catalogado como normal (http://www.cenaim.espol.edu.ec/acuiclim/tempsup.html).
La conjunción de los riesgos altos de "amenaza" y "vulnerabilidad" que se presentan al momento, implican que el sector productor debe incrementar los niveles de vigilancia.

Los productores deberían aprovechar esta herramienta ingresando masivamente la información al sistema. Solo así el sistema mostrará su verdadera utilidad. Las camaroneras interesadas en participar en el sistema tendrán la garantía absoluta de que su información particular será totalmente confidencial.

PLANTILLA DE INGRESO DE INFORMACIÓN

Camaronera	Piscina	Tamaño de la piscina	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	No. camarones sembrados	Libras cosechadas	Peso de camarón a la cosecha
		ha	dd-mmm-aa	dd-mmm-aa	individuos	libras	gramos
1	1	2,0	16-01-00	16-08-00	50000	564	8,1
1	2	13,2	20-01-00	18-04-00	382800	3498	15,4
1	3A	9,2	19-06-00	16-08-00	294400	2466	12,6

Figura 5. *Plantilla que muestra el formato de la información requerida para elaborar los productos del SAEMA. El productor llena una hoja de Excel y luego la envía automáticamente al sistema vía Internet a través de la cuarta página web Ingreso de Información (Figura no mostrada)*