

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas,  
Oceánicas y Recursos Naturales**

"Diseño de un plan para la incorporación de camaronas a un sistema de información geográfica de alertas de producción"

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Acuicultura**

Presentado por:

Ponti Yave Saquicela Fajardo

Anthony Edward Pita Torres

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Año: 2018**

## DEDICATORIA

Dedicado a mi mamá, hermanos y amigos los cuales siempre me brindaron apoyo y ganas de seguir adelante en mis estudios, sabiendo que cada esfuerzo vale la pena.

-Ponti Saquicela Fajardo

Dedicado a mi mamá y papá por su esfuerzo sempiterno en mi educación, y a mis dos hermanos que me han ayudado inconmensurablemente durante todos estos años.

-Anthony Pita Torres

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al proyecto de investigación de Salud Animal del CENAIM.

Esta investigación ha sido ejecutada en el marco del proyecto PIC-14- CENAIM-003 *Desarrollo e implementación de métodos de control y prevención de enfermedades en especies acuáticas de uso comercial y uso potencial en maricultura o repoblación*, financiado por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Anthony Edward Pita Torres, Ponti Yave Saquicela Fajardo damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

Ponti Yave Saquicela  
Fajardo

---

Anthony Edward Pita  
Torres

## EVALUADORES

.....  
**M.Sc. Kleber Herrera Palomeque**

PROFESOR DE LA MATERIA

.....  
**Ph.D. Bonny Bayot Arroyo**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto se efectuó en el marco del desarrollo de una estrategia de control de enfermedades mediante el SAEMA, un Web-GIS elaborado por CENAIM-ESPOL que permite la detección de epidemias analizando los niveles de producción camaronera. Pese a que la acuicultura ecuatoriana se mantiene como una industria en crecimiento, posee un riesgo latente a las enfermedades de cultivo, amenazando su sostenibilidad considerando lo rápido que se esparce una enfermedad en las regiones productivas. Debido a esto, la detección temprana de epidemias mediante un sistema de información geográfica de alerta pasiva como el SAEMA se considera una herramienta complementaria para el sector acuícola, teniendo en cuenta su vulnerabilidad a las enfermedades y aportación económica para el Ecuador. Dada la situación de que la plataforma requiere de datos puntuales de producción y sabiendo su escaso uso por parte del sector acuícola, se desarrolló una estrategia compuesta por un análisis de la interfaz de la plataforma mediante los lineamientos para “Sistemas de Monitoreo y Vigilancia en Animales” (CDC y OMS), obtención de información secundaria mediante la aplicación de entrevistas a productores de la zona del Golfo de Guayaquil, análisis del árbol de fallas y desarrollo de propuestas en rediseño con el fin de afinar el sistema. Se identificaron propuestas de mejoras en ajustes de escala en espacio y tiempo, aproximación de la zona afectada a través de herramientas estadísticas, e implementación de información adicional para los productores. La validación tiene un factor cualitativo en vista de ausencia de datos históricos de producción camaronera que permitan la comprobación de estas propuestas. Todas las ideas fueron concebidas para que el sector acuícola nacional genere un interés en formar parte del SAEMA por medio de la autoridad gubernamental de acuicultura.

**Palabras Clave:** sistemas de alerta, enfermedades, SAEMA, producción de camarón, Ecuador, sistemas de información geográfica

## **ABSTRACT**

*The present project was carried out within the framework of the development of a disease control strategy through the SAEMA, a Web-GIS developed by CENAIM-ESPOL that allows the detection of epidemics using the production levels of shrimp. Although Ecuadorian aquaculture remains a growing industry, it has a latent risk to culture diseases threatening its sustainability concerning how quickly a disease spreads in the productive regions. Due to this, the early detection of epidemics through a passive alert geographic information system such as the SAEMA is considered a complementary tool for the aquaculture sector, considering its vulnerability to diseases and economic contribution to Ecuador. Given the situation that the platform requires specific production data and knowing its limited use by the aquaculture sector, a strategy was developed consisting of an analysis of the interface of the platform through the guidelines for "Monitoring and Surveillance Systems in Animals" (CDC and WHO), obtaining secondary information through the application of interviews to producers in the Gulf of Guayaquil area, Fault tree analysis and development of proposals in redesign in order to fine-tune the system. We identified proposals for improvements in scale adjustments in space and time, approximation of the affected area through statistical tools, and implementation of additional information for producers. The validation has a qualitative factor in view of the absence of historical data of shrimp production that allow the verification of these proposals. All the ideas were conceived for that the national aquaculture sector generates an interest in forming part of the SAEMA through the governmental aquaculture authority.*

*Keywords: alert systems, diseases, SAEMA, shrimp production, Ecuador, geographic information systems*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA .....	iv
EVALUADORES .....	v
RESUMEN .....	VI
<i>ABSTRACT</i> .....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
CAPÍTULO 1 .....	13
1.    Introducción .....	13
1.1    Descripción del problema .....	14
1.2    Justificación y/o importancia .....	15
1.3    Objetivos.....	16
1.3.1    Objetivo General .....	16
1.3.2    Objetivos Específicos .....	16
1.4    Marco teórico .....	16
CAPÍTULO 2.....	18
2.    Metodología .....	18
2.1    Descripción del sistema .....	20
2.1.1    Características principales .....	20
2.1.2    Componentes .....	21
2.2    Evaluación del sistema .....	22



2.3	Propuesta .....	23
CAPÍTULO 3.....		24
3.	Resultados .....	24
3.1	Descripción del sistema .....	24
3.1.1	Características principales del sistema .....	24
3.1.2	Componentes del sistema.....	26
3.2	Evaluación del sistema .....	29
3.2.1	Evaluación del desempeño del sistema .....	29
3.2.2	Análisis del árbol de fallas.....	32
3.2.3	Propuesta de mejoras .....	34
3.3	Propuesta de adopción del SAEMA como medida de vigilancia epidemiológica	38
3.3.1	Acuerdos entre Autoridad Competentes y productores.....	38
3.3.2	Plan de Contingencia en función de la alerta .....	40
CAPÍTULO 4.....		44
4.	Conclusiones y Recomendaciones .....	44
4.1	Conclusiones .....	44
4.2	Recomendaciones .....	45
BIBLIOGRAFÍA.....		47
ANEXOS.....		50

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
SAEMA	Sistema de Alerta Epidemiológico y Manejo Acuícola
IPM	Índice de Producción y Manejo
AIMP	Anomalía del Índice de Producción y Manejo
CDS	Center for Disease Control and Prevention
WHO	World Health Organization
GIS	Geographic Information System
CNA	Cámara Nacional de Acuicultura
PCA	Plan de Contingencia Acuícola
VECA	Vigilancia Epidemiológica Colaborativa en Acuicultura
IHHNV	Infectious Hypodermal Haematopoietic Necrosis Virus
AHPND	Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease
WSSV	White Spot Syndrome Virus
TSV	Taura Syndrome Virus
SHIV	Shrimp Hemocyte Iridescent Virus
EHP	Enterocytozoon Hepatopenaei
YHV	Yellow Head Virus

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama esquemático del proceso seguido para el diseño de un plan para la incorporación de camaroneras a un sistema de información geográfica de alertas de producción SAEMA siguiendo la metodología de evaluación de calidad de los sistemas de vigilancia para producción animal. Fuente: adaptado de (Salman et al., 2003). ...	19
Figura 2.2 Componentes de la plataforma SAEMA. Fuente: propia. ....	22
Figura 3.1 Alerta epidemiológica regional en la zona productiva camaronera e información disponible en la celda. Fuente: <a href="http://200.10.150.98">http://200.10.150.98</a> .....	27
Figura 3.2 Tipos de alertas a nivel de camaronera, alerta verde y roja según el año. Fuente: <a href="http://200.10.150.98">http://200.10.150.98</a> .....	28
Figura 3.3 Comparación de alerta a nivel piscina, alertas de colores sobre piscinas específicas. Fuente: <a href="http://200.10.150.98">http://200.10.150.98</a> .....	29
Figura 3.4 Esquemmatización del árbol de fallas en sistemas de monitoreo y vigilancia Fuente: (Salman et al., 2003).....	32
Figura 3.5 Celda dividida en cuatro partes delimitando la zona productiva. Fuente: modificado de <a href="http://200.10.150.98">http://200.10.150.98</a> .....	34
Figura 3.6 Representación de las opciones del usuario para determinar el tamaño de muestra Fuente: propia.....	37
Figura 3.7 Representación del ingreso de información de parámetros ambientales en la piscina Fuente: propia.....	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Criterios para la evaluación del desempeño de sistemas de monitoreo y vigilancia aplicado al SAEMA.....	30
---	----

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei* constituye el primer producto no petrolero de exportación del Ecuador. En el año 2017 el país exportó alrededor de 420.000 toneladas métricas de camarón de cultivo, lo que representó un ingreso de 2800 millones de dólares (CNA, 2018). Aunque la producción de camarón genera divisas importantes, su sostenibilidad está amenazada por su alta vulnerabilidad histórica a las epidemias.

Existen cuatro estrategias sanitarias que un país implementa para disminuir el riesgo de entrada al país de patógenos emergentes y establecimiento en territorio de una epidemia en sistemas de producción animal: (1) Análisis de riesgo a la importación de organismos vivos y productos asociados, (2) Establecimiento y ejecución de procedimientos de cuarentena y certificación a los lotes importados de organismos vivos, (3) Vigilancia epidemiológica y (4) Planes de Acción.

Ecuador está implementando desde hace algunos años la primera estrategia, con la conformación de un comité interinstitucional técnico de evaluación de riesgos a la importación de organismos bioacuáticos y productos asociados, que recomienda a la Subsecretaría de Acuicultura (Ministerio de Acuicultura y Pesca) conceder o no la importación basado en análisis técnicos de riesgos, así como en el asesoramiento técnico para la emisión de decretos ministeriales que regula la importación.

La recientemente creada Subsecretaría de Calidad e Inocuidad, entidad encargada en el país de la competencia sanitaria acuícola para la vigilancia epidemiológica y la ejecución de los planes sanitarios de acción, está estableciendo programas para la implementación de las otras tres estrategias sanitarias. Todas estas acciones denotan el interés de las autoridades competentes en temas de sanidad acuícola y de reducir o minimizar los niveles de riesgo epidemiológicos ante la presencia de enfermedades emergentes de camarón.

En Ecuador se ha propuesto un sistema de vigilancia epidemiológica para enfermedades de cultivo de camarón (Sistema de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola - SAEMA) basado en el seguimiento de los niveles de producción. El SAEMA fue desarrollado por el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM) y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

A nivel mundial es uno de los pocos WebGIS desarrollados para epidemiología acuática, y es el único aplicado a cultivo de camarón (Bayot et al., 2008). Esta plataforma utiliza como índice de alerta, el Índice de Producción y Manejo - IPM (Sonnenholzner, S. et al., 2004) para estandarizar la información de producción de estanques con diferentes manejos. Está diseñado para detectar el inicio de una epidemia en los sistemas de cultivo en base a la vigilancia de los niveles de producción y generación de alertas, donde las caídas de producción podrían ser originadas por un agente infeccioso y ser indicativo del inicio de una epidemia. Sin embargo, a pesar de que no existe una herramienta similar en la industria acuícola nacional el sistema no ha sido implementado.

## **1.1 Descripción del problema**

La industria acuícola ecuatoriana ha afrontado varios eventos que han afectado seriamente la producción. Entre 1988 y 1990, el síndrome de la gaviota redujo en 15% la producción camaronera nacional (Notarianni, 2006) . En 1992 y 1993, el virus del síndrome de Taura (TSV) ocasionó pérdidas en Ecuador de hasta 400 millones de dólares por año (Lightner, 2011). Mientras que, la epidemia provocada por el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) causó entre 1999 y 2003 aproximadamente 1800 millones de dólares en pérdidas, 150.000 plazas de trabajo y la quiebra de la industria camaronera (Barry Hill, 2002).

En general, a nivel mundial los sistemas de producción acuícola son propensos a la aparición de enfermedades emergentes. La enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPND) es una de las últimas enfermedades emergentes, y ha causado significantes pérdidas de producción camaronera en Asia desde el 2009 (Joshi et al., 2014); mientras que, cepas patógenas de bacterias *Vibrio parahaemolyticus*,

promotoras de la enfermedad ya han sido reportadas en Sudamérica (Restrepo et al., 2016).

La detección de enfermedades se realiza mediante monitoreos e implementación de métodos clínicos, lo cual resulta muy costoso, sobre todo porque los análisis se hacen con un considerable número de muestras. Un plan que direcciona estas campañas a momentos y sitios específicos de más riesgo basado en criterios técnicos sería una contribución valiosa a la gestión eficiente de los planes nacionales de vigilancia y un complemento a la solución de un problema que puede costar al país millones de dólares en pérdidas, al impedir la propagación de una epidemia o minimizar el riesgo de ocurrencia.

## **1.2 Justificación y/o importancia**

El sistema de alerta SAEMA puede ser considerado una medida de prevención y control de enfermedades en el sector acuícola, por lo que podría integrarse dentro de las estrategias que las autoridades gubernamentales ecuatorianas de acuicultura utilizan para impedir la entrada de patógenos al país. Es importante que instituciones como la Subsecretaría de Acuicultura y/o Subsecretaría de Calidad e Inocuidad, junto con los gremios productivos (Cámara Nacional de Acuicultura y otras asociaciones de productores) tomen acciones para impedir una epidemia o la propagación en espacio y tiempo del problema patológico. Sin embargo, aunque el sistema fue difundido en su momento, no ha sido usado por los tomadores de decisión porque no ha generado interés, debido a que no representa un beneficio tangible a los productores.

Una revisión exhaustiva de las bondades y debilidades del sistema y un plan posterior de mejoras o reingeniería y de incorporación de camareras al sistema puede ser una contribución fundamental para el avance de la acuicultura del país desde un punto de vista epidemiológico. Si la plataforma consigue ser usada por los productores de camarón, en conjunto con la Autoridad Competente se podría prevenir una epidemia en camarón de cultivo, evitando un grave problema económico a nivel de país.

El presente documento se enfoca la revisión crítica del SAEMA y en el diseño de mejoras, tales como afinamiento de las escalas de espacio, tiempo y frecuencia de ingreso de datos, así como en el diseño de una estrategia que permita que la plataforma sirva como un sistema de alerta temprana de caídas de producción, el cual pueda ser una contribución al principal problema limitante del sector camaronero ecuatoriano que es la vulnerabilidad a enfermedades en el campo de producción.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un plan que permita la incorporación de camaroneras a un sistema de información geográfica de alertas de producción (Sistema de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola - SAEMA) como alternativa para la detección de producciones subóptimas en camaroneras del Ecuador.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar mejoras en la plataforma SAEMA a través de un análisis de la interfaz de usuario (entradas y salidas) y entrevistas a productores, generando posibles alternativas de interacción adicional cuando el camaronero ingrese su información.
- Desarrollar una propuesta para que las autoridades gubernamentales de acuicultura adopten el SAEMA como medida de vigilancia epidemiológica en camaroneras.

### **1.4 Marco teórico**

Dado que el presente trabajo analiza la implementación de un sistema de alerta temprana a nivel regional para la detección de niveles de producciones subóptimas en los sistemas



de producción acuícola, y conociendo su escaso uso en la matriz productiva en Ecuador, es necesario analizar los sistemas de alerta epidemiológicos encontrados en la literatura. A continuación, se analiza brevemente los pocos sistemas de alerta acuícolas existentes.

El SAEMA está instalado en Internet (<http://200.10.150.98>), su interfaz proporciona tres tipos de alerta: alerta a nivel de región, alerta a nivel de camaronera y alerta a nivel de piscina. La primera interfaz es pública, mientras que las dos últimas son para el uso del productor. El sistema puede comparar a través del IPM los niveles de producción entre camaroneras y piscinas utilizando las variables de rendimiento, densidad de siembra, duración de ciclo de cultivo y peso de camarón cosechado para estandarizar las prácticas de manejo, y permite contrastar la información entre camaroneras y piscinas de distintas zonas (Bayot et al., 2008).

Adicional al SAEMA, la literatura reporta solamente otros dos proyectos de vigilancia sanitaria en organismos acuáticos. El proyecto de Vigilancia Epidemiológica Colaborativa en Acuicultura (VECA) fue implementado para desarrollar un sistema interactivo y de epidemiología participativa, envolviendo datos específicos de la piscicultura en determinadas zonas de España con el fin de obtener una referencia histórica de patologías asociadas a cultivo de peces (Muniesa A, et al., 2016). A pesar de la gratuidad de la plataforma, el número de piscicultores involucrados fue mínimo, como consecuencia no existieron datos suficientes para una validación.

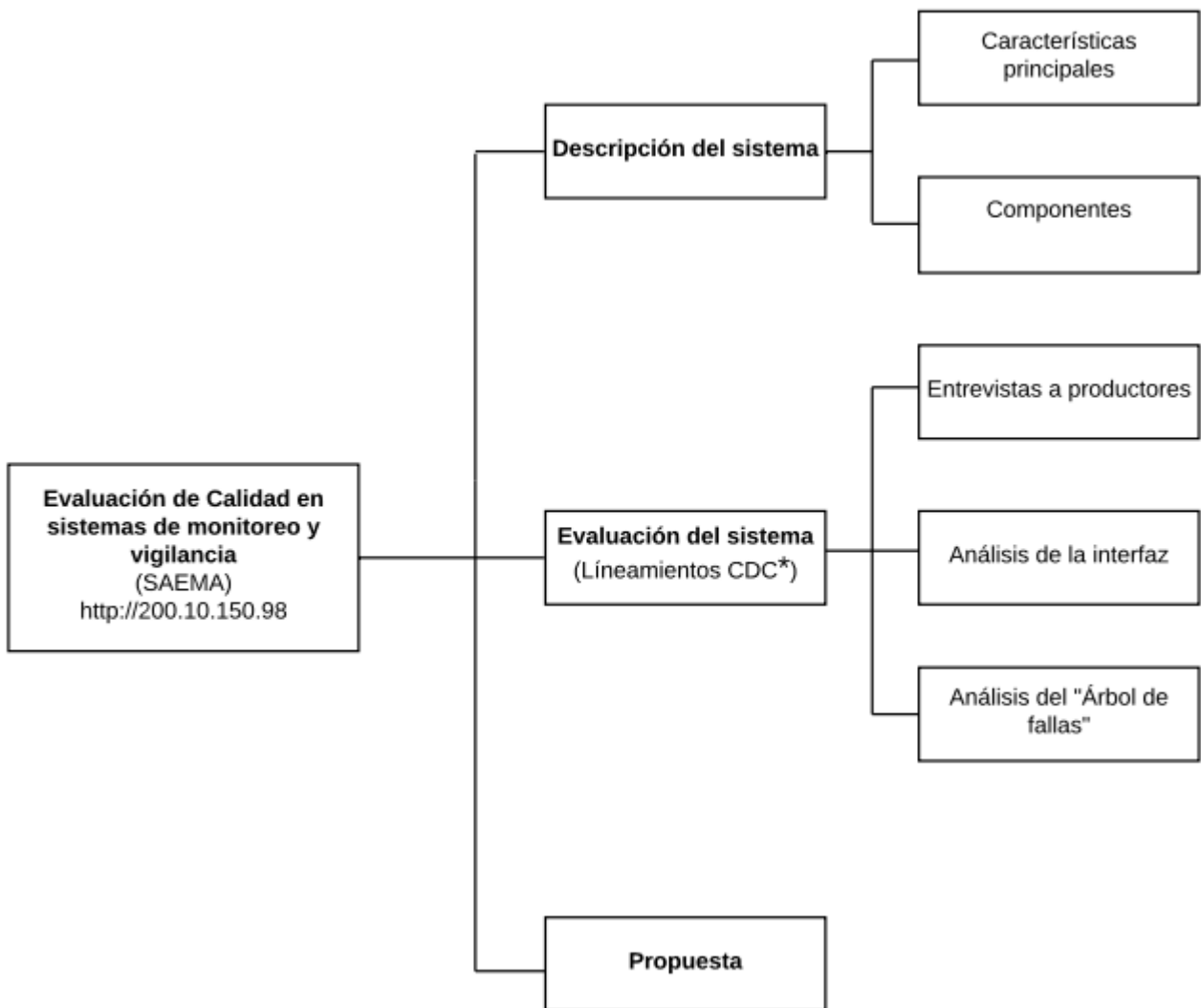
Además, se ha desarrollado un índice de producción para tilapia en Colombia, basado en datos de producción y manejo (crecimiento diario relativo, sobrevivencia y tasa de conversión alimenticia) usando información de dos granjas de tilapia (Muniesa et al., 2016). La implementación de este índice detecta posibles problemas de producción, manejo o ambientales que pueden ser indicio de la presencia de una enfermedad en los cultivos de tilapia.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento del primer objetivo el cual consiste en la identificación de mejoras en el sistema de vigilancia epidemiológico, se utilizaron las guías establecidas por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (German R., et al., 2001) (WHO, 1997) y aplicadas también a epidemiología veterinaria (Salman, et al., 2003). Especialmente los lineamientos usados para evaluación de calidad de los sistema de monitoreo y vigilancia de enfermedades en animales fueron detallados para el caso del SAEMA (Figura 2.1) Brevemente, se pidió una evaluación del sistema a los productores camaroneros mediante entrevistas, se analizó la interfaz actual de usuario del sistema (entradas y salidas) y se realizó un análisis de árbol de fallas para detectar los componentes y aspectos del SAEMA que contribuyen a que el sistema no sea usado por los productores de camarón y a la vez para identificar las mejoras necesarias para que pueda ser usado como sistema de alerta de epidemias.

Para el cumplimiento del segundo objetivo de que la plataforma SAEMA pueda ser considerada por la autoridad competente como una herramienta operacional para detectar el inicio de una epidemia, fue necesario diseñar un plan para la incorporación de camaroneras al sistema, el cual manifiesta la creación de acuerdos y la inclusión de un plan de contingencia como respuesta de acción a distintos niveles de alerta.



**Figura 2.1** Diagrama esquemático del proceso seguido para el diseño de un plan para la incorporación de camaroneras a un sistema de información geográfica de alertas de producción SAEMA siguiendo la metodología de evaluación de calidad de los sistemas de vigilancia para producción animal. Fuente: adaptado de (Salman et al., 2003).

## **2.1 Descripción del sistema**

### **2.1.1 Características principales**

#### **Objetivo**

El SAEMA es un sistema de alerta temprana que tiene como objetivo la detección rápida de un evento epidemiológico, activando las alertas en función la variabilidad del IPM e interpretándose directamente el estado de la alerta a nivel una región, camaronera y piscina.

#### **Definición del caso de vigilancia**

Cada una de las celdas en la zona que cubre la plataforma que presenten alertas regionales de color rojo y anaranjado serán indicio de problemas en los niveles de producción.

#### **Legislación**

Existen aspectos establecidos por la autoridad gubernamental como el Ministerio de Acuicultura y Pesca para evitar el ingreso de patógenos relacionados al cultivo de camarón al país, regulaciones en las importaciones de especies bioacuáticas, prohibiciones de insumos de origen acuícola, extendiéndose cada año desde el 2013 debido a la presencia de un agente emergente patógeno (AHPND), creando una comisión técnica de evaluación de riesgos, con el fin de evitar la propagación de un agente infeccioso en los sistemas de producción acuícola.

#### **Autoridades involucradas**

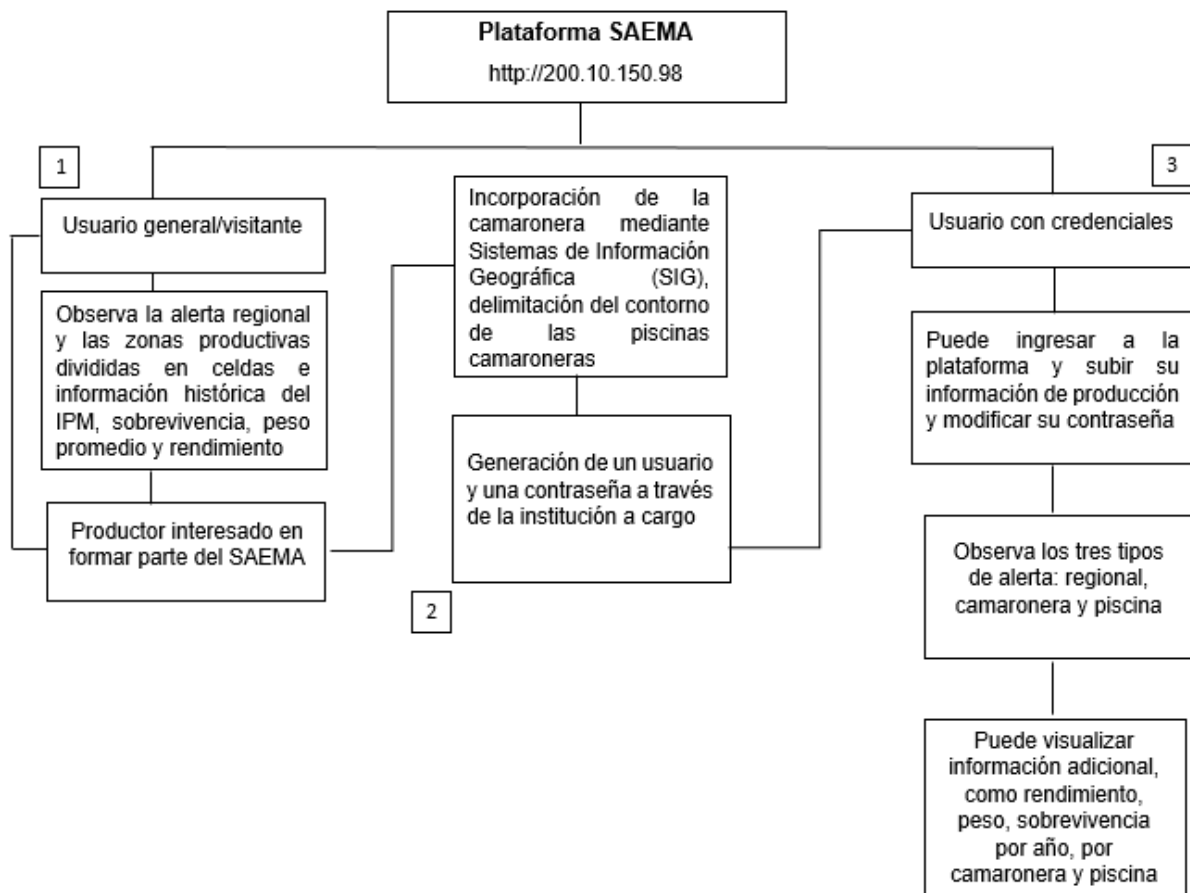
La industria acuícola ecuatoriana opera multilateralmente dentro del contexto de varios entes involucrados en la emergencia de una epidemia. El CENAIM como desarrollador del SAEMA y por tanto representante del sector investigador y además como parte de la Academia, por ser un centro de investigación de la ESPO, se desenvuelve dentro de la industria camaronera. La Cámara Nacional de Acuicultura (CNA) y otras asociaciones de productores, son los actores directamente involucrados en la emergencia de una epidemia, así como las Autoridades Gubernamentales Competentes, Subsecretaría de Acuicultura y Subsecretaría de Calidad e Inocuidad.

## **Recursos económicos**

Actualmente el sistema no dispone de un presupuesto para operar, pero cuenta con un pequeño capital para modificaciones que surjan como consecuencia de una reingeniería de sus componentes.

### **2.1.2 Componentes**

Los componentes del sistema se identifican de manera operacional al ingresar como un usuario general, o un usuario con credenciales (usuario y contraseña), los cuales se mencionan en la Figura 2.2. Incluyendo las herramientas de salida (gráficos) que el sistema ofrece al productor. Por tanto, se consideran tres secciones **(1)** Alerta a nivel de región, utilizada por el usuario general o visitante (Productor y Autoridad competente), **(2)** Ingreso de datos geográficos, generación de usuario y contraseña (proceso realizado por CENAIM) y **(3)** Herramientas de salida para el productor camaronero: alerta a nivel de camaronera y piscina (Productor).



**Figura 2.2** Componentes de la plataforma SAEMA. Fuente: propia.

## 2.2 Evaluación del sistema

### Entrevistas a productores camaroneros

Se preparó una presentación del SAEMA y se diseñó una encuesta compuesta de preguntas que tenían como objetivo obtener la perspectiva de los productores ante los sistemas de alerta, la disponibilidad de brindar información de producción, su opinión con respecto a la plataforma, diferentes observaciones, beneficios o desventajas del sistema. Se realizó un total de 10 encuestas a productores camaroneros del Golfo de Guayaquil debido a que es la zona de mayor concentración de actividad acuícola, y porque es la región camaronera con mayores niveles tecnológicos en sus instalaciones.

### **Aplicación del árbol de fallas**

Se realizó un análisis de árbol de fallas para detectar los componentes y aspectos del SAEMA que contribuyen a que el sistema no sea usado por los productores de camarón y a la vez para identificar las mejoras necesarias para que pueda ser usado

### **2.3 Propuesta**

La propuesta para la incorporación de camaroneras al sistema de vigilancia epidemiológica (SAEMA), incluye la creación de acuerdos circunscritos a la confidencialidad entre las autoridades competentes y los productores camaroneros por los datos de producción proporcionados, y la implementación de un Plan de Contingencia en función de una alerta determinada como medida de vigilancia periódica, siguiendo determinados criterios para cada fase del plan.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Descripción del sistema

#### 3.1.1 Características principales del sistema

##### **Definición del caso de vigilancia**

Las celdas del SAEMA que presenten alertas regionales de color anaranjado y rojo en un periodo particular de tiempo puede ser indicativo de un brote epidémico. Ambas alertas requieren de confirmación directa por parte del contacto encargado de hacer el seguimiento a los informes que periódicamente presente la plataforma o directamente a la camaronera involucrada, iniciando los planes de acción en función de la presencia de mortalidad.

##### **Legislación**

En Ecuador se mantiene un sistema de prevención y control de enfermedades por medio de un marco legal y de la autoridad de sanidad competente. En vista del factor de vulnerabilidad de los sistemas de producción acuícola ecuatoriana a enfermedades de cultivo, se han creado Acuerdos Ministeriales por parte del Ministerio de Acuicultura y Pesca mencionados cronológicamente y dirigidos al sector acuícola en general, considerando los más relevantes para el presente proyecto.

Acuerdo Ministerial No. 097, emitido el 11 de junio de 2008 (MAP, 2017) sobre la "IMPORTACION Y PROCEDIMIENTOS PARA EL CONTROL SANITARIO (CUARENTENA)".



Acuerdo Ministerial No. 098, emitido el 17 de junio de 2008 "INSTRUCTIVO PARA LA IMPORTACIÓN DE ESPECIES BIOACUÁTICAS" y "TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE IMPORTACIÓN".

Acuerdo Ministerial No. 043, emitido el 25 de julio de 2013, "Vigilancia epidemiológica en la reproducción y cultivo de camarón; así como de productos e insumos para la acuicultura" bloqueo de importaciones por el lapso de un año debido al brote infeccioso en el continente asiático de (AHPND).

Acuerdo Ministerial No. 001, emitido el 24 de julio del 2014, mediante el cual se amplía el plazo a un año del Acuerdo Ministerial No. 043 del 25 de julio del 2013.

Respecto a instituciones que puedan realizar análisis de patógenos y cuenten con la certificación correspondiente, según los oficios:

Oficio Nro. CENAIM-DIR-SANP-06417 emitido el 13 de septiembre de 2017, el CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES MARINAS de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL), cuenta al momento con los procedimientos, protocolos y métodos para la detección del EMS/AHPND en el país.

Oficio Nro. MAP-SCI-2017-0001-O emitido el 15 de septiembre de 2017, mediante la SUBSECRETARÍA DE CALIDAD E INOCUIDAD del Ministerio de Acuicultura y Pesca, certifica que el LABORATORIO DE ENSAYOS DE PRODUCTOS DE USO ACUÍCOLA (LAB-EPA) cuenta con la capacidad y los métodos de diagnóstico para realizar el control sanitario de la enfermedad de la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND/EMS) y otros agentes patógenos (MAP, 2017).

### **Autoridades involucradas en la gestión del SAEMA**

CENAIM como institución creadora de la plataforma pretende que la autoridad gubernamental competente adopte al sistema como medida de vigilancia epidemiológica.

## Recursos económicos del SAEMA

Actualmente el sistema no cuenta un presupuesto establecido para realizar mejoras, sin embargo, si existe un interés notable en el uso del sistema se podrá utilizar determinado capital para evaluar la reingeniería de la plataforma.

### 3.1.2 Componentes del sistema

#### Alerta a nivel de región

La alerta a nivel de región informa tanto a los usuarios del sistema como a los visitantes del SAEMA sobre los niveles de producción que se dan en las diferentes regiones productoras de camarón en el país, divididas en celdas a través de una alerta que se interpreta en un sistema de colores. La anomalía del Índice de producción y manejo (AIPM) puede tomar valores positivos y negativos (Ecuación 3.1). Si estos valores son mayores a cero, se despliega una alerta representada por el color verde o amarillo, siendo el color verde un escenario donde la producción manifiesta una tendencia creciente ( $AIMP \geq 0$ ), y el color amarillo representa un decrecimiento.

Si los valores son negativos se despliega una alerta de color anaranjado con valores del IPM por debajo del promedio ( $0,5 \leq AIMP < 0$ ) y de color rojo donde los valores del índice están muy por debajo de los valores históricos ( $AIMP \leq -0,5$ ).

El valor del índice para la alerta a nivel regional en cada una de las celdas es calculado con, la ecuación (3.1) mientras que las ecuaciones (3.2 y 3.3) corresponden a las alertas a nivel de camaronera y piscina respectivamente (Bayot et al., 2008).

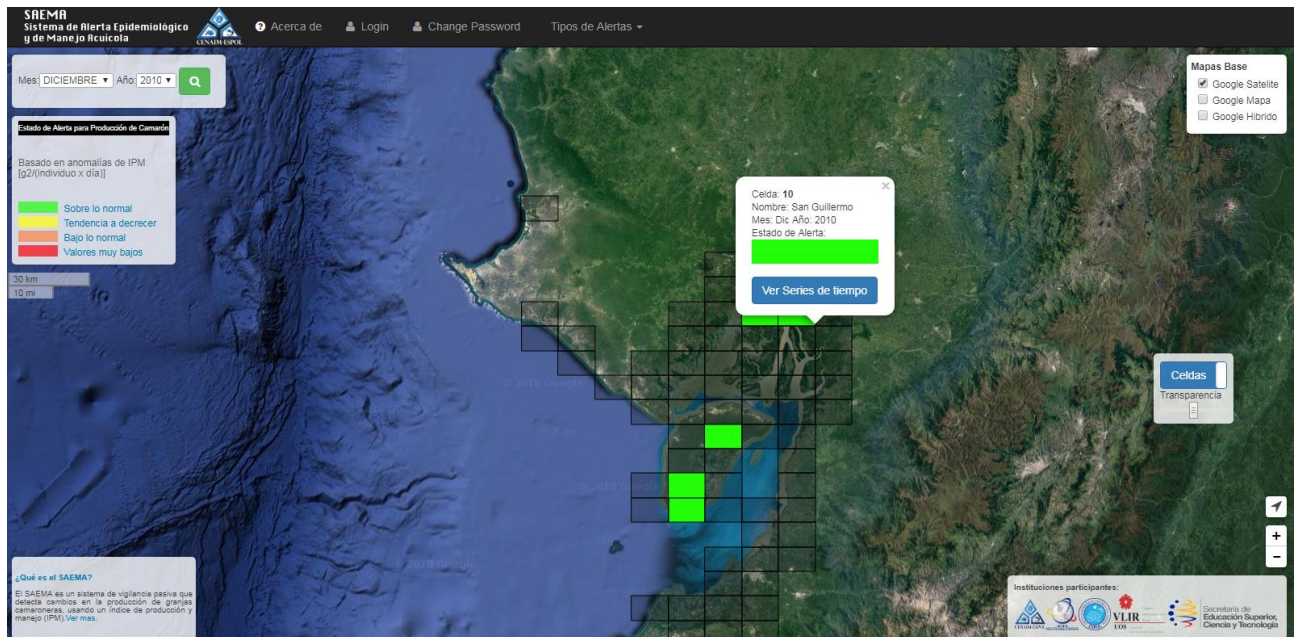
$$AIPM_{celda,mes} = \frac{\overline{IPM}_{celda,mes} - \overline{IPM}_{(celda,mes)histórico}}{S \overline{IPM}_{(celda,mes)histórico}} \quad (3.1)$$

$AIPM_{celda, mes}$  = Anomalía del IPM en una celda y mes específico.

$\overline{IPM}_{celda, mes}$  = IPM promedio en una celda y año específico.

$\overline{\overline{IPM}}_{celda, mes\ histórico}$  = IPM promedio en una celda y mes durante un periodo histórico.

$S\overline{\overline{IPM}}_{celda, mes\ histórico}$  = Desviación estándar del IPM para la celda en un periodo histórico.



**Figura 3.1** Alerta epidemiológica regional en la zona productiva camaronera e información disponible en la celda. Fuente: <http://200.10.150.98>

### Alerta a nivel de camaronera

Este índice está enfocado únicamente a las camaroneras proporcionando alertas de producción representadas por la misma variedad de colores de la alerta regional, dependiendo de los resultados de producción, es decir la variación del AIMP (Figura 3.2). En cuanto a nivel de alerta en camaronera se utilizan los siguientes datos, conformando la ecuación 3.2.

$$AIPM_{cam, fecha} = \frac{\overline{IPM}_{cam, mes} - \overline{\overline{IPM}}_{cam, histórico}}{S\overline{\overline{IPM}}_{cam, histórico}} \quad (3.2)$$

$AIPM_{cam, fecha}$  = Anomalía del IPM en una camaronera, y una fecha específica.

$\overline{IPM}_{cam, mes}$  = IPM promedio en una camaronera, mes y año específico.

$\overline{\overline{IPM}}_{cam, histórico}$  = IPM promedio en una camaronera y mes durante un periodo histórico.

$S\overline{IMP}_{cam, histórico}$  = Desviación estándar del IPM para la camaronera en un periodo histórico.



**Figura 3.2** Tipos de alertas a nivel de camaronera, alerta verde y roja según el año. Fuente: <http://200.10.150.98>

### Alerta a nivel de piscina

El índice a nivel de piscinas es mucho más específico y ayuda de una manera más precisa al productor a saber en dónde está el problema que se presente en la camaronera, utilizando los colores de las alertas anteriores y los valores del AIPM (Figura 3.3). Para el funcionamiento a nivel de piscina se requieren de los datos que conforman la ecuación 3.3.

$$AIPM_{pisc, ciclo} = \frac{\overline{IPM}_{pisc, ciclo} - \overline{\overline{IPM}}_{pisc, histórico}}{S\overline{IMP}_{pisc, histórico}} \quad (3.3)$$

$AIPM_{pisc, ciclo}$  = Anomalía de IPM promedio en una piscina, y ciclo de producción específicos.

$\overline{IPM}_{pisc, ciclo}$  = IPM en una y ciclo de producción

$\overline{IPM}_{pisc, \text{histórico}}$  = IPM promedio en una piscina, y estación climática durante un periodo histórico.

$SIMP_{pisc, \text{histórico}}$  = Desviación estándar del IPM para la piscina en un periodo histórico.



**Figura 3.3** Comparación de alerta a nivel piscina, alertas de colores sobre piscinas específicas.

Fuente: <http://200.10.150.98>

## 3.2 Evaluación del sistema

### 3.2.1 Evaluación del desempeño del sistema

#### Entrevista a productores y análisis de la interfaz

El análisis e interpretación de las entrevistas permitió identificar las opiniones más relevantes del sector camaronero y establecer un sondeo de la perspectiva hacia este tipo de sistemas de alerta de detección de producciones. Con la información obtenida de los productores y un análisis personal de la interfaz, se procedió a realizar la siguiente tabla, basados en los criterios presentados por (Salman et al., 2003) y adaptados al SAEMA.

**Tabla 3.1** Criterios para la evaluación del desempeño de sistemas de monitoreo y vigilancia aplicado al SAEMA.

<b>Criterio</b>	<b>Características</b>	<b>Productores</b>	<b>Análisis de la interfaz</b>
Utilidad	•Alerta regional	Consideran que es una herramienta útil en conceptos de prevención y manejo.	Se propone un ajuste en escala de espacio en cada celda para poder reducir la cantidad de zona productiva en una grilla individual, aproximando el lugar del evento.
	•Alerta camaronera	Perciben a las alertas con un nivel de interacción específica ya que poseen información adicional que les ayuda a corroborar el estado actual de sus instalaciones.	La inclusión de aplicaciones que permitan determinar al error considerando la confianza y el tamaño de muestra que genera una determinada alerta, con el objetivo de que los productores validen la utilidad de la alerta generada con los datos correspondientes.
	•Alerta piscina		
Simplicidad	•Datos	Manifiestan que, a pesar del tipo de información solicitada, los datos de producción requeridos para generar las alertas son específicos y son recopilados ciclo a ciclo.	Los datos solicitados proveen de las alertas antes mencionadas, a través de las ecuaciones ya descritas, añadiendo un componente de importancia.
	•Ingreso de información	A pesar de ser una tarea sencilla, desean que otras personas se encarguen de llenar y subir la información al sistema.	El ingreso de la información es mediante una hoja de Excel, se recolectan los datos más representativos en función de producción y manejo.
	•Interacción	Las opciones que actualmente presenta el SAEMA como usuario general y con credenciales, genera un componente de sencillez y de fácil navegación.	Cumple con el criterio de simplicidad en vista de que la plataforma presenta de manera interactiva la información y las diferentes opciones de consulta de aplicaciones adicionales.
Aceptabilidad	•Confidencialidad	Perciben un aporte de seguridad en vista de que se requiere de un usuario y contraseña para acceder. Reconocen la importancia de la creación de acuerdos de confidencialidad.	Identificados los factores de seguridad actuales del sistema en torno a la información solicitada, se propone que exista un acuerdo de confidencialidad entre la Autoridad Competente de Acuicultura y los productores que deseen formar parte de la

			plataforma, generando un componente adicional de protección.
	▪Participación	En su gran mayoría manifiestan que su participación será únicamente con la entrega de los datos, debido a que algunos camaroneros no disponen del tiempo, por otro lado, ciertos productores lo consideran un posible medio de consulta adicional en vista de las herramientas (gráficos) que proporciona.	Se propone la integración de información adicional para el uso exclusivo del productor, como un medio de respaldo de sus datos, consulta del estado de sus instalaciones camaroneras a través de gráficos comparativos. La participación también es resultado directo de la difusión del sistema entre el sector acuícola nacional.
Flexibilidad	▪Adaptación	Entendieron que la cantidad de datos ingresados se ajustan sólo a la información generada, es decir el productor no podrá ver el desempeño de una piscina sino sube los parámetros de producción.	La plataforma es capaz de proporcionar alertas sin importar cuantas camaroneras por celda se ingresen en el sistema, se puede calcular el AIPM con solo una camaronera en cada grilla, pero la inclusión de un mayor número de fincas proveerá de valores más confiables.
Representatividad	▪Brotos	En el caso de que se presente una alerta de color rojo, sugieren que la autoridad a cargo les brinde las recomendaciones necesarias para mitigar el problema.	El SAEMA puede detectar la aparición de un evento en relación con un periodo de tiempo y lugar, y con las mejoras que se plantean determinar una mayor aproximación de la zona afectada.

### 3.2.2 Análisis del árbol de fallas

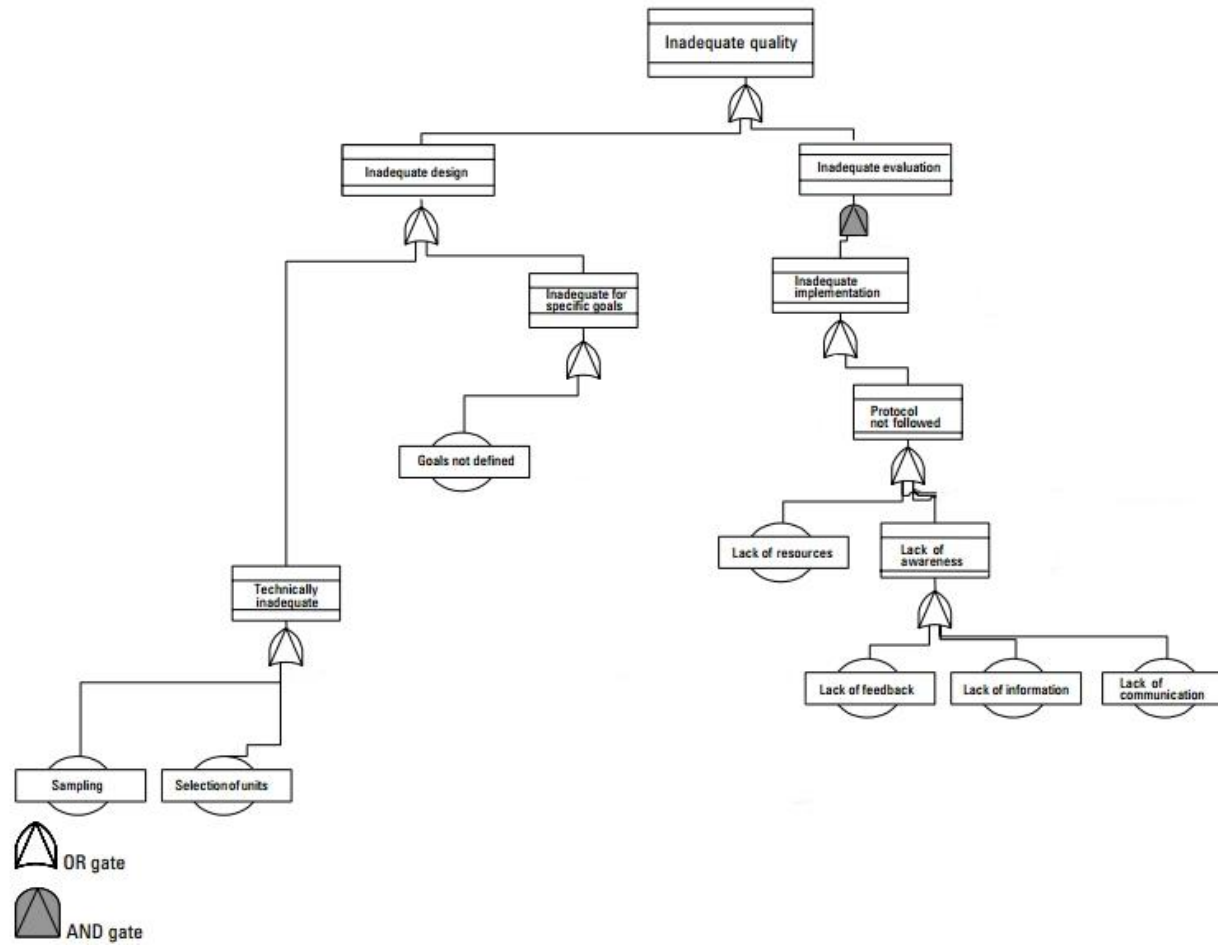


Figura 3.4 Esquematización del árbol de fallas en sistemas de monitoreo y vigilancia Fuente: (Salman et al., 2003).



Mediante la metodología de árbol de fallas, se encontró que ciertos componentes eran inadecuados y los cuales se evaluaron inadecuadamente, como se detalla a continuación. Aunque los autores de esta metodología aplicada a sistemas de monitoreo y vigilancia sugieren que este análisis se realice por individuos que tengan experiencia en sistemas de vigilancia epidémica, con fines académicos resulta una fuente importante de información.

### **Calidad**

Diseño inadecuado y evaluación inadecuada del SAEMA.

Se ha detallado con anterioridad el objetivo de la plataforma, es totalmente dirigida a funcionar como un método de vigilancia epidemiológica, el cual genera alertas a tres niveles según la variación del AIPM, considerando que fue evaluado con datos reales de camaroneras, no representa un diseño inadecuado en vista de la retroalimentación que se obtuvo en ese tiempo.

### **Técnico**

La selección de unidades son las piscinas camaroneras que conforman la unidad mínima. El muestreo incluye la aportación de datos a la plataforma mediante los productores.

### **Evaluación**

No existe la retroalimentación de los productores camaroneros, por ende, la plataforma no puede funcionar actualmente. La falta de información sobre las ventajas de este sistema de alerta al sector acuícola debido a una carencia de difusión hacia la industria camaronera, y el escaso conocimiento por parte de las autoridades de acuicultura respecto a las características del SAEMA, sus ventajas como herramienta de bajo costo y control adicional a la vigilancia epidemiológica, permite a la sección del “árbol de fallas” (falta de conciencia/conocimiento) constituirse en una de las principales falencias indirectas del SAEMA.

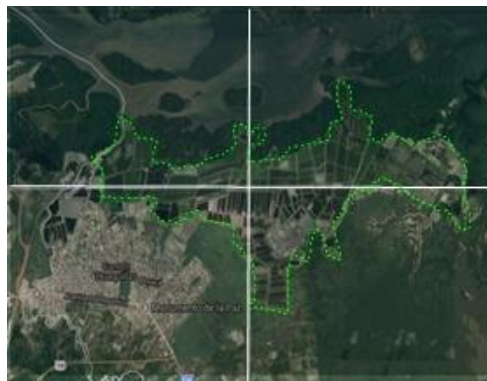
### 3.2.3 Propuesta de mejoras

#### 3.2.3.1 Ajuste de escalas en espacio

La zona productiva camaronera del interior del Golfo de Guayaquil está dividida en celdas con una superficie de 12860 ha aproximadamente cada una, siendo demasiado extensa desde el punto de vista logístico, ya que se debe identificar la zona más próxima que presente un evento de mortalidad.

Se propone que cada celda sea dividida en 4 partes iguales reduciendo consecuentemente el área de vigilancia, para esto, se deberá reemplazar la capa vectorial de las celdas por una nueva capa vectorial que puede ser elaborada fácilmente en un software de sistemas de información geográfico teniendo que ajustar el número y nombres de cada una de las grillas. Además, se plantea que el sistema calcule en cada celda el porcentaje de piscinas camaroneras que alimentan al sistema con respecto al universo de espejo de agua (zona productiva) individualmente.

De implementarse esta medida cada celda tendría un área aproximada de 3215 ha, lo cual en un escenario de inicio de epidemia facilitaría investigar cuales son las unidades productivas que contribuyen a las caídas de producción y contribuiría a facilitar la investigación epidemiológica.



**Figura 3.5** Celda dividida en cuatro partes delimitando la zona productiva. Fuente: modificado de <http://200.10.150.98>

### **3.2.3.2 Ajuste de escalas en tiempo**

La duración de un ciclo de cultivo de camarón bajo un manejo semi-extensivo es de 90 a 120 días, variando de acuerdo con los métodos de siembra, directo, bifásico y trifásico respectivamente. Considerando que actualmente el SAEMA genera alertas mensuales según los datos proporcionados, desde el punto de vista preventivo 30 días constituyen un periodo muy extenso para responder correctamente ante una emergencia, especialmente durante escenarios de alertas de color rojo y anaranjado.

Conociendo que los sistemas de vigilancias deben ser herramientas sensibles y rápidas, se propone modificar la ecuación (3.1) para generar alertas semanales, y así obtener información en cada celda de 52 promedios históricos, para las 52 semanas del año. Este afinamiento de la escala temporal incrementará la probabilidad de identificar en forma temprana una amenaza o la ausencia de esta, pudiendo aplicar en forma temprana medidas preventivas en el caso que se inicie una epidemia. Consecuentemente se debe modificar la aplicación de consulta de alertas por mes a semana.

### **3.2.3.3 Inclusión de aplicación para estimación de error de la alerta**

Se considera indispensable que el usuario disponga de una herramienta iterativa que le indique la confianza que puede tener en la información de la alerta. Para esto se considera necesario que el sistema incluya una aplicación donde el usuario pueda calcular tanto el tamaño de muestra necesario para un determinado error, confianza y desviación estándar del AIPM; como el error del AIPM, este último en base al número de piscinas con el que se estimó el IPM con una determinada confianza y desviación estándar.

Cabe anotar que, aunque estos valores se deben calcular con mayor precisión luego que el sistema tenga una cantidad suficiente de datos, ya que es necesario conocer la variabilidad del IPM para efectuar el cálculo, actualmente se puede agregar una aplicación que lo realice. A medida que el sistema crezca con un mayor número de

camaroneras participantes, el sistema sería cada vez más exacto y se puede estimar mejor estos parámetros.

Dado que el número de universo de piscinas varía en cada celda, se puede obtener el tamaño de la muestra y error muestral mediante la siguiente ecuación (Blas, I. & Muniesa, A., 2006).

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha/2}^2 \cdot \sigma^2}{E^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha/2}^2 \cdot \sigma^2} \quad (3.4)$$

Donde:

n = es el tamaño de muestra, correspondiendo al número de piscinas que genera un estado de alerta determinado en una celda y tiempo específico

N= Número de piscinas camaroneras en cada celda

Z= es el valor de la distribución normal estandarizada z, que como ejemplo es igual a 1.96 cuando la confianza es del 95%

E= representa un límite aceptable de error

$\sigma$  = representa la desviación estándar de la anomalía del IPM (AIMP) en cada celda

Esta opción puede ser diseñada siguiendo la propuesta visualizada en la figura 3.6, donde se observa que, para el caso de tamaño de muestra, se puede mediante una herramienta interactiva simular distintos escenarios de confianza, error, desviación estándar y tamaño del universo en una celda determinada

SAEMA  
 Sistema de Alerta Epidemiológico y de Manejo Acuícola

Acerca de
Ingresar
Contáctenos
Tipos de alerta ▼

**Tamaño de muestra**

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha/2}^2 \cdot \sigma^2}{E^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha/2}^2 \cdot \sigma^2}$$

n: tamaño de la muestra necesario  
 Z: confianza  
 σ: desviación estándar (AIMP)  
 E: error aceptado

**Tamaño de muestra**

La unidad de muestreo será el estanque. El universo de la población de estanques serán las piscinas que participen en el programa (N)

Nivel de confianza :

Tamaño de la población:

Error absoluto esperado:

Desviación estándar:

► Para la determinación del tamaño de muestra se considerará N, un error máximo de entre 9 y 10%, y una confianza del 95%.

**Consultas disponibles**

(1) cálculo del número de piscinas necesarias para distintas combinaciones de las variables

(2) cálculo del error de la anomalía del IPM que despliega en ese momento la alerta

**Acerca del IPM**

**Observaciones**

**Más herramientas**

**Figura 3.6** Representación de las opciones del usuario para determinar el tamaño de muestra  
 Fuente: propia.

Mediante esta herramienta el usuario puede realizar consultas de: (1) cálculo del número de piscinas necesarias para distintas combinaciones de las variables de confianza, desviación estándar y error muestral del AIMP y (2) cálculo del error de la anomalía del IPM que despliega en ese momento la alerta, considerando el universo de piscinas, la desviación estándar de los valores que construyeron ese IPM y variando la confianza.

### 3.2.3.4 Generación de información adicional

Los productores entrevistados manifestaron que se debe añadir al sistema parámetros ambientales de cada una de las piscinas para consulta personal, pese a que a plataforma actualmente genera información adicional para el uso del productor que posea un usuario y contraseña. La inclusión de una tabla comparativa de parámetros entre sus piscinas permitirá que el uso del sistema no se limite a ingresar la información de producción, sino más bien darle un enfoque dinámico, donde pueda comparar sus datos correspondientes a cada ciclo estableciendo condiciones de manejo para su camaronera.

**Datos ambientales de la piscina "17" (Camaronera "A") (10-08-2018 a 17-08-2018)**

	Mínima	Máxima
Temperatura (°C):	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Salinidad (ppm):	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Oxígeno disuelto (mg/l):	<input type="text"/>	<input type="text"/>
pH:	<input type="text"/>	<input type="text"/>

---

Modificar datos:

**Figura 3.7** Representación del ingreso de información de parámetros ambientales en la piscina  
Fuente: propia.

### 3.3 Propuesta de adopción del SAEMA como medida de vigilancia epidemiológica

De acuerdo con la información colectada la propuesta debe tener dos apartados muy importantes, la creación de un acuerdo de confidencialidad entre las Autoridades Competentes y los productores camaroneros, y la inclusión de un Plan de Contingencia en función de la alerta, considerando las obligaciones y beneficios de ambas partes.

#### 3.3.1 Acuerdos entre Autoridad Competentes y productores

La elaboración de un acuerdo de confidencialidad por parte de la entidad gubernamental en conjunto con el gremio camaronero se detalla en base a su obligaciones y beneficios. La Autoridad gubernamental de acuicultura posee las responsabilidades de planificar, coordinar y difundir los planes o estrategias dirigidas al control de las actividades acuícolas, donde se incluye el monitoreo y vigilancia permanente de enfermedades en el sector productivo acuícola. Así mismo, los productores camaroneros tienen la

obligación de cumplir con las normas establecidas por las autoridades en torno al cultivo de camarón.

Se establecen ciertos criterios en función del uso de la información del sector acuícola ecuatoriano para la utilización del SAEMA, como medida complementaria en el control y prevención de enfermedades de cultivo.

- Los datos de producción sólo serán recopilados para la alimentación del sistema de alerta (SAEMA).
- La autoridad a cargo no podrá difundir ni usar los datos para otra actividad que no sea la del monitoreo y vigilancia.
- La información de producción sólo podrá ser ingresada por parte del usuario portador de las credenciales requeridas.
- El nivel de alerta regional es público, mientras que los niveles de alerta regional y camaronera son privadas (usuario registrado).

Anteriormente se detalló que un país implementa 4 acciones para disminuir el riesgo de la entrada de patógenos. Ecuador implementa un control un análisis de riesgo mediante la elaboración de acuerdos ministeriales, mientras que las demás conforman planes sanitarios para integrar el resto de las estrategias al sector productivo de camarón. La vigilancia epidemiológica a través de la plataforma SAEMA es importante considerando que:

- El SAEMA es un sistema de vigilancia ya desarrollado que cumple las condiciones para la detección de enfermedades mediante el monitoreo de datos de producción, herramienta que puede ser usada dentro del contexto de estrategia sanitaria utilizada para disminuir el riesgo de entrada de patógenos que busca el Ecuador.
- La plataforma es una estrategia de bajo costo debido a que sólo necesita que el camaronero ingrese la información de pocos parámetros productivos.

### 3.3.2 Plan de Contingencia en función de la alerta

#### Criterios para activación de fases del Plan de Contingencia

El criterio para la activación del Plan de Contingencia va en función de las alertas proporcionadas por los valores del (AIPM), interpretándose en 4 diferentes colores para diferentes escenarios:

- **Verde** = condiciones de producción sobre lo normal
- **Amarillo** = condiciones de producción sobre lo normal, pero con tendencia a decrecer
- **Anaranjado** = condiciones de producción bajo lo normal
- **Rojo** = condiciones de producción muy bajo lo normal

#### Celda en color naranja o roja por más de dos semanas:

**Alerta naranja en la celda:** El sistema debe identificar las granjas y estanques que reporten problemas o los IPM más bajos, seguido de la confirmación de eventos de mortalidad (excluyendo decisiones de manejo) directa del contacto designado en la camaronera. Si la celda está en alerta naranja y la confirmación es negativa. No se debe realizar ninguna acción y se espera a recibir el siguiente estado de alerta en el periodo de tiempo establecido.

Si la celda del SAEMA en alerta roja tiene activación inmediata, es decir, sin pasar por el color naranja, por un periodo de tiempo de más de 2 semanas, puede indicar el inicio de un brote epidémico, mencionando que no lo excluye de ser una falsa alarma, se deberá confirmar vía telefónica con el encargado de la camaronera la presencia de mortalidad.

Se informa a la persona encargada que se declara a la celda en emergencia y se puede evaluar un posible paso al Plan de contingencia, requiriendo más información de la camaronera afectada.



### **3.3.2.1 Fase Vigilancia epidemiológica**

### **3.3.2.2 Fase Plan de acción**

a) Identificación automática de camaroneras con color naranja y roja

La plataforma SAEMA debe proveer la identificación de la zona que presente alertas de color naranja y roja, en función de los valores de la variación del índice de producción y manejo, aproximando el lugar donde persista el problema de producción durante un periodo de tiempo de más de dos semanas.

b) Llamadas telefónicas a los encargados de las camaroneras con alerta naranja y roja para confirmación de mortalidad

Previamente con la incorporación de una camaronera al sistema, y añadiendo las vías de contacto, se llamará a la persona encargada facilitando la tarea de confirmar o descartar problemas asociados a mortalidad.

### **c) Muestreo en campo para confirmación del agente infeccioso**

#### **Toma de muestras**

Una vez que se confirma la presencia de mortalidad en determinada zona, es necesario empezar con la logística que implica la recolección de muestras.

Mediante herramientas en línea como Working in Epidemiology (WinEpi) se puede calcular el tamaño de muestra, asumiendo una prevalencia de la enfermedad (20 al 30%) generando un resultado que varía de 8 a 14 animales por piscina (con un tamaño de muestra conocido).

Es recomendable ajustar lo más posible la cantidad de animales recolectados por piscinas, por camaronera y por grilla, mediante la información que le pueda brindar el técnico encargado, basándose en piscinas con mayor mortalidad, incidencia, y reiteración conforme anteriores ciclos.

Una vez detectadas las piscinas prioritarias, se deberán elegir animales enfermos o moribundos, que presenten signos clínicos diferentes a los de un camarón sano para realizar pruebas histológicas y moleculares, siguiendo protocolos ya establecidos para la recolección y preservación de muestras.

### **Análisis de muestras**

Las muestras deben ser enviadas a las entidades que posean la acreditación correspondiente según Oficio Nro. MAP-SCI-2017-0001-O emitido el 15 de septiembre de 2017, certifica que el laboratorio para Evaluación de Productos Acuícolas (LAB-EPA) que cumple con los procedimientos para la detección de enfermedades de cultivo de camarón.

### **d) Divulgación de información**

Los resultados de los análisis deberán ser enviados o comunicados mediante vía telefónica o correo electrónico a los camaroneros que hayan proporcionados la información y las muestras, en un plazo máximo de 7 días luego de la toma de muestras. Así mismo las autoridades encargadas conocerán los informes presentados para tomar las decisiones pertinentes según la relevancia de los datos. La importancia de estos resultados radica en la confirmación o descarte de un agente infeccioso persistente o en determinado caso de tipo emergente, resultados que repercuten directamente en las zonas aledañas desde un punto de vista preventivo, y a nivel regional para tomar las medidas correspondientes para evitar la propagación.

### **e) Presupuesto**

Es importante analizar los gastos económicos que representa el trabajo de campo y una implementación de vigilancia periódica, es decir, se puede asignar un presupuesto anual para para cada una de las celdas. Actualmente las celdas del SAEMA cubren una superficie muy amplia y el desconocimiento de la cantidad de camaroneras por celda dificulta estimar un presupuesto, se asume en función de un control periódico incluyendo diferentes valores a las variables según el criterio de la persona a cargo, ayudándose de la información que brinde el sistema sobre la variación del IPM en cada celda.

Para realizar este cálculo de presupuesto en cuanto a análisis se tomaron valores basados en una tabla de costos de un laboratorio que realiza dichas pruebas.

### **Presupuesto para análisis de Histología**

▪ 8 animales/piscina x 3 piscina/camaronera x 8 camaronerías por grilla x 2 grillas x \$60  
= \$23040 (Para determinado evento)

- Por lo general se puede optar por incluir 3 eventos por año en toda la zona productiva camaronera.

$$\$23040 \times 4 = \$92160$$

### **Presupuesto para análisis de moleculares (PCR)**

- 8 animales/piscina x 4 piscina/camaronera x 10 camaronerías/grilla x 5 grillas x \$15 análisis PCR = \$24000

(Para determinado evento, cubriendo celdas aledañas)

- Se puede incluir un número más amplio en este caso, 4 eventos por año en la zona productiva camaronera.

$$\$24000 \times 4 = \$96000$$

### **Presupuesto para personal de campo y viáticos**

Por el pago al personal que recolecte las muestras en los diferentes puntos considerando las grillas planificadas con anterioridad según la alerta, recibirán un pago de \$800 más los viáticos que se produzcan al momento de realizar las visitas programadas. Según el criterio de técnico encargado podrá modificar los valores dependiendo el área que pretenda abarcar, según la incidencia de la enfermedad o patrones reiterativos a través del espacio y tiempo que cubre cada grilla.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Se evaluó la funcionalidad actual de la plataforma SAEMA mediante un análisis crítico para identificar las utilidades del sistema añadiendo una propuesta en diseño de mejoras, a través de la metodología CDC y de la OMS. Este proceso mostró evidencia que existen puntos donde se pueden incluir ciertos procedimientos con el propósito de rediseñar su interfaz, siendo más eficiente en los requerimientos directos del productor camaronero.

Las mejoras en el sistema se propusieron en función de ajustar escalas en espacio, determinando la zona aproximada del evento, y el ajuste de la frecuencia de ingreso de datos pudiendo obtener alertas semanales, ya que en conjunto forman parte de la estrategia para la integración de la plataforma a una entidad gubernamental de acuicultura.

Se analizaron las entrevistas a productores camaroneros especialmente de la zona del Golfo de Guayaquil, considerando un enfoque cualitativo se obtuvo información referente a la inclusión de nuevas herramientas como la adición de parámetros ambientales de las piscinas. Se detallaron las ideas mediante una tabla con determinados criterios para la evaluación del sistema a través de la información recolectada. Por otra parte, se afianzó las ideas sobre el manejo principal de la plataforma por medio de las entidades gubernamentales de acuicultura.

Se logró identificar ciertas falencias del SAEMA aplicando la herramienta del “Árbol de fallas” generando información importante, dirigido a la falta de difusión del sistema en la industria acuícola, falta de respuesta de los productores en formar parte de la plataforma.

La propuesta de adopción del sistema por parte de la Autoridad Competente consistió en establecer acuerdos de confidencialidad sobre los datos proporcionados por los

productores camaroneros, y la integración de un Plan de Contingencia en función de la alerta regional.

En vista de que parte de la estrategia para involucrar a los camaroneros corresponde a la implementación de un plan de contingencia, en función de la alerta regional “muy por debajo de los niveles” (roja), se establecieron determinadas acciones con el fin de esclarecer las posibles causas del problema, proponiendo diferentes tipos de ensayos, obteniéndose un presupuesto adecuado y replicable en cada zona donde se presente la emergencia.

El plan de contingencia como tal demanda recursos para poder realizar el trabajo en campo, fue necesario establecer el número de muestras por celda/camaronera/piscina, y se determinó el periodo de vigilancia en la zona afectada.

Se analizó el coste por recolección y análisis de muestras, dando como resultado que se deben seguir principios de ajuste y establecer criterios de prioridad según la experiencia e información que brinde el productor, con el fin de minimizar el número de muestras sin afectar la viabilidad de los resultados.

## **4.2 Recomendaciones**

A continuación, se incluyen una serie de recomendaciones para evaluar cualitativamente las propuestas antes mencionadas.

Debido a que no se disponía de datos históricos específicos de camaroneras, es recomendable obtenerlos con el fin de poner a prueba todas las propuestas mencionadas, asegurando una manera efectiva de validación sin efectuar cambios en la plataforma.

Es necesario la integración activa de instituciones públicas de acuicultura para la obtención de datos considerando lo extenso de la industria acuícola.

En lo que respecta a la información de los productores es necesario crear con anterioridad un convenio o acuerdos de confidencialidad que asegure que los datos proporcionados al sistema sean sólo para estudio y alimentación del SAEMA permitiendo generar alertas, promoviendo un factor de seguridad extra hacia los interesados.

Otro aspecto importante es la difusión de este sistema de vigilancia pasiva al sector camaronero por medio de las instituciones tanto públicas como privadas, en vista de que las decisiones tomadas en el panorama acuícola ecuatoriano no son de carácter unilateral, sino más bien multilaterales se depende mucho de las resoluciones en conjunto para la implementación de determinados planes o reformas.

# BIBLIOGRAFÍA

- Barry Hill. (2002). National and international impacts of white spot disease of shrimp. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 58–65.
- Bayot, B., Sonnenholzner, S., Ochoa, X., Guerrero, J., Vera, T., Calderón, J., ... Ollevier, F. (2008). An online operational alert system for the early detection of shrimp epidemics at the regional level based on real-time production. *Aquaculture*, 277(3), 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.035>
- Blas, I., & Muniesa, A. (n.d.). WinEpi: Working in Epidemiology. Retrieved August 19, 2018, from <http://www.winepi.net/menu2.php>
- CNA. (2018). Estadísticas – Cámara Nacional de Acuicultura. Retrieved from <http://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- German R., Lee LM., Horan JM., Miilstein RL., & Pertowski CA.,. (2001). Updated guidelines for evaluating public health surveillance systems: recommendations from the Guidelines Working Group. Retrieved August 30, 2018, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18634202>
- Joshi, J., Srisala, J., Truong, V. H., Chen, I.-T., Nuangsaeng, B., Suthienkul, O., ... Thitamadee, S. (2014). Variation in *Vibrio parahaemolyticus* isolates from a single Thai shrimp farm experiencing an outbreak of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). *Aquaculture*, 428–429, 297–302. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.03.030>
- Lightner, D. V. (2011). Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. *Diseases of Edible Crustaceans*, 106(1), 110–130. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.09.012>

- MAP. (2017). ACUERDO Nro. MAP-2017-0008-A. Ministerio de Acuicultura y Pesca. Retrieved from <http://www.acuaculturaypesca.gob.ec/biblioteca>
- Muniesa, A., Rey-Castaño, A. L., Ruiz-Zarzuela, I., Guarín, M., Iregui, C., & de Blas, I. (2016). Proposal of a production and management index (PMI) for tilapia farms. *Journal of Animal Science*, *94*(11), 4872–4881. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0605>
- Muniesa Ana, Ruiz-Zarzuela Imanol, & Blas Ignacio. (2016). Design and implementation of a collaborative epidemiological surveillance system for aquaculture (VECA). *Reviews in Aquaculture*, *10*(2), 370–375. <https://doi.org/10.1111/raq.12165>
- Notarianni, E. (2006). Ecuador después de la Mancha Blanca. *Industria Acuícola*, *26*.
- Restrepo, L., Bayot, B., Betancourt, I., & Pinzón, A. (2016). Draft genome sequence of pathogenic bacteria *Vibrio parahaemolyticus* strain Ba94C2, associated with acute hepatopancreatic necrosis disease isolate from South America. *Genomics Data*, *9*, 143–144. <https://doi.org/10.1016/j.gdata.2016.08.008>
- Salman, null, Stärk, K. D. C., & Zepeda, C. (2003). Quality assurance applied to animal disease surveillance systems. *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)*, *22*(2), 689–696.
- Sonnenholzner, S., Bayot, B., Cisneros, Z., Apolo, I., Ochoa, X., Van Biesen, L., ... Vera, T. (2004). Ecuador develops GIS-Assisted alert system for shrimp farming. *Global Aquaculture Advocate*, 72–73.
- WHO. (1997). Protocol for the evaluation of epidemiological surveillance systems [Division of Emerging and other Communicable Diseases Surveillance and Control, Zimbabwe. Ministry of Health and Child Welfare & Liverpool School of



Tropical Medicine]. Retrieved September 1, 2018, from  
<http://apps.who.int/iris/handle/10665/63639>

# ANEXOS

## Anexo 1.

### Entrevista a productores camaroneros Fuente: propia

1. ¿Lleva un registro de sus datos de producción periódicamente?
2. ¿Conoce usted que existe una plataforma que pueda alertar sobre una epidemia en camarones, solo ingresando determinados datos de producción?
3. ¿Estaría dispuesto a brindar esa información si se le garantiza total confidencialidad?
4. ¿Se sentiría cómodo compartiendo la información, sabiendo que es una plataforma avalada por las autoridades competentes de acuicultura del Ecuador?
5. ¿Usted cree que se podría mejorar la presentación del SAEMA? ¿Cuáles serían estos cambios?
6. ¿Sería fácil para usted identificar los problemas de producción mediante el SAEMA con su diferencia de colores?
7. ¿Qué tipo de información le hace falta al sistema para que sea más completo?
8. ¿Realizar el ingreso de los datos a la plataforma resulta fácil para usted?
9. ¿Desearía usted algún tipo de ayuda por la información brindada al SAEMA?

## Anexo 2

Tabla usada como referencia con lista de precios de varios análisis planteados en el plan de contingencia

<b>ANALISIS PATOLOGIA</b>			
<b>No. Camarones/Larvas (1 muestra)</b>	<b>DETALLE DEL ANALISIS</b>	<b>COSTO UNITARIO POR MUESTRA</b>	
		<b>1 - 4 MUESTRAS</b>	<b>+ 5 MUESTRAS</b>
<b>20 larvas</b>	HISTOLOGIA	\$70,00	\$60,00
<b>5 camarones de 4 gramos</b>	HISTOLOGIA	\$87,00	\$80,00
<b>5 camarones de 12 gramos</b>	HISTOLOGIA	\$98,00	\$90,00

<b>ANALISIS DE BIOLOGÍA MOLECULAR</b>				
<b>DETALLE DEL ANÁLISIS</b>	<b>COSTO UNITARIO POR MUESTRA</b>			
	<b>1 muestra</b>	<b>2 muestras</b>	<b>entre 3 y 9 muestras</b>	<b>+ 9 muestras</b>
<b>PCR para WSSV</b>	\$22,00	\$13,00	\$10,00	\$5,00
<b>PCR para IHHNV</b>	\$22,00	\$13,00	\$10,00	\$5,00
<b>PCR para AHPND</b>	\$30,00	\$17,00	\$13,00	\$8,00
<b>PCR para TSV</b>	\$28,00	\$18,00	\$16,00	\$10,00
<b>PCR para YHV</b>	\$28,00	\$18,00	\$16,00	\$10,00
<b>PCR para EHP</b>	\$22,00	\$13,00	\$10,00	\$5,00

El resto de los ensayos usados como referencia se pueden consultar en la siguiente dirección: <http://www.cenaim.espol.edu.ec/es/costos>