

Predicción de la evolución del síndrome de branquias negras mediante el procesamiento de imágenes utilizando LabVIEW.

NORBERTO FLORES GUZMÁN, LUIS PASTOR SÁNCHEZ FERNÁNDEZ Y
J. HUMBERTO SOSSA AZUELA

Laboratorio de Tiempo Real

Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional
Av. Juan de Dios Batiz s/n, Colonia Nueva Industrial Vallejo, C.P.7738, México D.F.

Tel: (52) 5729 6000 x56560

nfloresq@ipn.mx, lsanchez@cic.ipn.mx y hsossa@cic.ipn.mx

RESUMEN

En este trabajo, se presentan los resultados de la investigación realizada en el Centro de Investigación en Computación del IPN, acerca del análisis de imágenes para el reconocimiento de camarones enfermos. De las nueve enfermedades que pueden ser detectadas por sus características visibles, se resuelve aquí la detección del síndrome de Branquias Negras. A partir de este reconocimiento, es posible detectar el estado en el que se encuentra la enfermedad, es decir, se puede predecir la evolución del síndrome y, con estos datos, lograr un control sobre el ataque de la enfermedad sobre la población. El algoritmo principal para lograr la detección, corresponde a una serie de pasos de tratamiento clásico de imágenes. Todos los algoritmos son programados en Lenguaje G (LabVIEW).

Palabras Clave:

Reconocimiento de Patrones, Camaronicultura, Análisis de imágenes, Lenguaje G.

1 INTRODUCCIÓN

En México es fundamental el aseguramiento de un volumen de producción que satisfaga la demanda de la población y que, una vez logrado esto, permita enfrentar exportaciones que den al país importantes dividendos y empleos permanentes. Con este objetivo, se realizan trabajos de investigación interdisciplinaria que buscan el mejoramiento de la producción alimentaria. La industrialización de este proceso debe considerar todo tipo de alimento, pero consideramos de mayor importancia la producción directa de animal (avicultura, ganadería y acuicultura), debido a que son oficios de tradición histórica en nuestro país. Por su arraigo, la actividad de reproducción animal, ya cuenta con infraestructura y espacios. La tarea a realizar comprende, para cada giro, la evaluación y modificación de dichas instalaciones con el objeto de mejorar su relación: volumen producido / espacio ocupado. Esto es, un aumento del rendimiento utilizando el mismo territorio y valiéndose, preferentemente, de los mismos recursos naturales y humanos.

El presente trabajo, afronta el problema tipificándolo exclusivamente a la camaronicultura, pero una vez que los métodos sean desarrollados e implementados, se llevará a cabo un análisis de factibilidad para llevar la metodología hacia los otros campos de la industria y producción alimentaria. La situación que guarda el cultivo de camarón peneido en México sobrepasa las 8000 toneladas al año ocupándose para esto más de 5000 hectáreas de superficie cultivada [1]. Este nivel de producción coloca a nuestro país dentro de los primeros 15 cultivadores a nivel mundial. Sin embargo, la eficiencia de producción se mantiene lejana a la alcanzada por los países líderes en el rubro como Tailandia y Taiwán [1]. Es por esto que resulta indispensable un trabajo de investigación interdisciplinario que a nivel nacional logre hacer mejoras sustanciales en la relación producción/superficie cultivada.

El objetivo de este trabajo es dar apoyo a los biólogos que trabajan en los laboratorios de las granjas camaroneras para poder identificar, de manera lo más automatizadamente posible, las principales enfermedades que atacan a la población peneida y cuyos signos se reflejan en las características externas del camarón (morfológicas y de pigmentación). Añadiendo este sistema a las herramientas clásicas con que se cuenta en este tipo de laboratorios, se integrará un conjunto de opciones mediante las cuales los especialistas podrán afrontar el cuidado del producto en mejores condiciones. Estos laboratorios analizan una muestra significativa de la población y de sus resultados se obtiene información confiable acerca del estado de salud del producto, para así, asegurar la constancia y calidad de la producción mediante los cambios o ajustes necesarios [2]. La línea de investigación que se presenta aquí, pretende la

identificación de nueve enfermedades (Figura 1) que atacan al camarón penaeido:

- i) Enfermedades Bacterianas del Caparazón.
- ii) Enfermedades por hongos del género fusarium.
- iii) Enfermedades de "algodón" o de "leche", caracterizada por músculos opacos y blancos.
- iv) Síndrome de Branquias negras.
- v) Síndrome de cabeza despuntada o "X azul".
- vi) Burbuja de Gas.
- vii) Síndrome por deficiencia de ácido ascórbico.
- viii) Síndrome de calambres corporales. En camarones vivos, se ve una flexión dorsal rígida en el abdomen.
- ix) Necrosis Muscular. Denotada por áreas blancas opacadas en la musculatura estriada, usualmente del cuarto al sexto segmento abdominal, pero algunas veces en los apéndices (pleópodos y pereiópodos).

Se pretende realizar la identificación de estas patologías mediante el análisis computacional de imágenes. Para dicho análisis es necesaria la comparación con un patrón establecido de cada enfermedad.

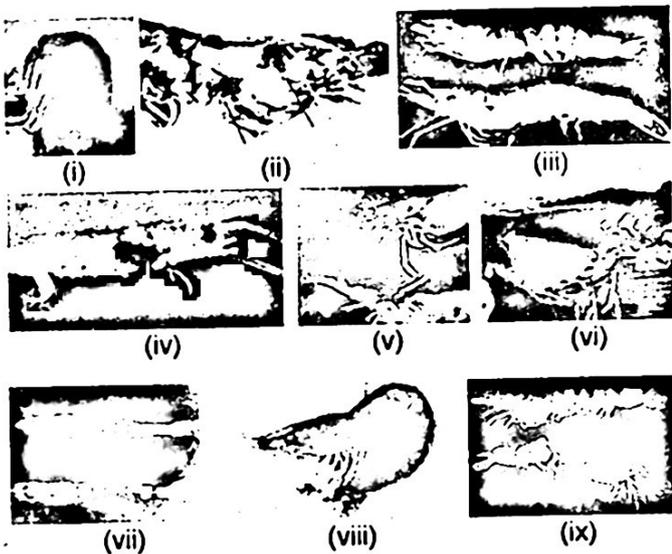


Fig. 1. Enfermedades que pueden ser identificadas por revisión ocular.

El reconocimiento de cada una de las enfermedades requiere un algoritmo propio y podría incluso, por su complejidad, requerir de líneas de investigación separadas que arrojarían nueve tesis diferentes de estudios de posgrado. Por ello, en esta primera parte del trabajo nos limitaremos a atacar solo una de las enfermedades más comunes: "síndrome de branquias negras" [6].

2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DISTRIBUIDO PARA LA SUPERVISIÓN, CONTROL Y OPTIMIZACIÓN EN UNA GRANJA CAMARONERA

Este sistema forma parte de un proyecto mayor de automatización y control de granjas camaroneras que se realiza en el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional. En la Fig. 2 se muestra la arquitectura general de este sistema. En la parte inferior de dicha figura se puede ver la contribución que pretende aportar el análisis de imágenes.

El método y medios con los que se deben adquirir las imágenes están en función de diversas características del sistema de producción, entre las cuales destacan el tiempo de respuesta y el medio ambiente en que se está inmerso. El sistema requiere resultados en un tiempo mínimo establecido. Este requerimiento determina si las imágenes se captarán en movimiento y si habrá oportunidad de ajustar el fondo e iluminación. Un fondo adecuado facilita las etapas posteriores de localización y segmentado del objeto, asimismo, una luz estroboscópica permite adquirir imágenes estáticas de objetos en movimiento.

Por su naturaleza, los sistemas poseen un medio ambiente específico en el cual se desenvuelven. Probablemente haya gases o líquidos que se interpongan entre el fotosensor y el objeto, haciendo necesaria una o varias etapas de filtrado. Este factor y la necesidad de resaltar características específicas del objeto, colocan a la iluminación como uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta durante la etapa de adquisición. En nuestro caso particular, el tiempo de respuesta no es factor determinante ya que el resultado que arroja el análisis no es vital para la continuidad inmediata del proceso productivo, sino que ayuda a planificar, corregir y prever situaciones indeseables.

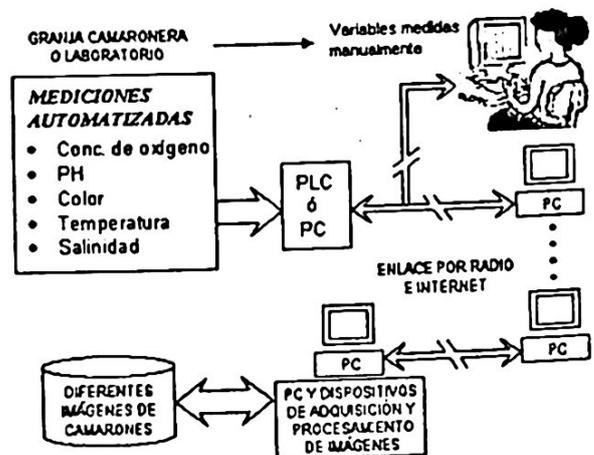


Fig. 2. Arquitectura del sistema distribuido para la supervisión, control y optimización en una granja camaronera.

Las imágenes de los camarones pueden tomarse bajo condiciones óptimas ya que el conjunto muestra, una vez seleccionado, se separa de la población y es llevado a un medio especial con el fin de facilitar y optimizar el análisis.

Este proyecto trabajará con fotografías en niveles de gris (b/n) adquiridas con una cámara CCD monocromática estándar. Una cámara de este tipo es utilizada, debido a que cuenta con enfoque y obturación manuales que permiten tener bajo perfecto control la adquisición de fotografías de alta calidad. Estas características representan en el sistema la eliminación de etapas posteriores de filtrado o retoque. Se creará pues, una base de datos con las imágenes de la muestra aislada. Las partes que conforman el sistema (Fig. 3) son los siguientes módulos: adquisición, segmentación y análisis.

La adquisición se realizará con la cámara CCD monocromática industrial CV-M50 manufacturada por JAI. Esta cámara forma parte del paquete IMAQ VISION 1400 de National Instruments. La tarjeta de adquisición IMAQ PCI-1409 complementa el hardware de captura que es manejado por el software NI-IMAQ V2.5.3 para windows XP y ofrece prestaciones para el manejo de las imágenes en el lenguaje de programación G (su nombre comercial es Labview). Las imágenes que se manejarán serán de 640 x 480 pixeles, con una resolución de 96 x 96 puntos por pulgada.

Labview representa la técnica de la programación gráfica orientada hacia la instrumentación virtual y se ocuparán también las librerías del software IMAQ Vision para Labview, que serán de ayuda en la programación de rutinas de reconocimiento de patrones mediante métodos neurodifusos o simplemente estadísticos.

3. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DEL CAMARÓN

Debido a la naturaleza estadística del resultado del análisis, la inspección de las imágenes se realizará fuera de línea de producción. Por esto los camarones a revisar son separados y llevados al laboratorio donde se adquieren las imágenes bajo las condiciones apropiadas.

Las fotografías deben ser tomadas sobre fondo negro para facilitar la segmentación del objeto de interés, el camarón.

En la figura 3 se muestra el algoritmo que se ha implementado para la localización de la mancha correspondiente a la branquia enferma.

En caso de existir la enfermedad, las branquias del camarón estarán oscuras y pigmentarán un área en la imagen que de corresponder a la forma fisiológica de las branquias (contorno), se determinará que el individuo está enfermo.

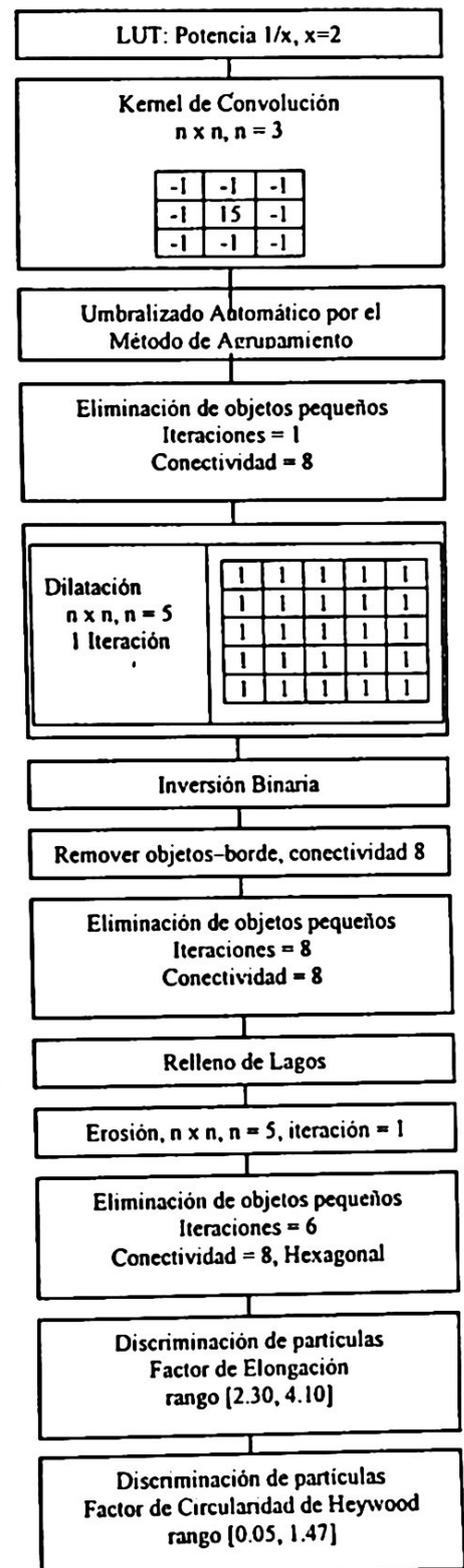


Fig. 3. Diagrama de bloques para el algoritmo de reconocimiento de camarones enfermos.

preprocesado y segmentado son dos etapas fundamentales del procesamiento de imágenes [3]. La primera se encarga de mejorar la imagen de forma que se aumenten las posibilidades de éxito en los procesos posteriores. La segunda tiene por objeto dividir una imagen en sus partes constituyentes u objetos, identificando el elemento de interés mediante algoritmos de identificación morfológica o de textura [3]. El método presentado aquí, simplifica estas dos etapas con el solo hecho de limitar las imágenes de entrada bajo las siguientes especificaciones:

- fondo negro.
- Camarón de perfil.
- Sólo camarones aislados (no superpuestos).

Para cada enfermedad habrá que decidir si los datos del elemento segmentado se representan como un contorno o como una región completa. El descriptor principal para identificar un camarón con enfermedad de branquias negras será un lago o agujero dentro del contorno de la silueta hacia la mitad del cefalotórax, con posibilidad de hallarse en forma de bahía.

El reconocimiento es el proceso que asigna una etiqueta a un objeto basándose en la información proporcionada por sus descriptores [3]. En nuestro caso se trata de identificar que el agujero encontrado corresponde morfológicamente a la anatomía de las branquias, lo cual se debe a que el síndrome pigmenta casi de manera homogénea, las branquias del camarón [1]. La interpretación implica asignar significado a un conjunto de objetos reconocidos, de este modo, al identificar que una mancha en la imagen es la branquia del camarón, se está afirmando que esta zona se ha pigmentado con melanina, producto polimerizado de la tirosina, la cual se formó en la branquia por existir en ella inflamación hemocítica y necrosis de tejido. El síndrome de branquias negras es una característica comúnmente observada en las siguientes enfermedades y condiciones:

- Exposición a niveles tóxicos de irritantes químicos incluyendo cadmio, cobre, permanganato de potasio, ozono, aceite crudo, ácidos (agua marina de muy bajo pH) amoníaco y nitritos.
- Exposiciones subagudas o crónicas a concentraciones de nitritos, aún tan bajas como 2 a 3 ppm. Ocasiona oscurecimiento de branquias y baja mortandad.
- Exposición a nitritos arriba de 10 ppm resultan en ennegrecimiento severo de branquias y alta mortandad.
- Infección por el virus IHHN (Infectious Hypodermal and Haematopoietic Necrosis Virus).
- Enfermedad del caparazón.

- Manchas o ensuciamiento por bacterias *Vibrio* sp., *Flexibacter* y *Cytophaga*.
- Infecciones por hongos *Fusarium solani* y *Haliphthoros* sp.
- Infestación por protozoarios ciliados.
- Síndrome de deficiencia de ácido ascórbico.

Para lograr la identificación de la causa exacta que ha provocado el oscurecimiento, sería necesario un reconocimiento de patrones citológicos de imágenes microscópicas o bien, mediante identificación bioquímica.

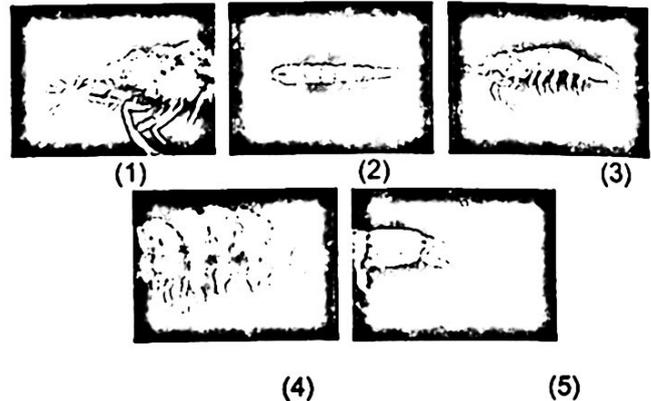


Fig. 4. Posiciones genéricas que ayudarán a detectar las nueve enfermedades.

Las imágenes presentadas en la Fig. 4 se han detectado como las adecuadas para lograr el reconocimiento de las nueve enfermedades. Algunas patologías, debido a sus características, necesitarán para su identificación de la combinación de dos o más de estas posiciones. Además, para cada situación, será necesario probar distintos fondos e imágenes a color. Para el reconocimiento del síndrome de branquias negras, basta con utilizar la imagen del camarón completo y de perfil con fondo negro, como se puede ver en la Fig. 4, inciso 3.



Fig. 5. a) Proceso de Segmentado y binarización. b) Detalle de una branquia enferma.

El proceso de segmentado se muestra en la Fig. 5a. Ahí es posible observar la imagen original con su respectivo binarizado, a través de un umbral correcto. Se muestra también un detalle de la branquia pigmentada del camarón enfermo. Es éste el patrón sobre el cual girarán los puntos clave del

establecimiento de descriptores para optimizar su detección.

La segunda etapa de esta investigación, comprende su integración con el sistema distribuido para la supervisión, control y optimización en una granja camaronera (Fig. 2), y su interacción en tiempo real (Fig. 6).

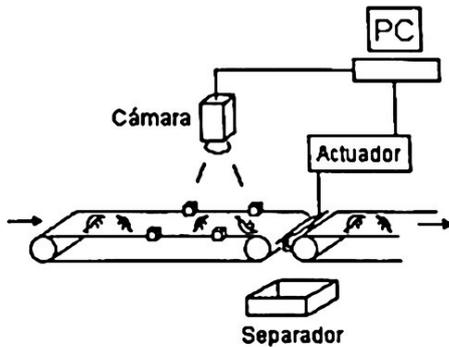


Fig. 6. Sistema de reconocimiento de camarones enfermos en tiempo real.

El proceso que llevará a cabo la tarea de reconocimiento en tiempo real, seguirá el diagrama de flujo de la Fig. 7. Este diagrama ilustra el procedimiento completo, utilizando el método de búsqueda de extremos para lograr la detección del camarón completo. Cuando exista en la imagen un individuo completo, entonces se ejecutará el procedimiento de búsqueda que indique si el camarón bajo análisis padece la enfermedad o no.

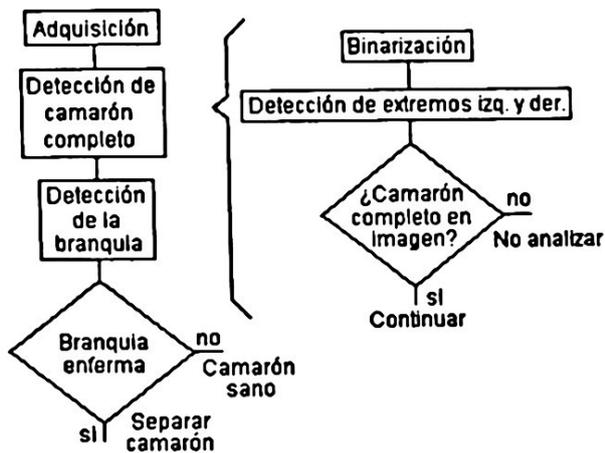


Fig. 7. Diagrama de flujo para el reconocimiento de Camarones con síndrome de branquias negras. Utilizando el método de detección de extremos.

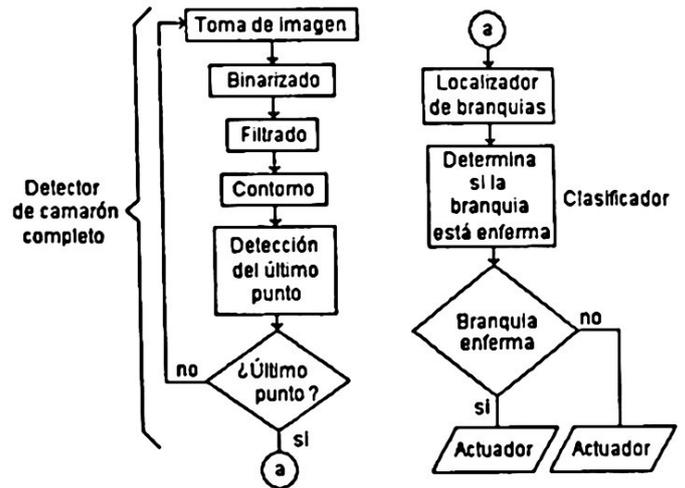


Fig. 8. Diagrama de flujo para el reconocimiento de Camarones con síndrome de branquias negras. Utilizando el método de detección de contorno.

En la Fig. 7, se puede ver que los procesos de la etapa de detección de camarón completo se deben realizar y completar en un tiempo limitado.

Para la detección de un camarón completo, se debe tomar la siguiente consideración:

Tener en la banda camarones aislados unos de otros, por al menos, una línea vertical de pixeles de no presencia de camarón.

Esta limitación se puede vencer utilizando el método de detección de contorno (Fig. 8). Pero es necesario valorar el incremento en el código del programa y el tiempo de respuesta.

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

El sistema AIVICAM se ha probado exitosamente con dos bases de datos: la primera de ellas, llamada "1a Semana", que consta de 50 imágenes; y la segunda consta de 8 imágenes y se le denomina como "2a Semana". El sistema soporta el análisis de hasta 800 imágenes, divididas en 8 muestras de 100 archivos (imágenes en formato PNG) cada una.

En la figura 9, se muestra el contenido de cada una de estas bases con las que se ha probado enteramente el sistema. Nótese que en la primera hay 5 camarones enfermos y la segunda presenta 3.

Al ejecutar el sistema y utilizarlo para analizar estas dos muestras, se realizaron pruebas de caja blanca y caja negra, ayudando estas a detectar pequeños errores e inconsistencias que han sido resueltos del todo. El sistema se considera listo para analizar las 800 imágenes que soporta.

La figura 10 muestra el proceso de detección y en la figura 11 se puede apreciar un resultado de este

proceso, la gráfica muestra los datos de camarones totales, enfermos y porcentajes por cada muestra.

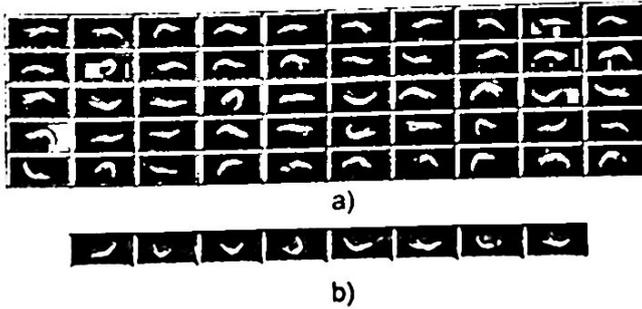


Fig. 9. Contenido de las bases de datos. a) Primera semana. b) Segunda semana.

El sistema logra reconocer 100% de los individuos enfermos y el usuario es capaz de visualizar datos a manera visual o en forma de tabla.

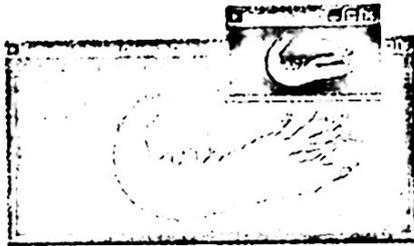


Fig. 10. Procesamiento de las imágenes.

El usuario, al tener la capacidad de observar el comportamiento de las muestras de una manera gráfica, es capaz de entender el rumbo de la enfermedad y tomar acciones al respecto.



Fig. 11. Datos correspondientes al número de camarones totales, enfermos y porcentaje por muestra.

Como ejemplo de esto, en la figura 12 se ha graficado el comportamiento de las granjas en cuanto al porcentaje que representan los camarones enfermos, con respecto al total de la muestra. De dicha figura se obtiene un dato obvio acerca del estado de la enfermedad.

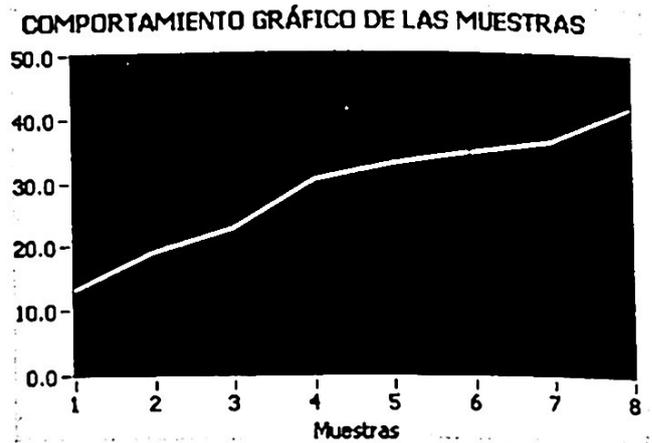


Fig. 12. Gráfica del estado del porcentaje de individuos enfermos a través de ocho muestras..

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El trabajo científico para la automatización de procesos que debe hacerse en el ramo de la Camaronicultura con el fin de elevar la calidad y volumen de producción en México es aún insuficiente. El reconocimiento de enfermedades por medio de visión computarizada sería de gran utilidad para la prevención de bajas en la producción.

Los métodos clásicos de reconocimiento de patrones implementados en lenguaje G, resultarían ventajosos debido a la facilidad y rapidez de desarrollo que este lenguaje de programación ofrece.

Se ha podido diseñar un sistema de procesamiento de imágenes que funcione dentro de un contexto de medición y supervisión del proceso de producción de camarones. Tal sistema resuelve la detección del síndrome de branquias negras.

Es posible realizar un diagnóstico sobre el síndrome de branquias negras de una granja camaronera, a partir del procesamiento de imágenes de camarones.

Con los datos resultantes del procesamiento de imágenes se puede llevar a cabo un análisis estadístico que informe acerca del comportamiento sanitario de la granja, en cuanto a esta enfermedad en específico.

Como trabajo futuro, actualmente se desarrollan algoritmos que completen el sistema en su parte final, realizando la operación que realiza el operador en cuanto a la identificación del estado de la granja. Para lograr esto, se trabaja en un algoritmo de redes neuronales que como entradas tenga los datos estadísticos de la granja y como salida los estados posibles de la enfermedad (Fig13).

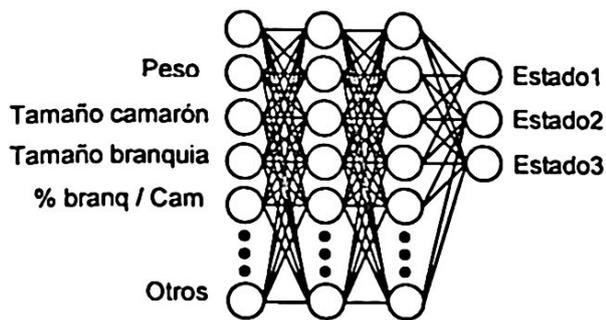


Fig. 13. Utilización de una red neuronal para lograr la asignación de un estado de enfermedad.

Además de esto, al sistema AIVICAM se le pueden hacer dos mejoras internas: añadir capacidades de reconocimiento para otras enfermedades y automatizar la etapa de adquisición de imágenes.

Agradecimientos. Los autores desean expresar su agradecimiento al Centro de Investigación en Computación, al CONACYT y a la CGEPI del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo económico brindado para la realización de esta investigación.

Referencias

- [1] C. L. Martínez, Camaronicultura, Bases técnicas y científicas para el cultivo de camarones peneidos, Ed. AGT, pp 161-215, México, 1993.
- [2] O. F. Páez, Camaronicultura y Medio Ambiente. Instituto de Ciencias del mar y Limnología. UNAM. pp 271-298, México, 2001.
- [3] R. González y R. Woods Tratamiento Digital de imágenes. Addison-Wesley/Diaz de Santos. pp 447-708, Estados Unidos. 1996.
- [4] G. J. Hiler y H. V. Martínez, Redes Neuronales Artificiales. Alfaomega/Ra-ma. pp 131-154 y 253-275, España, 2000.
- [5] B. Martín del Brío y M. A. Sanz, Redes Neuronales y Sistemas Difusos. Alfaomega/Ra-ma. pp 283-334, España, 2002.
- [6] Bancomext. Camarón Peneido, Resuelva Problemas en el cultivo. Centro de Investigaciones biológicas del noroeste, Federación de Acuicultores de México y Bancomext. pp 79- 88. México 2000.