

Reconocimiento de patrones por medio de redes neuronales en sistemas de cultivo acuícolas automatizados

José Ángel Alcaraz Vega¹, Dr. Luís Pastor Sánchez Fernández²

Centro de Investigación en Computación CIC-IPN
Av. Juan de Dios Bátiz esq. M. Othón de Mendizábal S/N
Col. Nueva Industrial Vallejo.
C.P. 07738. México DF.
Teléfonos: 5729-6000 ext: 56501 y 56537
<http://www.cic.ipn.mx>
¹alcaraz@sagitario.cic.ipn.mx ²lsanchez@cic.ipn.mx

Resumen. El artículo describe la realización de un proyecto de medición y predicción de estados de cultivo en granjas acuícolas utilizando redes neuronales para el reconocimiento de patrones basado en variables medioambientales en granjas camaroneras. Con la adaptación de la backpropagation al sistema de recolección de datos, se evalúa la situación del hábitat para la producción de camarón en los estanques de cultivo y se hace un análisis de tendencia para prever enfermedades bacteriológicas y virales que en la actualidad son la principal causa de mortalidad en los crustáceos.

1 Introducción

En la actualidad la tendencia de los sistemas de control industrial está dirigida al campo de la inteligencia artificial. El diseñar sistemas que asemejen el funcionamiento del cerebro humano es la tarea fundamental de los investigadores de hoy en día. Las redes neuronales son la herramienta que más se asemeja al funcionamiento neuronal de nuestro cerebro; son neuronas que almacenan información y que se comunican entre ellas por medio de conectores utilizando diferentes arquitecturas de conexión, que permiten evaluar el envío y/o bloqueo de la información con el fin de realizar una modificación general de la misma. Se han podido realizar máquinas inteligentes por medio de software y hardware haciendo uso de la arquitectura neuronal en algoritmos computacionales y en chips electrónicos[9].

Por medio de las redes neuronales se tiene la facilidad de procesar información de forma inteligente, con esto se quiere decir que, no solamente se hace una evaluación estadística de la información si no también se hace una evaluación cuantitativa y cualitativa[8].

El proyecto es un sistema basado en el reconocimiento de patrones por medio de redes neuronales, aplicado para solucionar problemas referentes a la producción de camarón en granjas acuícolas. Haciendo uso de principios fundamentales de un sistema

SCADA incorporando herramientas matemáticas y electrónicas en conjunción con software de programación de alto nivel para control industrial, se ha llevado a cabo realización del sistema de control, monitoreo y supervisión. Por medio de las técnicas de programación del lenguaje G, LabVIEW™ de National Instrument™ se tienen resultados favorables en el empleo de instrumentación virtual para el control del sistema[6].

LabVIEW™ es un lenguaje de programación de alto nivel compuesto de herramientas y funciones programables que permiten el análisis profundo y detallado de variables patrones generados por fenómenos físicos y químicos. Con la creación rápida y sencilla de programas individuales para una tarea específica (también llamados VI's), se puede tener una arquitectura de programación de VI's más organizada, evitando errores causados por exceso de código y por conexiones extralimitadas entre subrutinas utilizadas en otros lenguajes de programación[7].

2 Análisis de campo

Por medio del estudio de campo realizado en las granjas camaroneras, se ha podido obtener una panorámica de los métodos que actualmente se utilizan en el cultivo del camarón y del nivel tecnológico con el que se cuenta para medir los parámetros en los estanques. Todos son medidos manualmente y con metodologías de análisis químicos. La frecuencia con la que éstos son tomados, varía dependiendo del parámetro. Con uso de estas técnicas se agrava la posibilidad de error, ya sea por errores humanos de equipo en la medición[2].

Con el sistema en cuestión, se realiza un análisis más detallado de cada uno de los parámetros implicados en el cultivo del camarón haciendo uso de tecnología electrónica implementada en sensores y computadores como también, el uso de la PC ordinaria.

El manejo de la calidad del agua en los cultivos acuícolas es de suma importancia, es por ello, que mantener los niveles adecuados de cada parámetro de cultivo, es fundamental para alcanzar niveles de producción globales.

Los parámetros se dividen en tres grupos[1]:

A) Parámetros Físicos

- Temperatura
- Salinidad
- Sólidos
 - Composición (orgánica e inorgánica)
 - Tamaño
 - Concentración
- Color

- Luz
 - Artificial o Natural
 - Total anual de energía inherente
 - Intensidad de la energía por radiación
 - Calidad de la luz
 - Período de luz

B) Parámetros Químicos

- PH y alcalinidad
- Gases
- Nutrientes
- Compuestos orgánicos
 - Biodegradables
 - No biodegradables
- Compuestos Tóxicos
 - Metales pesados

C) Parámetros biológicos

- Bacterias
- Virus
- Hongos

Todos son de suma importancia en el cultivo del camarón, ya que la variación de cada uno de ellos y/o en conjunto, provoca niveles de inestabilidad en el hábitat requerido para los estanques de cultivo llevando a la población del cultivo a una pérdida total. De igual forma se ha comprobado científicamente que estos cambios bruscos en el hábitat alteran el comportamiento del camarón, provocándole estrés. Al estar estresado el camarón es más propenso a tener enfermedades, entre las cuales están las más peligrosas, las virales[4].

El virus WSSV, mejor conocido como virus de la mancha blanca, es hasta ahora el más mortífero de todos provocando una mortandad al 100% de la producción en los cultivos acuícolas. Por esto, los acuicultores, biólogos y especialistas en el área están luchando contra esta amenaza utilizando las técnicas más innovadoras[5].

Con el sistema se tiene una mejor perspectiva de como actúa el virus WSSV al modificarse el hábitat del camarón. Haciendo una predicción de la tendencia del hábitat; se puede observar como la variación de los parámetros de cultivo influyen en el camarón en el momento de ser infectado por el virus. Actualmente no se ha podido combatir el virus por medio de químicos y técnicas genéticas, por lo cual, es más conveniente evitar la infección haciendo uso de técnicas de predicción. Para llegar a estas técnicas fue necesario hacer un estudio detallado del comportamiento del virus al ser modificados cada uno de los parámetros de cultivo

3 Clasificación de Estados

Los estados de cultivo son clasificados en tres diferentes, *bajo*, *normal* y *alto*; cada uno de ellos fue clasificado dependiendo de los valores obtenidos en la medición de los parámetros correspondientes al hábitat del camarón en las granjas acuícolas. Los parámetros utilizados para la lectura de valores en el sistema son:

Tabla 1. Parámetros utilizados por el sistema de adquisición de datos empleados en el cultivo del camarón.

Parámetros de cultivo	Temperatura
	Ph
	Salinidad
	Oxígeno disuelto
	Amonia
	Nitritos
	Nitratos
	Salinidad

Estos parámetros son los de más importancia, debido a que la variación a gran escala de cada uno o en dado caso en conjunto, propician un desequilibrio mortal en el hábitat de cultivo.

En cada parámetro hay un rango específico de valores donde el camarón tiene un crecimiento saludable y óptimo. Este rango óptimo se clasifico como *estado normal*. Para los rangos de valores que están bajo el rango de normales se clasifico como *estado bajo* y los que se encuentran arriba, como *estado alto*.

Tabla 2. Clasificación de los rangos de parámetros en estados de alarma.

Parámetros y Estados	Temp (°c)	PH	OD	Amonia	Nitritos	Nitratos
			(mg/l)			
Bajo	0-25	3-7.9	1.5-3	-	-	0-25
Normal	25-33	7.9-8.5	3-8.5	0-15	0-10	25-35
Extremo	33-45	8.5-9.0	8.5-10	15-25	10-21	35-45

Con los valores comprendidos entre los rangos correspondientes a cada uno de los parámetros, se realiza el entrenamiento de la red neuronal. La cual esta compuesta por tres neuronas de entrada, cada una con relación a uno de los estados (bajo, normal alto), teniendo a la vez tres neuronas de salida, donde cada una de ellas representa valor cualitativo dependiente del valor de entrada dado.

4 Arquitectura del sistema

El sistema en general es un SCADA, adaptado especialmente para la adquisición, procesamiento y presentación de datos, como también para la predicción de fallas y pronóstico de estados referentes al hábitat de cultivo que establecen la calidad de la producción.

Por medio de sensores instalados estratégicamente en los estanques que conforman la granja el sistema recopila información del medio (granja camaronera) y la envía por medio de sistemas de transmisión hacia el computador que contiene el sistema de predicción de fallas en lenguaje G, con esto se hace referencia a la posible mortandad de camarones en los estanques.

Los sistemas de transmisión de información pueden ser diferentes; si se necesita transmisión en área local, se usa los sistemas de bus de campo; para transmisiones remotas a larga distancia, se utiliza la radio frecuencia o la internet. Las restricciones de tiempo de lectura de parámetros en la granja no son estrictas; con esto se puede hacer uso de tecnología de transmisión lenta, como hasta ahora lo es el internet.

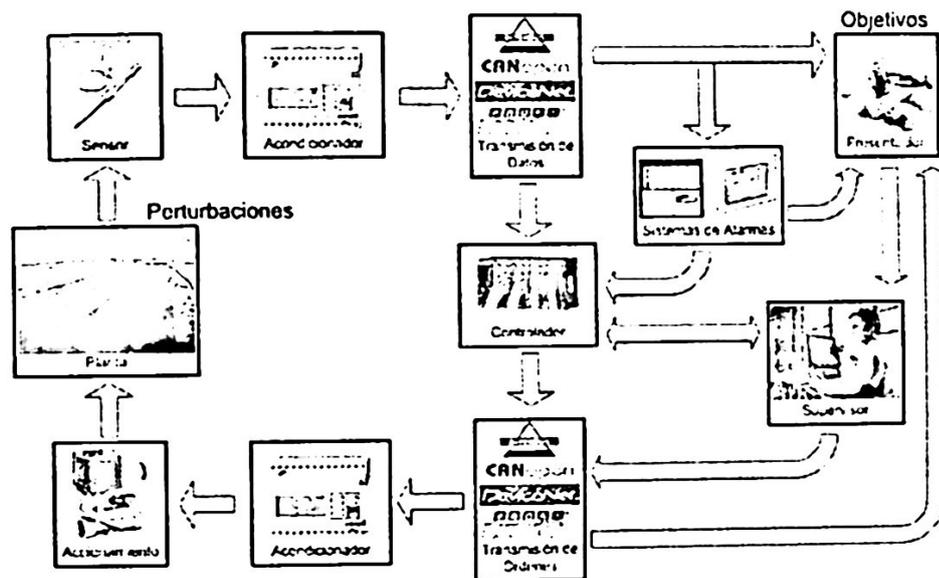


Fig. 1. Diagrama a bloques del sistema SCADA de control, monitoreo y control de granjas camaroneras.

El sistema es el encargado de pedir la información a los sensores, de procesarla para evaluar la situación del hábitat, de activar señales de alarma y de activar actuadores para estabilizar el entorno.

Cabe señalar que esta contempla la transmisión de video a larga distancia, con el fin de que el operador esté monitoreando la granja y sus estanques desde otro lugar.

4.1 Adquisición y control de datos

La adquisición y el control de datos es la parte del sistema encargada de proporcionar la información de cada uno de los parámetros de los estanques. Por medio de sensores se adquiere la lectura de los valores correspondientes a cada parámetro, esto, puede ser utilizado un sensor para cada uno o bien, utilizando un sensor que tenga la capacidad de leer todos[10].

El sensor adquiere el estado actual del parámetro y lo transforma en un estímulo señal analógica por medio de niveles de amplitud, la cual es transformada en señal digital en el acondicionador de señal. Al ser transformada de analógica a digital, se puede enviar al computador para ser procesada.

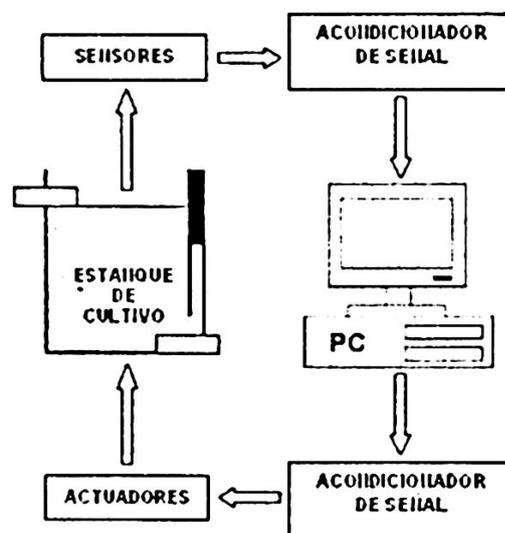


Fig. 2. Diagrama a bloques de adquisición de información y control.

En el computador se encuentra el sistema de control, monitoreo y predicción, que es encargado de pedir la adquisición de datos en determinados intervalos de tiempo, según lo requiera. Al procesar y evaluar las condiciones del estanque muestra los estados referentes al hábitat actual, dependiendo de éstos, se estima si es necesaria su modificación por medio de los actuadores.

Los actuadores son dispositivos eléctricos y neumáticos o bien, electroneumáticos que son activados por medio de un pulso eléctrico enviado del computador por órdenes del sistema al acondicionador de señal para que sea convertida de señal analógica digital[11]. Por medio de los actuadores se pueden modificar los parámetros para establecer el hábitat a un estado óptimo.

4.2 Funcionalidad del SCADA

La funcionalidad del sistema es básica para un sistema SCADA, consiste de cuatro etapas principales

- Etapa de supervisión, monitoreo y control.
- Etapa de adquisición de datos.
- Etapa de control directa.
- Etapa de acceso remoto de información.

La etapa de supervisión, monitoreo y control es la principal de las cuatro, es la que contiene el sistema en lenguaje G, por medio del cual se tiene la plataforma de control, monitoreo y adquisición de información. De igual manera se encuentran los algoritmos de clasificación de información en los que se utilizan redes neuronales. Se tiene la interfase usuario-maquina, que permite al operador monitorear y llevar un reporte detallado de las actividades realizadas.

La segunda, consiste en el software y los dispositivos encargados de adquirir información de los estanques por medio de sensores. El software utilizado aquí, es dedicado a la lectura de parámetros. En cambio, en la etapa de control directa se tienen dispositivos y software en cargo de accionarlos por medio de órdenes de la etapa principal.

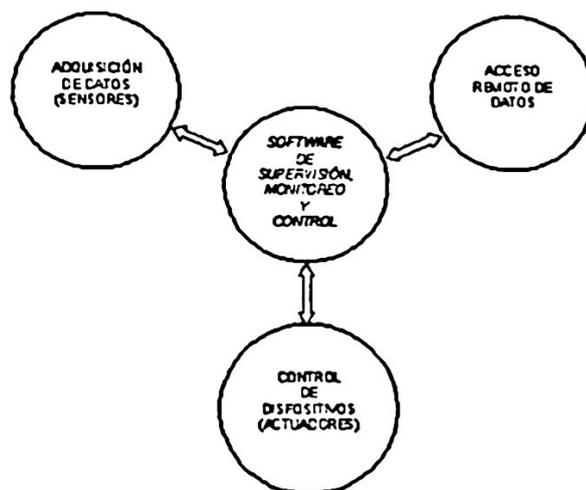


Fig. 3. Diagrama funcional del sistema.

En la etapa de acceso remoto a datos tenemos las terminales que se comunican por medio de internet y/o radio frecuencias con la etapa principal del proyecto. También llamadas laboratorios virtuales, se tiene la opción de monitoreo a distancia y de control, siempre y cuando se tenga autorización.

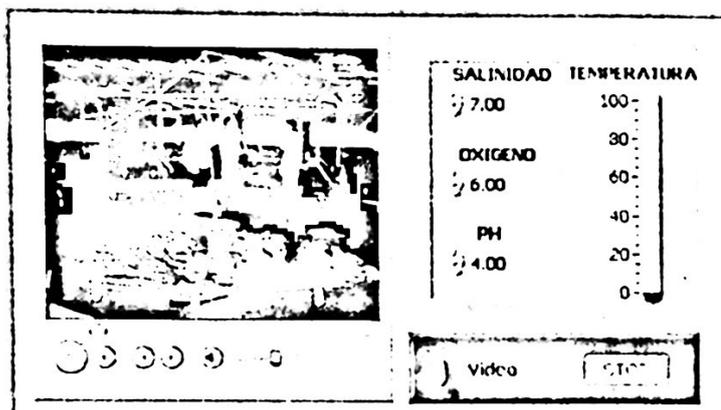


Fig. 4. Panel de visualización virtual

El lenguaje de programación G de LabVIEW™ nos permite tener interfases a distancia por medio de internet donde se puede visualizar lo que sucede en las granjas camaroneras y se puede tener un reporte de los parámetros.

5 Aplicación de la red neuronal

La aplicación de la red neuronal en el sistema es de suma importancia para el reconocimiento de patrones. La red es la encargada de clasificar los valores de entrada en estados. El entrenamiento de la red es basado en la catalogación de estados de comportamiento en los estanques de cultivo.

La red que se emplea es la backpropagation, ya que este tipo de red es recomendable para el reconocimiento y clasificación de patrones; en este caso se está utilizando con los parámetros de cultivo.

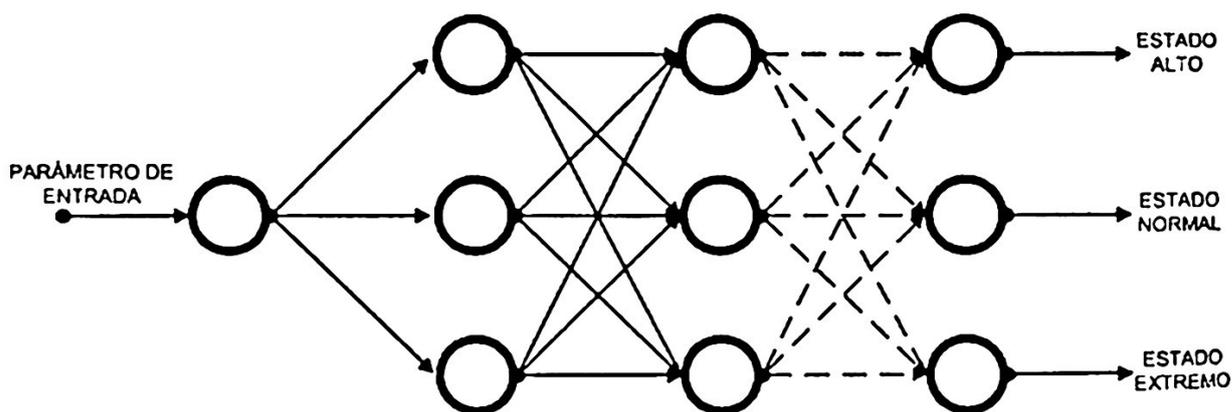


Fig. 4. Estructura de la red neuronal para la clasificación de estados.

La estructura de red mostrada en la figura 4, es aplicada en cada parámetro con el propósito de obtener la evaluación de su estado. En cambio, en la figura 5, se muestra la arquitectura generalizada de toda la red, donde tomando en cuenta la evaluación del estado de cada parámetro, se hace la evaluación general del hábitat. La evaluación del hábitat ayuda a establecer la tendencia del cultivo en los estanques y a prever enfermedades bacteriológicas y virales que atacan al camarón.

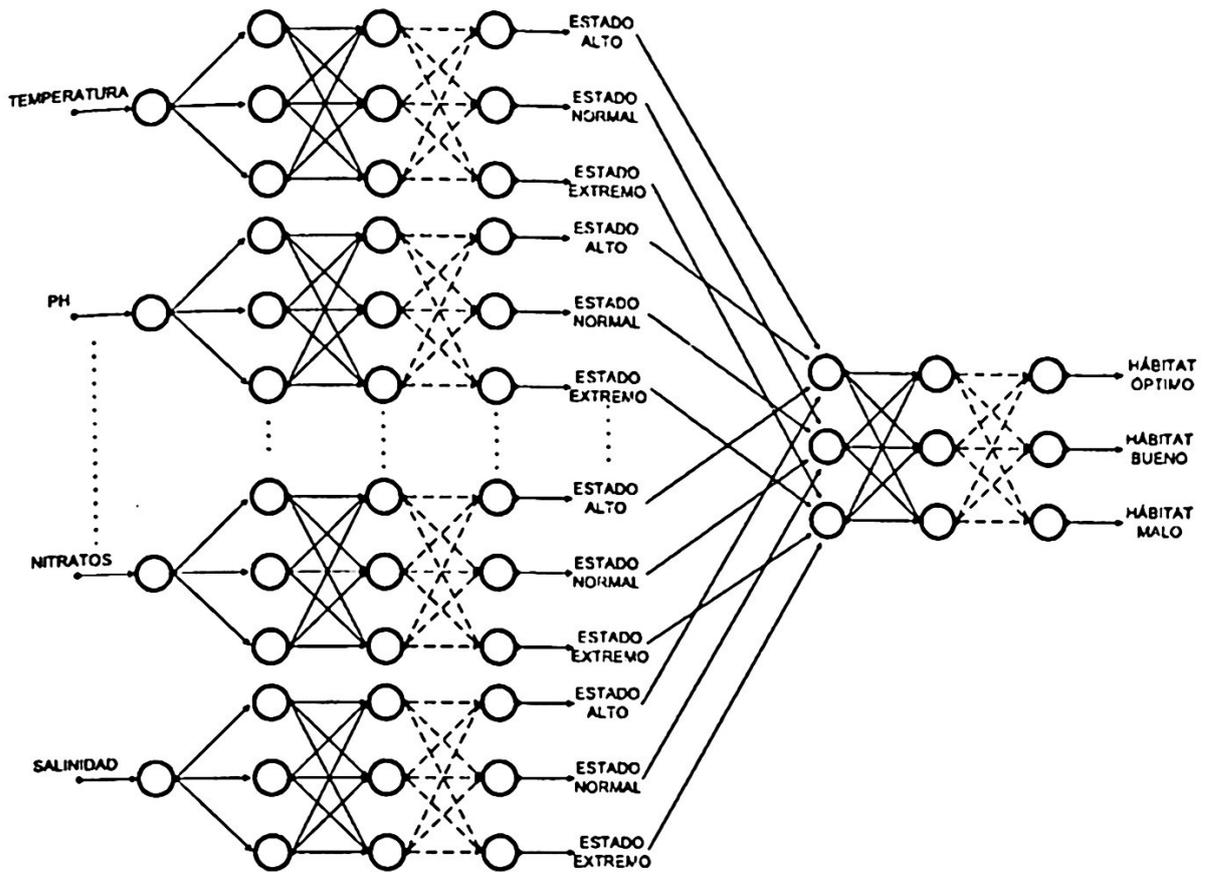


Fig. 5. Estructura general de la red neuronal para la predicción del hábitat.

Como se puede observar la backpropagation utilizada en el sistema es multicapa, con más de tres capas, con el fin de poder hacer la clasificación correcta de los valores de entrada con respecto a los esperados en la salida.

6 Plataforma SCADA

El sistema está basado en el software de adquisición de información, en otras palabras, adquisición de datos. Por medio del programa de adquisición de datos se obtienen los valores correspondientes a cada uno de los estados especificados anteriormente y son guardados en una base de datos que posteriormente es utilizada en la red neuronal.

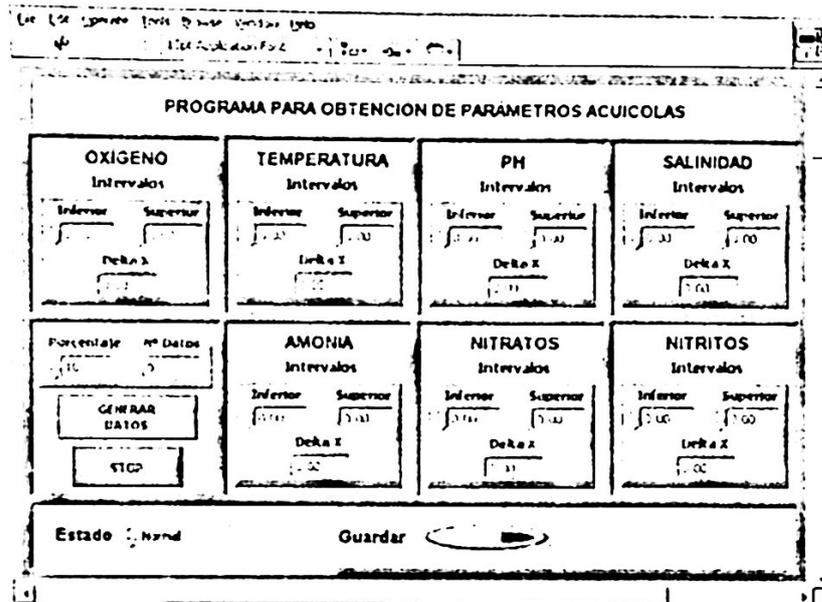


Fig. 6. Panel frontal del sistema de adquisición y clasificación de parámetros.

Como se puede ver en la figura 6, se tienen los límites inferior y superior que delimitan el rango de cada parámetro. Los límites indican los rangos de medición de los parámetros.

7. Conclusiones

La realización del sistema ha abierto una brecha en la solución de problemas enfocados a la producción acuícola, ayudando a los especialistas en el área a llevar un control más formal y detallado de los problemas causados por cambios en los parámetros del cultivo de camarón que producen una inestabilidad en el hábitat. Consecuentemente a estimar mortandad por enfermedades derivadas de cambios bruscos en el hábitat como la infección por bacterias y virus que provocan una mortandad global en el cultivo de camarón.

Se tiene la oportunidad de un laboratorio virtual a distancia para analizar y monitorear las instalaciones de las granjas camaroneras con el fin de que estudiantes y profesionales en el ramo acuícola conozcan y evalúen más a fondo las operaciones y actividades realizadas en ellas. Por otro lado, una de las aportaciones del proyecto es al medio ambiente, llevando el control de los recursos naturales que han y siguen siendo materia prima en el cultivo de camarones en el mundo, como el agua y manglares ubicados en las costas de nuestro país. Esto es posible con la automatización de las granjas por medio del sistema de monitoreo y control del proyecto ayudando a reutilizar los recursos naturales y a no contaminar las costas de nuestros mares.

Referencias

- [1] Bancomex, *Camarón Mexicano – Cultivo en Granjas*, Ed. Banco Nacional del Comercio Exterior, S.N.C. y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. con el apoyo de la Federación de Acuicultores de México, 1999, pp. 27-51.
- [2] Bancomex, *Camarón Mexicano – Resuelva Problemas en el Cultivo*, Ed. Banco Nacional del Comercio Exterior, S.N.C. y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. con el apoyo de la Federación de Acuicultores de México, A.C., 2000, pp. 13-67.
- [3] J.E. Bardach, J. Ryther, and W. McLarney, *Aquaculture – The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms*, Ed. Science Editions, 1988, pp. 587-633.
- [4] D. Brune, J. Tomasso, *Acuicultura y calidad del Agua*. Ed. The World Aquaculture Society, 1991, pp. 11-70.
- [5] J. Juárez, G. Palomo, *Acuicultura - bases biológicas del cultivo de Organismos Acuáticos*, Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 1988, pp. 19-64.
- [6] G. W. Johnson, *LabVIEW Graphical Programming – Practical Applications in Instrumentation and Control*. 2nd ed, Ed. McGraw-Hill, 1997, pp. 10-53.
- [7] L. K. Wells, J. Travis, *LabVIEW For Everyone – Graphical Programming Made Even Easier*, Ed. Prentice Hall PTR, 1997, pp. 30-75.
- [8] B. M. del Brío, A. Sanz Molina. *Redes Neuronales y Sistemas Difusos*. 2da Ed., Alfaomega & RA-MA, México 2000, pp. 10-85.
- [9] J. R. Hilera, V. J. Martínez. *Redes Neuronales Artificiales - Fundamentos, Modelos y Aplicaciones*. Alfaomega & RA-MA, México 2000, pp. 20-73.
- [10] R. Pallás Areny. *Sensores y Acondicionadores de Señal*. 3ra Ed, Alfaomega & Marcombo. México 2001, pp. 22-37.
- [11] W. A. Rosenblith. *Sensory Communication – Contributions to the symposium on Principles of Sensory Communication*. Edicott House, pp. 22-41.

