

DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA INCUBADORA PARA EL PROCESO DE HORMONADO DE ALEVINES DE TILAPIA USANDO ARDUINO

¹Román Nájera Susana Mónica, ²Hernández Valencia Jorge Armando
³Póndigo Mendoza Jorge, ⁴Espíndola López Rosa Elena, ⁵Gil Rodríguez Lino Rafael

¹Maestra en Ciencias, ²Ingeniero Pesquero, ³Ingeniero Eléctrico,
⁴Maestra en Educación, ⁵Maestro en Ciencias

^{1,2,3,4,5}Instituto Tecnológico de Salina Cruz
Tecnológico Nacional de México

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, ²Departamento de Ingenierías.

^{3,5}Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, ⁴Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial
Carretera a San Antonio Monterrey Kilómetro 1.7, Col Granadillo CP.70600
Salina Cruz Oaxaca, México

¹monica.rm@salinacruz.tecnm.mx, ²ing_salinacruz@tecnm.mx, ³jorge.pm@salinacruz.tecnm.mx
⁴rosa.el@salinacruz.tecnm.mx, ⁵rafael_gil_r@hotmail.com

Resumen -- En el presente artículo se muestra la implementación de un sistema para la automatización del proceso de hormonado de los alevines de tilapia, el sistema consta de dos partes, la primera parte monitorea variables medioambientales del agua como el ph y la temperatura así como también el nivel de agua que en su conjunto determinan las condiciones ideales para el proceso de hormonado y la segunda parte la conforma el alimentador que proporciona el alimento a la especie en edad de 0 a 2 meses. El sistema usa como dispositivo de control el microcontrolador de arduino mega 2560 y un conjunto de sensores que le permiten al sistema proporcionar las condiciones óptimas para el buen desarrollo del hormonado.

Palabras Clave: Automatización, arduino mega, ph, temperatura, tilapia.

Abstract -- This article shows the implementation of a system of automatization for the hormonization of the tilapia fingerlings. The system consists of two parts, the first one monitorizes environmental variables in the water, like the PH or the temperature as the water level, wich in group, determinates the ideal conitions for the hormonization process, and the second part is conformed by the feeder that proporcionates the food to this spice during its first two months of life. The system uses an ARDUINO MEGA 2560 as microcontroler and a group of censors that allow

the system propices the correct conditions for a good developement of the hormonization.

Key words – Automatization, arduino mega, ph, temperature, tilapia.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura como actividad multidisciplinaria, constituye una empresa productiva que utiliza los conocimientos sobre biología, ingeniería y ecología, para ayudar a resolver el problema nutricional, y según la clase de organismos que se cultivan se ha dividido en varios tipos, siendo uno de los más desarrollados la piscicultura o cultivo de peces y dentro de éste, el pez más utilizado a nivel mundial es la tilapia [1]. Los procesos acuícolas se han visto en la necesidad de estar a la vanguardia en la demanda de alimentos y en la tecnificación de sus cultivos. Para realizar cultivos acuícolas amigables como opción rentable y sustentable para los acuicultores.

La reversión sexual en los peces tiene como finalidad lograr la mayor población de peces machos, se han desarrollado numerosas investigaciones a través del tiempo y ha sido practicada en anfibios y aves. Los primeros intentos de inversión sexual en peces tuvieron lugar en los años treinta [2]. Dentro de las investigaciones se ha evaluado diferentes hormonas, concentraciones, lapsos de tratamiento, temperaturas, entre otras variables según las

especies de tilapia. El método más suministrado es la hormona 17- α -metiltestosterona, en un lapso de 28 días. La relevancia económica de la inversión en un cultivo de tilapia es el cultivo de un monosexo (machos) por el rendimiento, población control y ganancia de peso en menor tiempo.

El proceso de reversión sexual tiene una correlación positiva con el suministro continuo de alimento hormonado 17- α -metiltestosterona, así como factores abióticos como pH y temperatura, esto se implementa en un sistema de recirculación cerrado, donde se automatiza el proceso, controlando la cantidad de alimento suministrando.

DESARROLLO

Consideraciones para el diseño del sistema

La especie (Tilapia)

Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Las tilapias son organismos tropicales principalmente dulceacuícolas, originarios del continente africano, los cuales se encuentran actualmente distribuidos en la mayoría de los países tropicales y subtropicales con fines de cultivo. [3].

Rasgos Biológicos de la Tilapia

Cuerpo comprimido; la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud. Escamas cicloideas. Protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico. La longitud de la quijada superior no muestra dimorfismo sexual. El primer arco branquial tiene entre 27 y 33 filamentos branquiales. La línea lateral se interrumpe. Espinas rígidas y blandas continuas en aleta dorsal. Aleta dorsal con 16 ó 17 espinas y entre 11 y 15 rayos. La aleta anal tiene 3 espinas y 10 u 11 rayos. Aleta caudal trunca. Estas características genéticas son consideradas para la selección de los reproductores, variable que se refleja en la calidad de las crías, aunado a una buena alimentación en el proceso de reversión sexual y el mantenimiento de una línea genética [4]. En la figura 1 se visualizan los principales rasgos biológicos de la tilapia.



Figura 1. Rasgos Biológicos de la Tilapia.

Reproducción de la tilapia

La reproducción se desarrolla en estanques o tanques. La proporción de siembra entre hembras y machos es de 4:1. En las instalaciones del TecNM campus Instituto Tecnológico de Salina Cruz, se tiene un área de reproducción de tilapias, de donde se obtuvieron crías y ovas e inmediatamente trasladarlos al sistema Automatizado.

Para el diseño y desarrollo del sistema de automatización de la incubadora fue necesario, analizar, identificar y determinar los requerimientos medioambientales para llevar a cabo el proceso de hormonado de tilapia, además de considerar las características de distribución se determinó mantener el rango óptimo de temperatura de 28-30°C, ya que ello el pez no se estresa y su alimentación es óptima.

En la tabla 1 se observan los parámetros medioambientales ideales para el proceso de hormonado.

Tabla 1. Requerimientos de parámetros medioambientales para el proceso de hormonado de tilapia.

Factor	Requerimiento
Temperatura	25-30° C
Oxígeno Disuelto	5 mg/l
Potencial Hidrométrico (PH)	6-9 iones de hidrógeno

Alimento hormonado

El alimento fue formulado con la hormona 17- α -metiltestosterona, se obtuvo de la granja Tilanet Veracruz, productora de crías de tilapia revertidas y se suministró inmediatamente después de la absorción del saco vitelino por los alevines,

considerando que ya ha madurado su tracto digestivo y pueden alimentarse exógenamente. Es importante iniciar la alimentación a una tasa del 15 al 30% del peso corporal diariamente o alimentar a saciedad (ad libitum) es otra opción cuando se está suministrando alimento hormonado. Se recomienda alimentar a los alevines un mínimo de 8 veces al día cuando están sujetos a un proceso de hormonado.

La eficacia del proceso depende de un suministro continuo y constante en tiempo y peso.

Hardware a emplear

El hardware usado para el desarrollo del sistema principalmente está conformado por la placa Arduino Mega 2560 y el conjunto de sensores y actuadores utilizados para el monitoreo de las variables físicas del agua tales como el sensor de pH, el sensor de temperatura y el sensor de nivel, además de los servos motores ocupados para el alimentador del sistema.

Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 es una placa basada en el microcontrolador ATmega 2560 que trabaja a una frecuencia de 16 MHz. Sus características más destacables son: 54 pines de entrada/salidas digitales (de los cuales 15 pueden ser usados como salidas analógicas PWM), 16 entradas analógicas y 4 receptores/transmisores serie TTL-UART. Consta de una memoria flash de 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el gestor de arranque o bootloader, 8 KB de SRAM y 4 KB de memoria EEPROM en la cual se puede leer y escribir mediante el uso de una librería. En la figura 2 se visualiza la placa y sus dimensiones aproximada [5].

Sensor de temperatura DS18B20 sumergible

El sensor DS18B20 comunica sobre un bus de 1 cable que, por definición, requiere solo una línea de datos (y tierra). No requiere una fuente de alimentación externa.



Figura 2. Arduino mega 2560.

FUENTE: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>

En la tabla 2, se muestran las características técnicas del sensor de temperatura [6].

Tabla 2. Características del sensor DS18B20.

Característica	Valor
Voltaje de alimentación	3V a 5.5 V
VDD	Voltaje de alimentación
GND	Tierra
DG	Datos
Rango de temperatura	-55°C a 125°C
Error(-10°C a 125°C)	± 0.5°C
Error(-55°C a 125°C)	± 0.2°C
Resolución programable	9-bit, 10-bit, 11-bit o 12-bit (default)

Sensor de pH con sonda sumergible

Medidor de pH analógico, para controladores Arduino tiene una conexión simple. Consta de un LED que funciona como indicador de alimentación, un conector BNC y una interfaz de sensor PH2.0. La tabla 3 muestra las características técnicas del sensor [7].

Tabla 3. Especificaciones técnicas del sensor de pH sumergible.

Característica	Valor
Potencia del módulo	5.00V
Tamaño del módulo	43 mm × 32 mm
Rango de medición	: 0-14PH
Temperatura de medición	0-60 °C
Precisión	± 0.1pH (25 °C)
Tiempo de respuesta	≤ 1 min
Sensor de pH	con conector BNC
Interfaz	PH2.0 (parche de 3 pines)
indicador de encendido	LED
Longitud del cable del sensor al conector BNC	660 mm

Sensor de nivel de agua

Es un dispositivo electrónico que permite detectar el nivel de agua, en la tabla 4 se observa las características técnicas del sensor de nivel a utilizar. Este sensor actúa como un switch o interruptor que cambia de estado cuando el nivel de agua alcanza la pieza móvil del sensor y cuando se baja densidad se correrá según la altura del agua [8].

Tabla 4. Características del sensor de nivel.

Característica	Valor
Dimensiones	68 mm x 24 mm
Corriente de operación	0.5 A
Potencia máxima	10w
Resistencia de contacto	100Ω
Temperatura de funcionamiento	-10 ~ 60°C

Servomotor MG995

Motor eléctrico síncrono el cual puede ser controlado tanto en velocidad como en posición. Tiene la capacidad de girar su eje un cierto ángulo en base a una señal generada mediante un circuito de control externo. Tiene integrado un detector que permite conocer su posicionamiento y/o velocidad. Para velocidad cero: Puede ubicarse en cualquier posición manteniéndose estable en esta. Operan sobre el principio de control proporcional. La cantidad de voltaje aplicado al servomotor es proporcional a la distancia que éste necesita desplazarse En la tabla 5 se muestran las características técnicas del servomotor [9].

Tabla 5. Características técnicas del servomotor MG995.

Característica	Valor
Voltaje de operación	4.8 a 7.2 V
Velocidad de operación	0.2 s/60° (4.8 V), 0.16 s/60° (6 V)
Ángulo de rotación	120° aprox. (60° en cada dirección)
Torque detenido	8.5 kgf·cm (4.8 V), 10 kgf·cm (6 V)
Banda muerta:	5 μs
Peso	55g
Dimensiones	Largo 40.7 mm, ancho 19.7 mm, altura 42.9 mm aprox.

Como ya se mencionó el sistema se divide en dos partes o subsistemas, la primera es el monitor que inicia con el censado del pH, censado de temperatura y el reloj, controlados por el microcontrolador del arduino mega, mismo que envía información al lcd, además de evaluar los niveles de ph y temperatura permitiendo la activación del termostato y bombas para recirculación del agua de la pecera 1 a la pecera 2. La segunda parte es el alimentador encargado de proveer de alimento hormonado a los alevines, cada hora durante 10 horas al día. En la siguiente figura 3, se visualiza el esquema general del sistema con sus dos subsistemas.

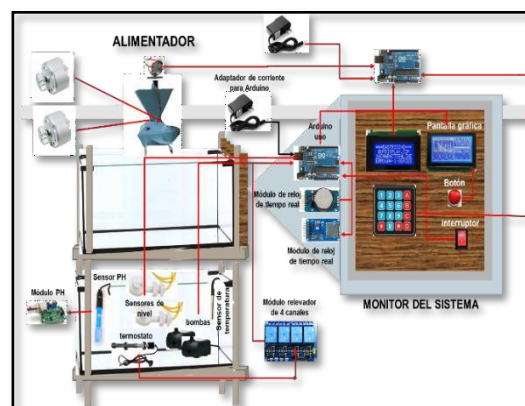


Figura 3. Esquema general del sistema automatizado para el hormonado.

La figura 4 muestra el diagrama a bloques de la etapa de monitoreo que permite identificar los diferentes módulos lo integran de igual forma en la figura 5 se visualiza el diagrama a bloques del subsistema de alimentación quien es el encargado del suministro de alimento hormonado a los alevines de tilapia.

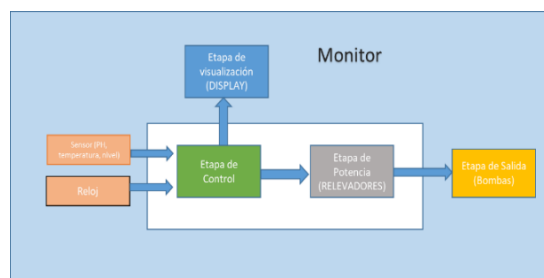


Figura 4. Diagrama a bloques del subsistema de monitoreo.

Diseño del sistema

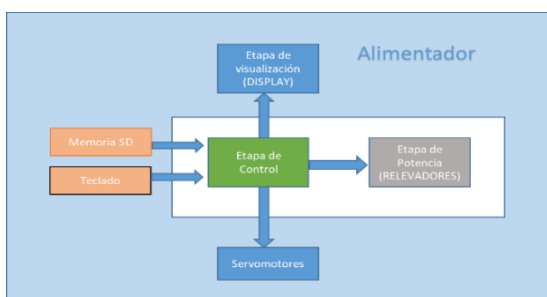


Figura 5. Diagrama a bloques del subsistema de alimentación.

A continuación, en las figuras 6 y 7 se aprecian los esquemas de conexiones de ambos subsistemas.

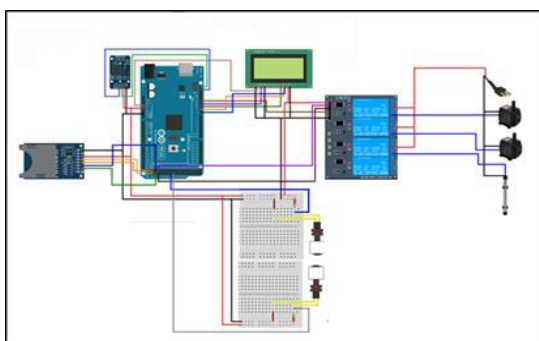


Figura 6. Diagrama de conexiones del subsistema de monitoreo.

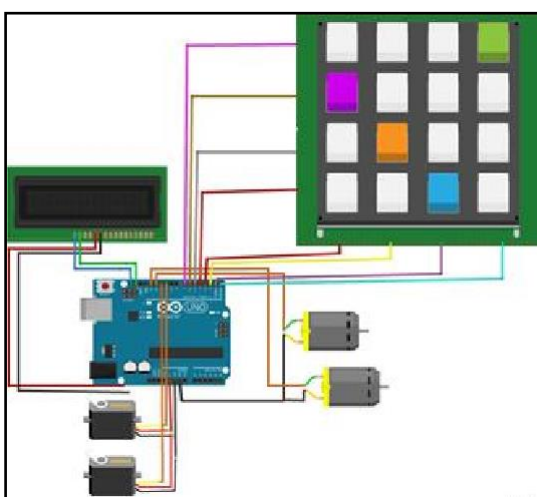


Figura 7. Diagrama de conexiones del subsistema de alimentación.

En la figura 8, se muestran las dimensiones propuestas tanto para la estructura, la caja del monitor y el alimentador.

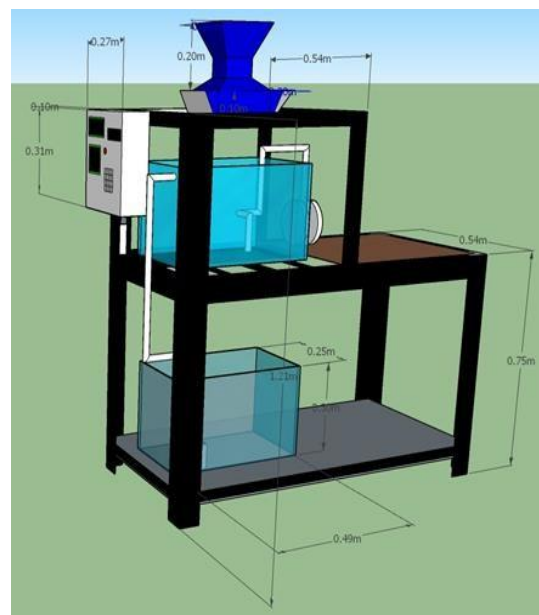


Figura 8. Dimensiones de la estructura del sistema de alimentación para el proceso de hormonado.

Implementación

El sistema automatizado se desarrolló utilizando una estructura metálica, que soporta a las dos peceras de 1.21x0.50x0.25m de vidrio, en la parte superior se ubica el alimentador de plástico con dimensiones aproximadas de 25cm de alto ubicado exactamente sobre un soporte en la pecera superior y por un costado la caja metálica con puerta de marco de aluminio con dimensiones de 0.31m x.27x.10m, que contiene toda la electrónica y conexiones de los sensores y el monitor.

Contiene también una mesa de material MDF como extensión para maniobras en el sistema y preparación del alimento, como se visualiza en la figura 9.

El monitor identifica si el valor obtenido por el censado del ph presenta valores por arriba de 8 el sistema activa las bombas de agua, recirculando el agua de la pecera 1 a la pecera 2 hasta lograr obtener valores por debajo de 7.5 del ph, de igual forma en cuanto el monitor identifica valores de temperatura del agua por debajo de 25°C procede a encender el termostato y lo apaga cuando alcanza 32°C. En la figura 10 se observa la vista frontal del monitor que contiene un display de 2x16 usado para mostrar el menú para elección del número de

alevines a alimentar, una pantalla gráfica que permite observar los valores censados por el sistema además de los botones de encendido del sistema, y en la figura 11 se visualiza la conexión interna del monitor.



Figura 9. Sistema Automatizado para el hormonado de alevines de tilapia.



Figura 10. Vista Frontal del monitor.

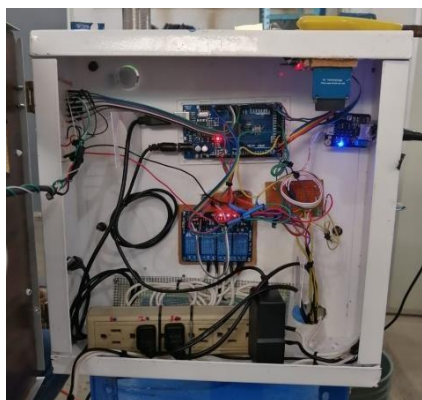


Figura 11. Vista interna de las conexiones en el monitor.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se logró que el sistema monitoree las variables físico ambientales necesarias para hormonar alevines de tilapia, en las primeras pruebas se observó que el sensor de pH después de 5 días de censar cada hora las muestras daba resultados muy inestables, por lo que se modificaron los intervalos de toma de muestras.

Se programó el arduino con sus módulos y comunicación con los sensores, se activaron las bombas asociadas a la operación del sensor de pH y finalmente se probaron con diferentes temperaturas en agua para corroborar la activación del termostato al identificar una temperatura menor a los 25°.

Se registraron los datos obtenidos y se almacenan en la memoria SD en un formato para ser leídos en Excel.

Por otro lado, el sistema de alimentación con el diseño empleado permite activar y desactivar los mecanismos necesarios para proporcionar el alimento hormonado, el sistema comienza el proceso de alimentar de 7:00 am a 18:00 hrs, alimentando un total de 12 veces al día durante 5 segundos por vez, durante 28 días, que es la capacidad de almacenamiento del alimentador.

Los resultados se obtuvieron utilizando un prototipo de alimentador y para el método de entrega del alimento se calculó de forma volumétrica además de considera el número de peces.

Se tomaron las muestras de entrega del alimento y se procedió a medir si la porción arrojada era la correcta, por lo que se tuvieron que realizar ajustes no solamente en la programación del arduino sino también al mecanismo de entrega, ya que después de 10 días de alimentar se identificó que la humedad en el ambiente y la constitución física propia del alimento hacían que el alimento se compactara demasiado impidiendo la entrega exacta del alimento.

CONCLUSIONES

El sistema automatizado para el proceso de hormonado de alevines proporciona muchas ventajas al área de acuicultura del ITSAL primeramente con la entrega de las porciones de alimento exacto permite la eficacia del proceso de hormonado ya que es directamente proporcional al crecimiento del pez y ganancia de peso, además de mantener las condiciones medioambientales del agua ideales para que se desarrolle de forma idónea la reversión sexual de los alevines.

Los resultados obtenidos nos permiten demostrar que el sistema automatizado con las entradas del arduino Mega 2560 usados son suficientes para el número de sensores que se propusieron para monitorizar el proceso de hormonado.

RECOMENDACIONES

Para que el alimentador entregue porciones de forma más precisa es necesario que el alimento hormonado se encuentre totalmente seco para evitar que el alimento se solidifique antes de la entrega.

Es necesario verificar que los alevines no se filtren por el sistema de recirculación además de acelerar el cambio de lectura del pH del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Saavedra M. (2006). MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIA. Managua, Nicaragua. Recuperado de: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- [2] Hurtado T.N (2005) INVERSIÓN SEXUAL EN TILAPIAS. Revista aquatic. Lima – Perú. Recuperado de: http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_invsextilapia.pdf
- [3] Alcantara V. J. O. (2014). Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/273755425_Manual_para_la_produccion_de_supermachos_de_tilapia_del_Nilo_Oreochromis_niloticus

- [4] FAO. (8 de Enero de 2020). Aquaculture Management and Conservation Service (FIMA). Obtenido de "Cultured Aquatic Species Information Programme", Recuperado de : http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es

- [5] arduino. (9 de Enero de 2020). arduino.cc. Obtenido de Qué es un arduino. Recuperado de: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction?setlang=en>

- [6] Valle, L. d. (9 de Enero de 2020). Programafacil.com. Obtenido de DS18B20 sensor de temperatura para líquidos con Arduino. Recuperado de: <https://programafacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>

- [7] DFrobot. (9 de Enero de 2020). wiki.dfrobot.com. Obtenido de dfrobot. Recuperado de: https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU_SEN0161_#target_5

- [8] DFrobot. (10 de Enero de 2020). cdmxelectronica. Obtenido de Medidor de PH. Recuperado de: <https://www.cdmxelectronica.com/producto/sensor-de-nivel-flotador-vertical-arduino/>

- [9] Naylamp Mechatronics (8 de enero de 2020). Tutorial uso de servomotores con arduino. Recuperado de: https://naylampmechatronics.com/blog/33_Tutorial-uso-de-servomotores-con-arduino-.h



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.