

“DISEÑO AUTOMATIZADO DE UN INVERNADERO PARA LA CRIANZA DE CARACOLES USANDO ENERGÍA EÓLICA PARA LA LOCALIDAD DE PAIJAN-TRUJILLO, PERÚ”

Msc. Ing. Raúl Sixto Hinojosa Sánchez¹, Msc. Ing. David LLulluy Núñez²

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal diseñar un invernadero automatizado para la crianza de caracoles usando energía no convencional de tipo eólica, acompañado del diseño de la teoría de control automático que controle las principales variables como son la temperatura, humedad, y luminosidad para una actividad de helicultura, que es una actividad relativamente nueva en nuestro medio, dada la alta demanda internacional en especial de los países de Europa, como veremos en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Palabras clave.- , Helix Aspersa, Helicultura Invernadero, Sensores, PID.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to design an automated greenhouse for the breeding of snails using wind-type non-conventional energy, accompanied by the design of automatic control theory that controls the main variables such as temperature, humidity, and brightness. An activity of heliculture, which is a relatively new activity in our environment, given the high international demand especially from the countries of Europe, as we will see in the development of this research work.

Key words.- Greenhouse, Helix Aspersa, Heliculture, Sensors, PID.

¹ Docente de la Universidad Ricardo Palma, Escuela de Ingeniería Electrónica.

² Docente de la Universidad de Ciencias y Humanidades, Escuela de Ingeniería Electrónica.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación presentado como tesis de grado de maestría en la Universidad Nacional del Callao, en la Facultad de Electricidad y Electrónica pretende demostrar la viabilidad tecnológica enfocada en la crianza de caracoles para exportación, dando lugar a un mejor aprovechamiento de las tierras sin cultivar y creando fuentes de trabajo para los habitantes de diferentes localidades del Perú, empleando fuentes de energía no convencional tal como la Eólica, el cuales después de ser dimensionada se implementaría, dando oportunidad a integrar a una población que vive en situación de pobreza, ya que este producto según los estudios realizados no conlleva a invertir un gran capital en forma inmediata.

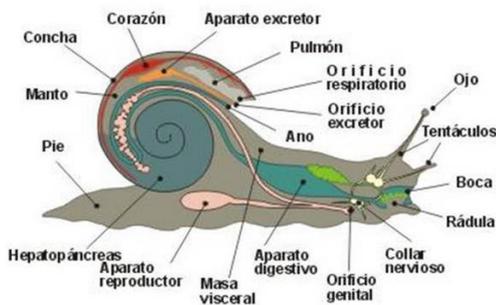
La energía que se emplearía sería de tipo eólico que serviría para poder alimentar todo un proceso automatizado de control de temperatura, control de humedad, y humedad así como diversos procesos en los moluscos tales como el conteo y peso de los individuos en proceso de crecimiento. Se han realizado unos estudios técnicos económicos para la instalación de un criadero de caracoles comestibles terrestres quienes demuestran que sobre la factibilidad de la crianza de caracoles concluye que es viable tecnológica y económicamente. El caracol comestible terrestre de la especie *Helix Aspersa* es una fuente de proteínas de origen animal con un bajo costo de producción y puede competir en calidad con carne de aves, porcinos y vacas. El consumo peruano de caracol comestible terrestre es mínimo o casi nulo con aproximadamente media tonelada anual; sin embargo, en el desarrollo del

estudio se aprecia que los flujos de comercio internacional de caracol comestible terrestre han crecido, la Comunidad Europea es el principal destino de las importaciones con un 86% del total mundial, España se configura como un comprador importante con un 47% del total de importaciones en los últimos seis años y Madrid se escoge como el destino de la producción debido a la importancia de su mercado. Teniendo en cuenta que es insignificante el mercado interno y la gran demanda de mercados mundiales, el objetivo principal de la cría de caracol comestible terrestre, en primera instancia, será la exportación. La venta de la producción se asegura a través de un convenio de compra-venta con las casas comercializadoras por ejemplo las madrileñas, España. (Sonoda 2006).

Breve descripción del Caracol *Helix Aspersa*

Dentro del reino animal al caracol Hélix *Aspersa* –caracol común, de jardín– se le clasifica inicialmente como un molusco. Los moluscos (palabra procedente del vocablo latino “moluscos” que significa “blando”) son animales que presentan una serie de características comunes entre ellos, como son la presencia de un cuerpo carente de esqueleto interno con una textura blanda, sin segmentar. “Como molusco podemos agruparlo dentro de la clase de los gasterópodos (palabra procedente de los términos griegos “gaster” que significa “vientre” y “podos” que significa “pié”).

Figura N. 1 Partes internas de un caracol



Fuente: www.sanandres.esc.edu.ar

Con respecto a su reproducción, es “hermafrodita insuficiente”, es decir que, aunque posee ambos sexos (producen tanto espermatozoides como óvulos), no pueden autofecundarse y deben aparearse entre dos adultos. Están equipados de un pene y del órgano receptor correspondiente.

Básicamente en condiciones ambientales normales, puede calcularse que cada caracol (la especie “Hélix aspersa”) genera aproximadamente por año 1 kilo de caracoles (100 caracoles), que el peso promedio de un caracol adulto llega hasta los 15 gramos, y que el tamaño del caparazón varían desde 1,5 mm hasta los 50 mm de diámetro.

Criaderos en recintos cerrados (Intensiva)

Se basa en la construcción de recintos con aislación térmica y sistemas climatizadores que mantienen los parámetros de humedad, temperatura, y luminosidad dentro de los requeridos por los helícidos para su reproducción, cría y engorde. De este modo se optimiza la fase de reproducción, se incrementa la velocidad de crecimiento obteniéndose tamaños comerciales en poco tiempo, se elimina casi por

completo el peligro de parásitos y depredadores y se extiende la producción a todo el año.

Fisiología del caracol

Los parámetros fisicoquímicos hacen referencia a aspectos como la temperatura, humedad, foto periodo y ventilación necesarios para el adecuado desarrollo de los caracoles.

Temperatura

La temperatura es un factor muy decisivo, de ésta depende en gran medida el desarrollo de los caracoles, el valor ideal para su desarrollo es t a r á dentro de un rango de 18 °C a 24°C.

Humedad

La humedad es tal vez el factor más importante en la biología del caracol, el rango ideal está entre el 80 y 90%, los valores superiores al 90% ocasionan la muerte prolongada, los valores menores al 80% reducen la actividad del caracol con tendencia a la operculación.

Foto periodo

El caracol es noctámbulo y lucifobo, prefiere ocultarse de la luz, la excesiva exposición a la irradiación solar causa deshidratación y es dañina para el caracol, por lo tanto, es recomendable que se disponga de siete horas de oscuridad y de siete horas de claridad.

Ventilación

La ubicación del cultivo no debe permitir una exposición continua al viento, porque demasiada ventilación resulta perjudicial, la entrada de viento reseca el ambiente y causa una sequedad en el caracol quitándole gradualmente el mucus y humedad característica de su cuerpo, es conveniente, por lo tanto, que se disponga de una ventilación mesurada, no existe una medida como tal pero a simple observación y captación sensorial se nota cuando el viento es

muy brusco.

Propiedades alimenticias del caracol

“La carne de los hélices es muy pobre en grasas (de 0,5 a 0,8% contra 11,5% en la carne de ternera y 12% en la de pollo), es relativamente pobre en calorías (de 60 a 80 por cada 100 gramos). Sin embargo es rica en proteínas de un alto valor biológico (de 12 a 16%).” (Marasco 1996)

¿Por qué criar caracoles en invernaderos automatizados?

Francia es uno de los principales consumidores a nivel mundial de estos moluscos, tiene una demanda anual de 65.000 toneladas, de las cuales debe importar hasta un 20%. A este importante requerimiento deben sumarse los de Italia, España, Alemania, Suiza y otros países de la Comunidad Europea, así como Japón y estados Unidos, cuyas producciones tampoco alcanzan para satisfacer las necesidades, en continuo aumento.

Es entonces una gran oportunidad para países del hemisferio sur, por la llamada producción contra estación. Es decir, cuando en las naciones del norte es invierno y los caracoles están inactivos, en las del sur están en pleno período de reproducción y engorde, lo cual es beneficioso en todo aspecto, ya que pueden ofrecerse volúmenes inexistentes en aquellas latitudes, aumentando el precio por kilogramo.

Modelamiento matemático del invernadero.

Modelamiento del sensor de temperatura

Según las características del sensor de temperatura utilizado en este trabajo de tesis DHT22, el rango de temperatura manejado corresponde de: -40 °C hasta

80 °C. y con un periodo de muestreo de 2 segundos.

Mientras que la señal de salida es digital con una precisión de 08 bits, lo cual origina un total de 256 valores u opciones de salida. Además, considerando que el sensor responde rápidamente, se asume que la constante de tiempo es próxima a cero.

Modelamiento del sensor de humedad

Según las características del sensor de humedad utilizado en este trabajo de investigación es el DHT22, cuyo rango de Humedad Relativa manejado corresponde de: 0 % hasta 100 % con un periodo de muestreo de 2 segundos. Mientras que la señal de salida es digital con una precisión de 08 bits, lo cual origina un total de 256 valores u opciones de salida.

Modelamiento del actuador

El actuador lo constituye un aspersor de la marca TEYME, Modelo AirWet 2007/2008, por lo cual, se procede a aproximar su función de transferencia, en base a la relación del consumo regular de agua que va de 10 a 44 lt/h, y la relación de la presión necesaria que va de 2 a 6 atm.

Modelamiento de la planta

Teniendo presente que la temperatura (T) ideal para el invernadero se localiza entre los rangos de 17°C a 25°C, consideramos como el promedio de ambas el valor de T resultante para el Set Point.

Es decir: $T = (16 + 20) / 2 = 18 \text{ °C}$.

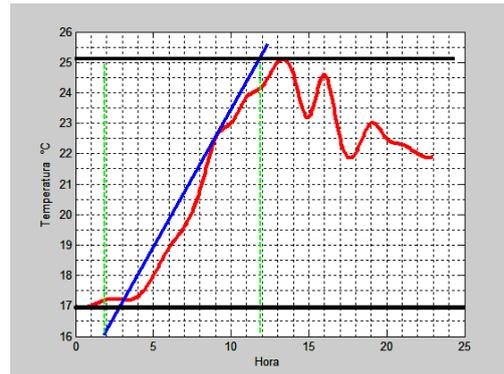
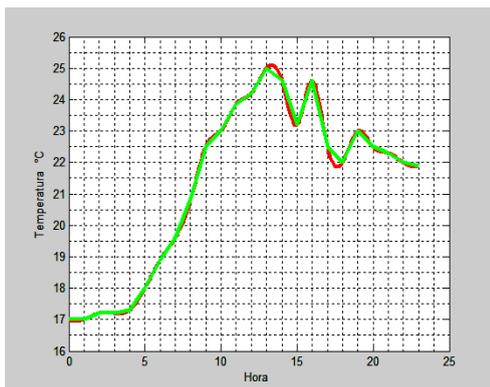
De igual manera, en el caso de la humedad relativa (HR) ideal para el invernadero se localiza entre los rangos de 80% y 90%, por lo tanto consideramos como el promedio de ambas el valor de HR resultante para el Set Point. Es decir: $HR = (80 + 90) / 2 = 85 \%$

Asimismo, considerando que el rango de Temperatura para la ciudad de Trujillo, donde se localizará el invernadero, oscila en el rango de 17°C a 25°C, para el mes de Octubre, en promedio, según datos proporcionados por el Senhami. Por lo cual, deducimos que la temperatura exterior al invernadero se encontrará en promedio por encima del valor de temperatura ideal y correspondiente a 18°C. Y, con respecto a la humedad relativa, lo hace en el rango de 80% a 90%, lo cual en promedio se localizaría próxima a la HR deseada, salvo en situaciones donde podrá subir o descender ligeramente en función a la hora del día.

Para la simulación emplearemos el software de simulación Matlab, el cual presenta muchas ventajas para el cálculo de las variables que se van a explicar.

Por lo cual, se procede a cargarlo al Matlab y graficarlo. Como los datos conseguidos fueron obtenidos cada hora, se procedió a realizar una interpolación cúbica utilizando SPLINE.

Interpolación cubica de la temperatura vs. hora.

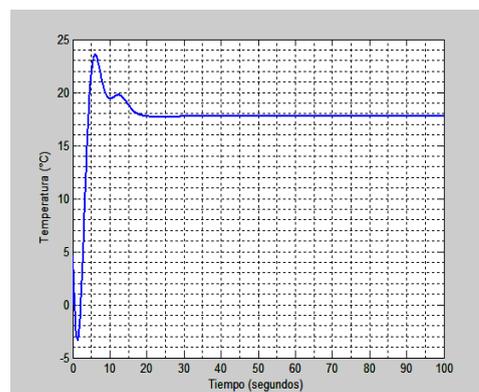


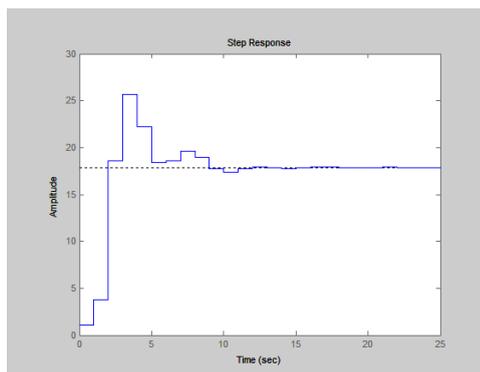
Fuente: Elaboración propia, tomado del Matlab

Diseño de un algoritmo de control PID digital óptimo

En el proceso siguiente, se procede a diseñar un controlador PID utilizando el segundo método de sintonización por Ziegler Nichols (método de ganancia límite). Este método consiste en aumentar progresivamente la ganancia hasta lograr una inestabilidad. Entonces, ahí se para el incremento y se toma como ganancia crítica aquella que está a punto de originar la inestabilidad. Asimismo, se toma el periodo de la onda resultante cuando los polos se encuentran sobre el eje imaginario. Con estos dos parámetros, ganancia crítica K_c (K_{cr}) y periodo crítico T_c (P_{cr}), se procede a hallar K_p , T_i y T_d de la tabla mostrada a continuación.

Respuesta al escalón con amplitud igual a 18





Fuente: Elaboración propia, tomado del Matlab, Versión digital de todo el proceso

CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación nos ha hecho comprender que los estudios de post grado, pueden atender situaciones de mejoras de los pobladores, al aplicar técnicas avanzadas de control automático para hacer viable los proyectos en beneficio de la población.

El problema de la falta de energía en poblaciones rurales de nuestra geografía, es superado con el uso de energías no convencionales, su instalación y puesta en funcionamiento no amerita su diseño por cuanto estos sistemas ya están diseñados para trabajar dimensionando su consumo y aplicación directa.

Del mismo modo analizando la particularidad de los sistemas de cría, se llega a la conclusión que el sistema de crianza CERRADO/CONTROLADO es el más conveniente teniendo en cuenta la rapidez en el crecimiento y una inversión mínima para ser recuperada dentro en un corto plazo, dado que se reducirá drásticamente el índice de mortalidad de los caracoles al tener un ambiente controlado.

Es importante destacar los problemas principales de la actividad, tales como la falta de asociación de los productores, la carencia de experiencia

en la cría de caracoles, ya que es una actividad nueva en el país, el bajo volumen de producción, lo que no permite un compromiso estable en el tiempo con los países compradores.

Por otro lado, la actividad cuenta con algunas ventajas, como la producción a contra estación con los potenciales países compradores, las características naturales favorables, la habilitación del país para poder exportar al Viejo Continente y la creciente demanda de los países consumidores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **GALLOTTI LUIS**. "Proyecto de Cría de Caracoles". Argentina. 2001.
2. **TAFUR PORTILLA, RAÚL**: "La Tesis Universitaria". Editorial Mantaro 1° Edición. Lima Perú. 1995.
3. **TORRES BARDALES, C**: "Metodología de la investigación Científica". 1° Edición. Lima Perú. 1992.
4. **SONODA, GUILLERMO**. "Estudio técnico económico para la instalación de un criadero de caracoles comestibles terrestre", Lima. 2006.
5. **SUBER, RONALD**. "Factibilidad técnico económica de una producción de caracoles de tierra (Helix aspersa) para exportación". Valdivia, España. 2008.
6. **TISNES, MARIA TERESA NARANJO**. " Propuesta para la creación de una empresa basada en la producción de caracol de tierra de la especie Helix Aspersa". Risaralda, Argentina. 2007.
7. **MARTINEZ, LAURA**. "Cómo hacer cría de caracoles". Buenos Aires, Argentina. 2003.

8. **SARQUELLA, JOSEP.** " Manual de Crianza de Caracoles". España. 2005.
9. **MARASCO, FRANCESCO.** " Guía completa de la cría de caracoles". España. 1996.
10. **OSPINA, LUZ.** " Factibilidad para el desarrollo de un proyecto piloto para la cría de caracol terrestre comestible". Bogotá, Colombia. 2007.
11. **GARCIA, LUCIANO.** "Estudios Agroalimentarios, Unidad de Pre inversión". Argentina. 2003.
12. **MINISTERIO DE AGRICULTURA.** "Exportación de especímenes". Perú. 2005
13. **MINISTERIO DE SALUD.** "Produce", Decreto supremo 007-2004.
14. **CONSEJO DE INVERSIONES.** " Perfil del mercado de caracoles, Consejo Federal de Inversiones". Argentina. 2003.
15. **MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION,** Sector Helicícola, España. 2014.
16. **EMBAJADA DE COLOMBIA.** " Ley 1011, Reglamentación de la actividad helicícola en Colombia". Colombia. 2006.
17. **KATSUHIKO, OGATA.** "Sistemas de control en tiempo discreto". Prentice Hall. 1996.
18. **RICHARD DORF, ROBERT BISHOP.** "Sistemas de Control moderno". Prentice Hall. 2008.
19. **VARGAS VILLANUEVA MANUEL.** "Tutorial de análisis y control de sistemas usando matlab".
20. **CEDEHA** (Centro de Helicultores Argentinos).2005.
21. **COOPHEMS. 2000.** Helicultura. Sao Paulo, Brasil.
22. **Borja, Diego. 2002.** Estudio de Prefactibilidad de la Cría de Escargot. Ecuador.
23. **Laborda, Guadalupe. 2002.** Análisis de la actividad de cría de caracoles Comestibles.
24. **Consejo Federal de Inversiones de Argentina. 2003.** Perfil de mercado del caracol de tierra con destino al consumo humano.
25. Marticorena, Raúl. 2003. Manual de manejo y cultivo de caracoles de tierra. p. 8
26. **Marasco, F. Les escargots. Paris,** Editons de Vecchi, 2003. 103 p.
27. <http://www.cedeha.com/caracol.htm>
28. http://www.cfired.org.ar/esp2/eventos/Heli_video_sep/PERFIL%20DE%20M
29. <http://www.prochile.cl/servicios/estadisticas/exportacion.php>
30. <http://unstats.un.org/unsd/comtrade/>
31. <http://www.coophems.com>