



Cámara climática (biotopo) para crecimiento de diversas especies con efecto invernadero

Dámaris Carmen García García, Cintia Elí Hernández García, Iván Alberto Vértiz Maldonado, Julio César Ruíz Martínez, Milton Uri Bautista Garrido, Olga Mora Rodarte

RESUMEN

La necesidad de analizar nuevas técnicas en la búsqueda de alternativas sustentables para la producción en los alimentos se ha ido incrementando en los últimos tiempos de manera progresiva, debido a las cada vez más sobre explotadas condiciones a que se someten suelos y agua en las diferentes fases de crecimiento de los productos perecederos.

El Proyecto tiene como finalidad generar un sistema sustentable. Como primera etapa, con la creación de un biotopo climático de bajo coste para crecimiento controlado de diversas especies que permita un entorno adecuado para su supervivencia y de coexistencia.

Este trabajo aborda el diseño, dimensionamiento, la instrumentación y los diferentes elementos que componen el sistema de control del biotopo. Los resultados y conclusiones permiten validar el diseño planteado quedando, el biotopo desarrollado, como una herramienta útil para obtener indicadores óptimos de reproducción ante diferentes condiciones climáticas.

Al tener en cuenta variables críticas como la humedad y la temperatura. El control por aplicar sobre estas variables debe tener en cuenta las condiciones ambientales y las diferentes cargas térmicas que se pueden generar, agregar o extraer del interior del espacio que se desea controlar. Se debe diseñar un control adecuado de temperatura, humedad relativa y pH, que permita usar estos factores para el desarrollo de plantas y especies animales a su favor, al lograr evitar el estrés y favorecer así su desarrollo y reproducción. Estos controles deben estar implementados dentro del mismo biotopo para lograr una temperatura y humedad uniforme en todo el recinto, o cambios despreciables de estas variables dentro del mismo, acercándose o manteniéndose en un valor requerido.

Palabras clave: sustentable, óptimas, especies, biotopo, simulación, identificación de procesos.

ABSTRACT

The need to analyze new techniques in the search for sustainable alternatives for food production has been progressively increasing in recent times, due to the increasingly over-exploited conditions to which soils and water are subjected in the different phases. growth of perishable products.

The Project aims to generate a sustainable system. As a first stage, with the creation of a low-cost climatic biotope for controlled growth of various species that allows a suitable environment for their survival and coexistence.

This work deals with the design, sizing, instrumentation and the different elements that make up the control system. The results and conclusions allow validating the proposed design, leaving the developed biotope as a useful tool to obtain optimal reproduction indicators under different climatic conditions.

By considering critical variables such as humidity and temperature. The control to be applied to these variables must consider the environmental conditions and the different thermal loads that can be generated, added or extracted from the interior of the space to be controlled. An adequate control of temperature, relative humidity and pH must be designed, which allows these factors to be used for the development of plants and animal species in their favor, by avoiding stress and thus favoring their development and reproduction. These controls must be implemented within the same biotope to achieve a uniform temperature and humidity throughout the enclosure, or negligible changes in these variables within it, approaching or maintaining a require value.

Keywords: sustainable, optimal, species, biotope, simulation, process identification.

INTRODUCCIÓN

Las cámaras de ambiente controlado son recintos en los que se crean de forma artificial las condiciones necesarias para que se lleven a cabo algunas funciones de los seres vivos, como la micropropagación y el crecimiento de plantas, entre otras (Álvarez et al., 2007). Las cámaras de ambiente controlado presentan un amplio rango de aplicaciones, como simulación ambiental, envejecimiento acelerado, control de calidad, investigación de materiales y sistemas, estudio de estabilidad de productos, acondicionamiento húmedo, y análisis de comportamiento de especies animales y vegetales, entre otras. Las cámaras de ambiente controlado se diseñan en función de cada aplicación, teniendo en cuenta variables fundamentales tales

* División de Ingeniería en Nanotecnología, División de Ingeniería Industrial, División de Ingeniería en Mecatrónica, División de Administración y Gestión de Pymes, Universidad Politécnica del Valle de México.





como la capacidad de enfriamiento; la capacidad de calentamiento; la capacidad de humidificación. “Estos ambientes controlados resultan de gran utilidad, ya que facilitan la obtención de un producto en entornos diferentes a los habituales y durante diferentes estaciones climatológicas” (Álvarez et al., 2007), ya que permiten independizar el clima interno del exterior. Para la creación de un biotopo de ambiente controlado se debe contar con una fuente de frío, una de calor y un panel de iluminación para poder obtener las condiciones de temperatura, humedad e iluminación que simulan las del ambiente natural. El panel de iluminación está compuesto por leds cuyo espectro de emisión es adecuado para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. El biotopo se encuentra separado del exterior por una estructura transparente normalmente elaborada de vidrio o policarbonato que actúa como aislamiento térmico. Este aislamiento térmico no evita la necesidad de extraer a través del acondicionador de aire la carga de radiación lumínica introducida en la cámara para permitir el crecimiento de las plantas y otras especies de manera óptima (Cogliatti, 2008). El desarrollo alcanzado en esta área ha permitido obtener un biotipo de clima controlado que permite sólo el paso de la radiación fotosintéticamente activa, la cual logra disminuir la carga térmica y por lo tanto el consumo de energía por concepto de climatización (Álvarez et al., 2007).

Este proyecto surgió de la necesidad de buscar y analizar las condiciones que permitan el desarrollo y convivencia óptima para lograr un sistema sustentable de tres especies distintas (lombriz (Eisenia foetida), lechuga baby (*Lactuca sativa*) y acocil (*Cambarellus*)).

Para ello se tuvo que realizar una cámara climática o biotopo que permite manejar los indicadores (temperatura, humedad, iluminación y pH) a partir de la nivelación de los estándares necesarios para la convivencia de tres especies distintas de manera autónoma y así obtener datos óptimos durante el desarrollo de éstas.

De ese modo y, partiendo de la teoría del desarrollo óptimo de cada especie en condiciones ideales, el desarrollo de estas dentro de la cámara climática o biotopo se expresa como una estimación de aumento de la población que permite que cada una dependa de la otra o, dicho de otro modo, como un sistema sustentable.

Para lograr estas estimaciones, se recurre a utilizar cada especie supervisada con las valoraciones cuantitativas de los indicadores siguientes: pH entre 6.0 y 7.0, temperatura de entre 20° y 28° grados Celsius, y la iluminación baja, humedad para la especie terrestre del 75 al 80%, [7,8], extrayendo muestras de producto en distintos días previos al desarrollo teórico y clasificando el producto en función de una valoración de la calidad umbral (*CLIMAVER® NETO*, n.d.). Estos ensayos requieren cámaras climáticas dedicadas y múltiples extracciones de muestras para analizar, además de la repetición de los experimentos con diferentes variaciones de conservación.

Sin embargo, la disponibilidad limitada de cámaras y la dificultad de alterar las condiciones de conservación para realizar los experimentos han motivado el desarrollo de este trabajo, consistente en el desarrollo de una cámara climática portátil de

coste reducido, donde es posible alterar las condiciones de temperatura y humedad dadas mediante un sistema de control.

Como resultado de este análisis, se determinó como primera etapa la creación de un prototipo de cámara climática para crecimiento controlado de diversas especies con efecto invernadero que permita un entorno adecuado para lograr la supervivencia sustentable (biotopo).

El biotopo está fabricado a partir de un conducto rectangular realizado con láminas de acrílico color verde que se encarga de aislar los productos y mantener así su temperatura independiente de perturbaciones externas no provocadas. Las condiciones térmicas dentro del biotopo se obtienen mediante la impulsión de aire, cuya temperatura y caudal puede ser modificado mediante acciones de control. Para mantener unas condiciones térmicas homogéneas en el interior, se ubicaron medios porosos para generar un flujo pistón uniforme.

El sistema se ha diseñado para que sea capaz de reproducir un ciclo temperatura-tiempo. De este modo, es posible programar una determinada evolución térmica durante un número de días concreto para poder extraer las muestras de producto y proceder a su análisis cualitativo. Estos ensayos permiten establecer correlaciones entre las variaciones observadas dentro de la cámara climática o biotopo.

El trabajo describe el dimensionamiento y diseño del biotopo la identificación del modelo representado por la función de transferencia, las acciones de control y los sensores, así como el ajuste de los distintos parámetros del controlador ensayados para obtener unas determinadas especificaciones dinámicas y permanentes que validen la utilidad de éste.

El biotopo funcionará a través de un temporizador que estará adaptado al humidificador para que así este pueda hacer su actividad de manera controlada a través de un tubo pvc que va a rociar el agua, Termoeléctrico Peltier de enfriamiento, refrigeración que ayudará a estabilizar la temperatura cuando esta no se encuentre en las condiciones necesarias. Colocaremos 3 capas las cuales consisten de una especie endémica denominada por su nombre científico como *Cambarellus* (acocil), *Lactuca sativa* (lechuga baby) y *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana).

ANTECEDENTES

Fueron los científicos quienes llamaron la atención internacional sobre las amenazas planteadas por el efecto invernadero. La historia del descubrimiento científico del cambio climático comenzó a principios del siglo XIX cuando se sospechó por primera vez que hubo cambios naturales en el paleoclima y se identificó por primera vez el efecto invernadero natural.

En los decenios de 1950-60, 1960-70 y 1970-80 se recogieron datos que demostraron que las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera estaban aumentando muy rápidamente.

En 1988 se creó el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En 1990 este grupo presentó un primer informe de evaluación en el que se



reflejaban las investigaciones de 400 científicos. En él se afirmaba que el calentamiento atmosférico de la Tierra era real y se pedía a la comunidad internacional que tomara cartas en el asunto para evitarlo.

Las conclusiones del IPCC alentaron a los gobiernos a aprobar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En comparación con lo que suele ocurrir con los acuerdos internacionales, la negociación en este caso fue rápida. La Convención estaba lista para firmar en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que se celebró en 1992 en Río de Janeiro, conocida como Cumbre para la Tierra.

Las observaciones del IPCC, por el hecho de reflejar un consenso científico mundial y ser de carácter apolítico, representan un contrapeso útil en el debate, con frecuencia muy politizado, sobre qué se debe hacer con respecto al cambio climático. Los informes del IPCC se utilizan con frecuencia como base para las decisiones adoptadas en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y desempeñaron un papel importante en las negociaciones que dieron lugar al Protocolo de Kyoto. (*Inicio Internacional Antecedentes Históricos*, n.d.)

Equipos de temperatura controlada actuales.

Los equipos de temperatura controlada son dispositivos donde se recrea un clima combinando los valores de temperatura y humedad relativa; en una cámara de temperatura controlada estos parámetros se distribuyen de forma homogénea en el interior. La humedad relativa es obtenida por medio de un generador de vapor, algunas cámaras, además, cuentan con un sistema de refrigeración que permite el control de temperaturas por debajo de la temperatura ambiente. Para garantizar que no existan zonas frías o calientes en el interior de la cámara y que se tenga una temperatura y humedad homogéneas, el flujo de aire debe ser forzado por un ventilador.

La mayoría de las cámaras están fabricadas de aluminio y acero inoxidable para evitar la corrosión, en la puerta deben tener un sello hermético para conservar las condiciones en su interior mientras que en el exterior cuentan con un panel de control de programación con lectura digital que monitorea y controla todo el tiempo las condiciones de temperatura y humedad. En el mercado existen varios diseños de cámaras como los que se muestran en la Figura 1.1, que se adaptan a la necesidad específica del cliente en cuanto a tamaño, rango de temperatura necesario, tipo de control, etc. Además, cuentan con diferentes tecnologías, como iluminación LED, alarmas, etc.

Las cámaras de temperatura y humedad controlada pueden ser utilizadas en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo estudios de alimentos, pruebas de envejecimiento acelerado, estudios de genética, investigaciones virales, estudios del medio ambiente, bioquímica, estudios de crecimiento, y para usos generales de laboratorio donde se requiera un ambiente de temperatura y humedad controlada.

En la actualidad existen cámaras de temperatura que incorporan la tecnología Peltier que está especialmente adaptada, ya que realiza en un solo sistema sin transiciones los procesos de calentamiento y

refrigeración prácticamente sin vibraciones y de forma muy silenciosa. De este modo, no solo colaboran con la protección del medioambiente, sino que además suponen hasta un ahorro de un 90 % en los gastos de operación con respecto a los sistemas por compresor (Hernández, 2019).

Desventajas:

- Si se presenta una falla en alguna de estas cámaras de temperatura, el mantenimiento puede provocar gastos elevados para el laboratorio.
- El precio de una cámara de temperatura es muy elevado.
- En términos de tamaño, es difícil encontrar un equipo que se adapte a las necesidades de espacio del laboratorio.
- No se puede realizar ninguna modificación, ya que perdería la garantía

DESARROLLO DEL TEMA

Para alcanzar los objetivos del proyecto, se realizaron las siguientes tareas:

Diseñar una cámara de crecimiento con acrílico, la cual deberá contener las separaciones para cada una de las especies y sus respectivos sensores con los elementos necesarios para la medición y regulación de humedad (humidificador), temperatura, ph y control de riego.

La cámara funcionará través de un temporizador que estará adaptado al humidificador para que así este pueda hacer su actividad de manera controlada a través de un tubo pvc que va a rociar el agua, Termoelectrico Peltier de enfriamiento, refrigeración que ayudará a estabilizar la temperatura cuando esta no se encuentre en las condiciones necesarias. Colocaremos 3 capas una para cada especie, las lombrices se encontrarán en la parte inferior seguidas de la especie endémica y la lechuga se encontrara en la parte superior la pecera de los acociles para así generar un sistema de hidroponía y a la vez sustentable, todo esto dentro de la cámara climática de crecimiento con efecto invernadero.

Cabe mencionar que esta cámara tendrá tres sensores, un sensor para determinar el porcentaje de humedad, otro el índice de ph, y por último el rango de temperatura ambiente

Estos funcionaran de la siguiente manera:

Básicamente va a consistir de un sensor que emite la información recabada, un segundo sensor que es el que va a recibir la información y un servidor. El sensor que va a emitir la información requerida seguida de un transmisor llámese GMS - GPRS que es el que le hará llegar la información al servidor y así realizar una programación en C para programar los comandos de los transmisores.

Hecha a base de estas características las cuales fueron comparadas en una búsqueda tecnología con cámaras ya patentadas.

- Tubo pvc
- Puertas abatibles horizontales
- Celula peltier de una manera controlada
- Acrílico de 6mm y 3mm
- Perfil de Aluminio estructural 30x30 con una ranura de 8mm, aleación 6105 (barra de 3 m)



- Perillas
- Sensores para medición de humedad, ph y temperatura
- Abrazaderas
- Bisagras de latón 4 remaches
- Manguera tipo oruga flexible
- Sellador acrílico
- Pasto sintético
- Ventiladores Termoeléctrico Peltier de enfriamiento refrigeración
- Humidificador

RESULTADOS Y ANÁLISIS

El biotipo contendrá en la parte de abajo la lombriz y posteriormente los acociles seguida de la lechuga baby.

Esta lechuga se nutrirá de los desechos orgánicos de los acociles y la lombriz. La lombriz se alimenta entre otras cosas de la lechuga y finalmente los acociles se alimentan de la lombriz.

Dentro de la cámara el principal reto es controlar la temperatura óptima para las tres especies a través del Termoeléctrico Peltier de enfriamiento refrigeración y con el humidificador tener un previo control del suministro de agua.

En el estanque de agua dulce se colocará una población total de 13 acociles este estanque tendrá una inclinación que permita el flujo del agua la cual al final retorna previo sistema de filtrado con una bomba la cual limpia los desechos orgánicos de la especie, siguiendo el sistema del prototipo en la parte superior irán las lechugas baby.

- Control automatizado de la temperatura y la humedad
- Puertas de fácil manejo para las operaciones que se van a realizar
- Mejor desarrollo y calidad en el crecimiento de 3 especies (acuática, terrestre y vegetal)
- Control de plagas
- Tener un ambiente controlado
- Evitar pérdida de agua
- Control de ph
- Sistema de riego
- Suministro de agua en cantidades necesarias
- Alta resistencia corrosiva
- Templado termico
- Termoeléctrico Peltier de enfriamiento refrigeración
- Efecto invernadero
- Ambiente cerrado
- Cultivo hidropónico



Figura 1. Cámara climática en proceso de rediseño

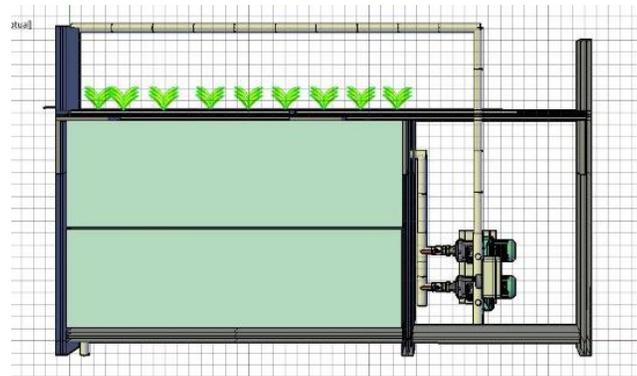


Figura 2. Diseño planeado que irá dentro de la cámara

CONCLUSIÓN

Existen muchas razones para pensar que en un futuro viviremos de una manera más amigable con el medio ambiente. Una de ellas son los diversos proyectos que constituyen verdaderos ejemplos de desarrollo sustentable, ideas que tratan de solucionar un problema humano de manera ingeniosa a la vez que disminuyen el daño ambiental que se causa.

Ante las múltiples crisis que vivimos se pueden proponer como “solución” aplicar nuevas tecnologías, la cámara de crecimiento puede ser una de ellas, al ser un proyecto sustentable se centra en la integridad del medio ambiente que al mismo tiempo su huella de carbono es muy baja.

La conclusión principal que se extrae de este trabajo es que es totalmente factible el diseño de una cámara climática de coste reducido, con un control que permita seguir un determinado ciclo temporal de temperatura. Las limitaciones que se deducen de las especificaciones del control son totalmente compatibles con las características de las condiciones térmicas necesarias para su reproducción.

La construcción de la cámara climática no ha sido una labor simple, puesto que se han escogido unos sensores y actuadores específicos para este proyecto y además se han diseñado en 3D todas las piezas y accesorios necesarios para el correcto su funcionamiento. Cabe destacar, que la complejidad de diseñar una pieza en 3D aumenta cuando no se tienen unas medidas exactas a las que recurrir, ya que no se tiene una visión precisa de cómo va a



ser la pieza hasta que no se imprima. Por lo que, varias piezas se tuvieron que rediseñar porque no cumplían las especificaciones. Los valores de temperaturas observados en los diferentes puntos de medida concluyen que el diseño termodinámico de la cámara es acertado, las dimensiones permiten ubicar tres cajas apiladas de productos hortofrutícolas (standard cardboxes) (...), 2022) entre las dos superficies permeables, lo que dota al ensayo de un número suficiente de ejemplares para realizar los análisis fisicoquímicos. El control del sistema no requirió de demasiados ensayos, debido a que, con ayuda de los cálculos teóricos y simulaciones previas, teníamos un conocimiento aproximado de cómo controlar el sistema.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Artés-Hernández, F. Factors affecting postharvest quality. 4th International on-line Course on Postharvest and Fresh-cut Technologies. 2019
- Edjabou, M., Petersen, C.; Scheutz, C; Astrup, T.; Food waste from Danish households: Generation and composition. Waste Management Vol 52, 2016
- Cantwel, M.; Kasmire, R.E. Postharvest handling systems: Flower, leafy and stem vegetables. In Postharvest Technology of Horticultural Crops; Kader, A.A., Ed.; UC Davis: Davis, CA, USA, Vol 3311, pp. 423–434. 2002.
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., Lam, H. Y., & Tang, V. An intelligent model for assuring food quality in managing a multi-temperature food distribution centre. Food Control. Vol 90, pp. 81- 97. 2018.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. Food Control, 39(1), 172-184. 2014
- Díaz-Ruiz, R., Costa-Font, M., López-i-Gelats, F., & Gil, J. M. Food waste prevention along the food supply chain: A multi-actor approach to identify effective solutions. Resources, Conservation and Recycling. Vol 149, pp. 249-260. 2019
- Cantwell, M.; Suslow, T. Lettuce, Chrispead: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. 2002. Available online: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/LettuceCrispead> Accessed: 2020-1-10
- ASTM. Physical Requirements Guidelines for Sensory Evaluation Laboratories; ASTM International: Philadelphia, PA, USA, 1986
- Torres-Sánchez, R.; Martínez-Zafra, M.T.; Castillejo, N.; Guillamón-Frutos, A.; Artés-Hernández, F. Real-Time Monitoring System for Shelf Life Estimation of Fruit and Vegetables. Sensors 2020, vol 20, 1860
- Martínez-Zafra, M.T. Monitorización de las variables ambientales durante el transporte de productos perecederos para estimar en tiempo real las pérdidas de Calidad. Tesis Doctoral. 2020. Disponibles en: <https://repositorio.upct.es>
- CLIMAVER® NETO. (n.d.). Isover. Retrieved June 17, 2023, from <https://www.isover.es/productos/climaver-neto>
- Astrom, Karl J. Control PID avanzado. 1ªed. Pearson, 2009. ISBN 9788483225110
- Chuk, Daniel. Los sistemas de primer orden y los Controladores PID. 2012 [en línea]. Disponible en: <http://dea.unsj.edu.ar/control2/ControladoresPID.pdf>
- Dorf, Richard C. Sistemas modernos de control. 1ªed. Addison-Wesley Iberoamericana, 1989. ISBN 0201644177
- Ogata, Katshuiko. Ingeniería de Control Moderna. 5ªed. Pearson, 2010. ISBN 9788483229552
- CRBasic Editor: Stand-Alone Installation for CRBasic Editor [en línea]. Disponible en: <https://www.campbellsci.es/crbasiceditor>
- Control de Procesos [en línea]. Disponible en: http://lcr.uns.edu.ar/Control_Procesos/Teor%C3%A1a/Control%20de%20Procesos_cap5.pdf
- Dataloggers y Sistemas Adquisición de Datos [en línea]. Disponible en: <https://www.campbellsci.es/dataloggers>
- LoggerNet: Software de soporte para datalogger [en línea]. Disponible en: <https://www.campbellsci.es/loggernet>
- Pautas para el transporte de alimentos perecederos [en línea]. Disponible en: <https://www.deccoiberica.es/pautas-para-el-transporte-de-alimentos-perecederos/>
- Inicio Internacional Antecedentes Históricos. (n.d.). CCPY. Retrieved June 17, 2023, from <http://www.ccpy.gob.mx/internacional/antecedentes-historicos.php>