

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

BIOTIPO DE CÁMARA CLIMÁTICA PARA CRECIMIENTO DE DIVERSAS ESPECIES CON EFECTO INVERNADERO

**BIOTYPE OF CLIMATIC CHAMBER FOR THE
GROWTH OF VARIOUS SPECIES WITH A
GREENHOUSE EFFECT**

M.en C.E. Dámaris Carmen García García
Universidad Politécnica del Valle de México

Dr. En C. Iván Alberto Vértiz Maldonado
Universidad Politécnica del Valle de México

M. en A. Milton Uri Bautista Garrido
Universidad Politécnica del Valle de México

Dra. En P. Olga Mora Rodarte
Universidad Politécnica del Valle de México

Dr. En C.E. Julio César Ruiz Martínez
Universidad Politécnica del Valle de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14310

Biotipo de Cámara Climática para Crecimiento de Diversas Especies con Efecto Invernadero

M.en C.E. Dámaris Carmen García García¹

damaris.garcia@upvm.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0004-6255-0670>

División de Ingeniería en Nanotecnología
Universidad Politécnica del Valle de México
México

Dr. En C. Iván Alberto Vértiz Maldonado

Ivan.vertiz@upvm.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0003-3881-1255>

División de Ingeniería Industrial
Universidad Politécnica del Valle de México
México

M. en A. Milton Uri Bautista Garrido

Uri.bautista@upvm.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0004-3850-5722>

División de Administración y Gestión Empresarial
Universidad Politécnica del Valle de México
México

Dra. En P. Olga Mora Rodarte

Olga.mora@upvm.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0000-2825-0931>

División de Administración y Gestión Empresarial
Universidad Politécnica del Valle de México
México

Dr. En C.E. Julio César Ruiz Martínez

<https://orcid.org/0009-0000-8483-1052>

Julio.ruiz@upvm.edu.mx

División de Ingeniería en Mecatrónica
Universidad Politécnica del Valle de México
México

¹ Autor principal

Correspondencia: damaris.garcia@upvm.edu.mx

RESUMEN

La necesidad de analizar nuevas técnicas en la búsqueda de alternativas sustentables para la pérdida de calidad 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. Para la obtención de indicadores de calidad óptima de productos cuando están sometidos a variaciones térmicas, así como el alto número de ensayos que es necesario realizar para obtener indicadores fiables, este trabajo propone el diseño de una cámara de bajo coste fácilmente reproducible y escalable donde sea factible someter al producto perecedero a alteraciones térmicas controladas durante su ciclo de vida, y, de ese modo, evaluar distintos parámetros de calidad y relacionarlos con las condiciones de reproducción óptima. Este trabajo aborda el diseño, dimensionamiento, la instrumentación y los diferentes elementos que componen el sistema de control, además de la identificación y el ajuste del regulador. Los resultados y conclusiones permiten validar el diseño planteado quedando, la cámara desarrollada, como una herramienta útil para obtener indicadores óptimos de calidad ante diferentes condiciones climáticas de diversas especies que permita un entorno adecuado para su supervivencia en un entorno de coexistencia. 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. Estos controles deben estar implementados dentro de la misma cámara 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 de interés para un experimento determinado. **Objetivo general:** Implementar y desarrollar un biotopo sustentable mediante el uso de una cámara ambiental, con el propósito de criar y cultivar *Eisenia Foetida*, *Acociles* y lechuga baby en un sistema hidropónico y sustentable. **Objetivos específicos:** Diseñar y construir un biotopo para albergar y mantener las condiciones óptimas de crianza de *Eisenia Foetida*, *Acociles* y el cultivo de lechuga baby en un sistema hidropónico; Establecer las condiciones ambientales y los parámetros de manejo necesarios para el crecimiento saludable y reproducción de éstas tres especies diferentes; Realizar estudios periódicos de monitoreo y control de parámetros ambientales, calidad del agua y desarrollo de las especies involucradas, con el fin de realizar ajustes y mejoras en el sistema de forma continua; Promover la concientización y educación sobre los beneficios ambientales y nutricionales de los productos generados en el biotopo sustentable, fomentando su consumo y su impacto positivo en la alimentación y el medio ambiente; Contribuir al desarrollo de prácticas y tecnologías sostenibles en la producción de alimentos, promoviendo la utilización eficiente de recursos y reduciendo el impacto ambiental negativo.

Palabras clave: sustentable, biotipo, especies, cámara climática, simulación

Biotype of Climatic Chamber for the Growth of Various Species with a Greenhouse Effect

ABSTRACT

The need to analyze new techniques in the search for sustainable alternatives for the loss of quality in food has been increasing progressively in recent times, due to the increasingly over-exploited conditions to which soils and water are subjected in the different growth phases of perishable products. To obtain indicators of optimal quality of products when they are subjected to thermal variations, as well as the high number of tests that must be carried out to obtain reliable indicators, this work proposes the design of a low-cost chamber that is easily reproducible and scalable wherever possible. feasible to subject the perishable product to controlled thermal alterations during its life cycle, and, in this way, evaluate different quality parameters and relate them to optimal reproduction conditions. This work addresses the design, sizing, instrumentation and the different elements that make up the control system, in addition to the identification and adjustment of the regulator. The results and conclusions allow us to validate the proposed design, leaving the developed chamber as a useful tool to obtain optimal quality indicators in the face of different climatic conditions of various species that allow an adequate environment for their survival in an environment of coexistence. By taking into account critical variables such as humidity and temperature. The control to be applied on these variables must take into account 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. These controls must be implemented within the same chamber to achieve a uniform temperature and humidity throughout the room, or negligible changes in these variables within it, approaching or maintaining a value of interest for a given experiment. General objective: Implement and develop a sustainable biotope through the use of an environmental chamber, with the purpose of raising and cultivating *Eisenia Foetida*, *Acociles* and baby lettuce in a hydroponic and sustainable system. Specific objectives: Design and build a biotope to house and maintain optimal breeding conditions for *Eisenia Foetida*, *Acociles* and the cultivation of baby lettuce in a hydroponic system; Establish the environmental conditions and management parameters necessary for the healthy growth and reproduction of these three different species; Carry out periodic monitoring and control studies of environmental parameters, water quality and development of the species involved, in order to make adjustments and improvements to the system on a continuous basis; Promote awareness and education about the environmental and nutritional benefits of products generated in the sustainable biotope, encouraging their consumption and their positive impact on food and the environment; Contribute to the development of sustainable practices and technologies in food production, promoting the efficient use of resources and reducing negative environmental impact.

Keywords: sustainable, species, biotype, climate chamber, simulation

Artículo recibido 15 septiembre 2024

Aceptado para publicación: 02 octubre 2024



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 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 externo. Las cámaras de ambiente controlado deben 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 lámparas cuyo espectro de emisión es adecuado para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Dicho panel se encuentra separado del recinto de cultivo por una estructura transparente de vidrios 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 (Cogliatti, 2008). El desarrollo alcanzado en esta área ha permitido obtener una cámara solar 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). La mayoría de estos diseños tienden a incrementar la carga térmica en su interior (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.

Para ello se tuvo que realizar un biotipo que permite manejar los indicadores (temperatura, humedad, iluminación y P.H) a partir de la nivelación de los estándares necesarios para la convivencia de tres especies distintas y así obtener datos óptimos durante el desarrollo de éstas.



De ese modo y, partiendo de la teoría del desarrollo adecuado de cada especie en condiciones ideales, el desarrollo de estas dentro de la cámara climática 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. Estos ensayos requieren de 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 un biotipo 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 biotipo de cámara climática para crecimiento controlado de diversas especies con efecto invernadero que permita un entorno adecuado para lograr la supervivencia sustentable.

El biotipo 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 de la cámara 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.

El trabajo describe el dimensionamiento y diseño del biotipo. 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 la cámara climática.

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, 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 acuática (Acociles denominados por su nombre científico como Cambarellus), lombriz roja californiana (Eisenia Foetida) y Lechuga Baby, las lombrices se encontrarán en la parte inferior seguidas de la especie acuática y la lechuga se encontrara la parte superior para así generar un sistema de hidroponía y a la vez sustentable, todo esto dentro del biotipo climático de crecimiento con efecto invernadero.

Cabe mencionar que este biotipo 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 en 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 los comandos de los transmisores.

JUSTIFICACIÓN

La justificación para la investigación de las especies mencionadas en este artículo y lo que producen se basa en su relevancia ecológica, su potencial económico, los beneficios sociales que puede aportar, su contribución a la ciencia y su valor educativo. Esta investigación tiene el potencial de aportar soluciones prácticas y sostenibles a los desafíos ambientales, económicos y sociales, y de contribuir a nuestra comprensión y apreciación de la naturaleza y la biodiversidad. La justificación para la investigación, elaboración del biotipo e implementación de tres especies completamente diferentes puede ser ampliada de la siguiente manera:

Importancia Ecológica y Sostenibilidad Ambiental: La *Eisenia fetida*, también conocida como lombriz roja, juega un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, transformándola en humus y lixiviado, ambos ricos en nutrientes. Este proceso es vital para la salud del suelo y la sostenibilidad de los ecosistemas. La lombriz roja es una especie adaptada a la descomposición de material orgánico, prosperando en vegetación en descomposición, compost y estiércol. Sin embargo, aún hay mucho que aprender sobre las complejidades de este proceso, cómo maximizar su eficiencia y cómo puede ser utilizado para mejorar la gestión de residuos y la sostenibilidad ambiental. La investigación en este campo puede proporcionar valiosos conocimientos y soluciones prácticas para estos desafíos.

Potencial Económico y Desarrollo de la Agricultura Orgánica: En un mundo cada vez más consciente de la importancia de la sostenibilidad y la agricultura orgánica, los productos como el humus y el lixiviado son muy valorados. Estos productos naturales pueden ser utilizados como fertilizantes orgánicos, mejorando la salud del suelo y promoviendo el crecimiento de las plantas sin el uso de químicos dañinos. La investigación puede ayudar a optimizar la producción de estos productos, desarrollar métodos más eficientes y rentables para su comercialización y explorar nuevas aplicaciones y mercados para estos productos.

Beneficios Sociales y Desarrollo Económico Local: La producción y comercialización de humus y lixiviado pueden tener importantes beneficios sociales. Pueden generar empleo, contribuir al desarrollo económico local y promover la agricultura sostenible. La investigación puede ayudar a identificar las mejores prácticas y estrategias para maximizar estos beneficios, y a entender cómo estos procesos pueden ser integrados en las comunidades locales de manera efectiva y beneficiosa.

Contribución a la Ciencia y la Educación: La *Eisenia fetida* es una especie fascinante con muchas características únicas. La investigación en este campo puede contribuir a nuestra comprensión de la biología de estas lombrices, de su papel en los ecosistemas y de los procesos de descomposición y formación de humus y lixiviado. Además, la investigación en este campo puede ser una excelente herramienta educativa, ayudando a concienciar sobre la importancia de la sostenibilidad, la gestión de residuos y la conservación de la biodiversidad.

En base a lo anterior, se justifica que los nutrientes existentes en La lombriz Californiana, así como los acociles, son una gran alternativa para poder alimentar tanto animales como al ser humano, con los cuales se busca reducir el gasto mediante alternativas sustentables y ecológicas que favorezcan el desarrollo en la Ciudad de México.

En la Ciudad de México, la lechuga ocupa el tercer lugar entre las nueve hortalizas principales que se cultivan, con una producción anual de 2,540 toneladas. La siembra de hortalizas en general ocupa 4,134 hectáreas, que representa el 2.7% de la superficie de la capital, y se estima que hay 2,492 productores dedicados a estos cultivos¹.

Respecto a la lechuga hidropónica, la información es un poco más difícil de obtener. Según un productor de lechugas hidropónicas en la Ciudad de México, tiene un promedio de siembra de unas 1,200 semillas y cosecha 1,000 lechugas, que tardan alrededor de 60 días en alcanzar el tamaño adecuado para su comercialización.

En general, para el año 2021, se sembraron 262 hectáreas de lechuga en la Ciudad de México, obteniendo una producción de 3,261.99 toneladas. Sin embargo, este dato no especifica qué proporción de esta producción fue de lechugas cultivadas hidropónicamente.

Nutrirse es indispensable para la vida, pero hacerlo bien es imprescindible para la salud. Si esta necesidad básica no se satisface, se ponen en peligro la supervivencia y la salud. Todo individuo nace con una serie de potencialidades que desarrollará en mayor o menor grado según las limitaciones que encuentre a lo largo de su vida; si la limitación comienza por la insatisfacción de la necesidad más inmediata y fundamental y que debería suponerse siempre satisfecha, es muy difícil que el desnutrido desarrolle más que en grado mínimo el potencial con el que nace. Del grado de la desnutrición depende, por otra parte, la posibilidad de corregirla y reducir sus consecuencias.

La inseguridad alimentaria es un desafío global que requiere la intervención de los gobiernos para abordar tanto las causas como las consecuencias de la falta de alimentos que afecta a millones de personas. En este sentido, el gobierno de la Ciudad de México ha implementado diversos programas, como la Unidad de Atención para la Población vulnerable: Estrategia Integral de Asistencia Social Alimentaria y Desarrollo Comunitario (EIASADC), con el objetivo de combatir la inseguridad

alimentaria. En el año 2016, se identificó también la presencia de problemas de sobrepeso y obesidad en la población.

El proyecto de Sustentabilidad alimentaria en la Ciudad de México: Lechuga, Acociles y lombrices en el Biotopo Hidropónico Autosustentable se presenta como una solución innovadora y cuantificable para abordar los desafíos relacionados con la inseguridad alimentaria y las problemáticas de malnutrición y obesidad en la ciudad.

Gracias a los procesos de alta proteína presentes en las lombrices y acociles, así como las propiedades nutritivas de la lechuga, este proyecto tiene como objetivo proporcionar alimentos de calidad y alto valor nutricional a los habitantes de la Ciudad de México, especialmente aquellos que se encuentran en situación de vulnerabilidad.

La implementación del Biotopo Hidropónico Autosustentable no solo garantizará el suministro constante de alimentos saludables, sino que también contribuirá a fortalecer los programas de asistencia social alimentaria activa en la ciudad.

Además, se destaca que Xochimilco es la delegación líder en producción pecuaria, seguida de Tlalpan, Milpa Alta, Tláhuac y La Magdalena Contreras. Estas cifras evidencian la relevancia y el potencial de impulsar proyectos como el Biotopo Hidropónico Autosustentable para fortalecer la ganadería y diversificar las fuentes de alimentación.

Es importante tener en cuenta que la inseguridad alimentaria afecta especialmente a los niños en edad escolar y adolescentes en México, y las tasas más altas de sobrepeso se observan en hogares con inseguridad alimentaria severa. Este proyecto busca abordar estas problemáticas de manera integral, ofreciendo alimentos nutritivos y contribuyendo a reducir tanto la malnutrición como la obesidad en la población de la Ciudad de México.

El programa principal es el de Estrategia integral de asistencia social y alimentaria y desarrollo comunitario (EIASADC) de este parte el programa de desayunos escolares del cual Existen 2,419 planteles y dependen 484,644 niños basados en la información provista por el documento del Estrategia Integral de Asistencia Social Alimentaria y Desarrollo Comunitario (EIASADC) del 2022[1]. Esta propuesta se compromete a proveer los insumos pertinente al 25% de los planteles lo cual equivale a 121,161 niños beneficiados.



METODOLOGÍA Y RESULTADOS

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

Diseño de un biotipo de cámara de crecimiento con acrílico, la cual deberá contener las separaciones para cada una de las especies: Acociles, lombriz roja californiana y Lechuga Baby. Dentro del biotopo se encontrarán 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, un termoeléctrico Peltier de enfriamiento, refrigeración que ayudará a estabilizar la temperatura cuando esta no se encuentre en las condiciones necesarias. El material utilizado es el siguiente:

- Tubo PVC
- Puertas abatibles horizontales
- Célula 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

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 los estanques de agua dulce se colocarán un macho y dos hembras de la especie acuática estos estanques tendrán 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 biotipo en la parte superior irán las lechugas baby y tres camas de lombriz.

Este biotipo además debe de cumplir con los siguientes requisitos:

- 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)
- Tener un ambiente controlado
- Evitar pérdida de agua
- Control de pH
- Sistema de riego
- Suministro de agua en cantidades necesarias
- Alta resistencia corrosiva
- Templado térmico
- Termoeléctrico Peltier de enfriamiento y refrigeración
- Efecto invernadero
- Ambiente cerrado
- Cultivo hidropónico

Modelado inicial del biotopo

Con el objetivo de modelar el biotopo, se probaron varios diseños. Como primera hipótesis, se pensó en que el biotopo constara de dos capas: una interna y otra externa, separada a cierta distancia de la interna, que actuaría como aislante. Se rechazó este diseño, debido a que iba a ser difícil de implementar y no nos iba a garantizar que los resultados fuesen los deseados.

El diseño final de la cámara consiste en un conducto rectangular de $2 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$ que está formado por una sola capa de material, encargada de aislar su interior.

(Figura 1 y 2).

Figura 1. Primer diseño exterior planeado del biotipo en software CAD

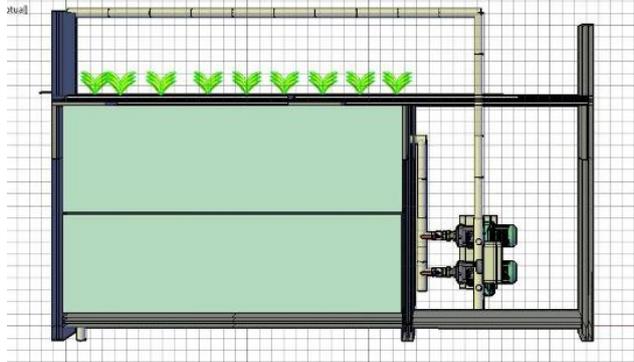
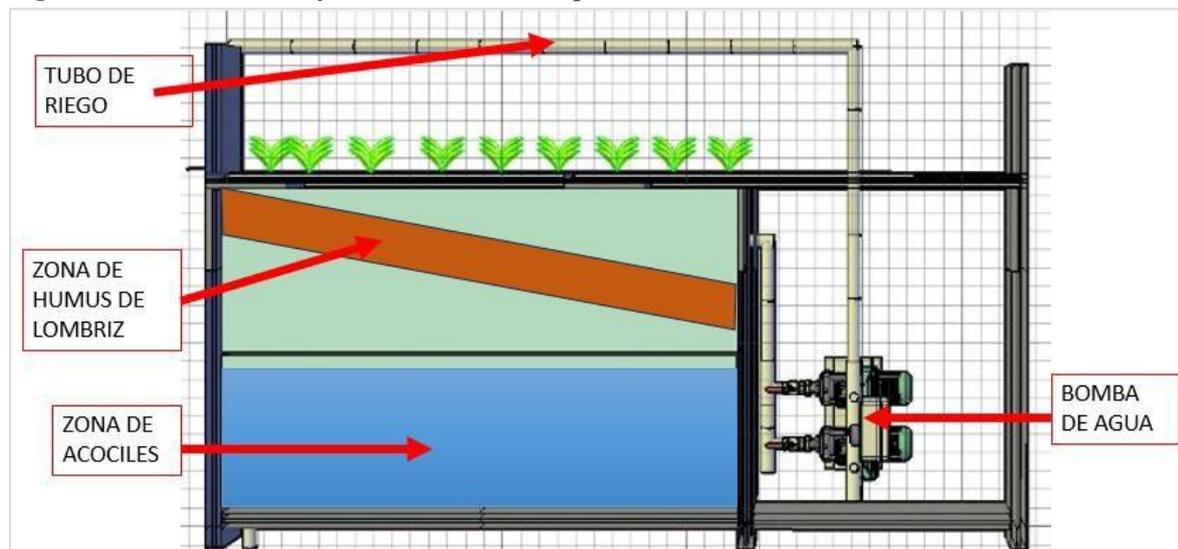


Figura 2: Diseño interior y simulación del biotipo en software CAD



Estudio de la mecánica de fluidos del prototipo mediante una simulación con ANSYS

Una simulación ayuda a conocer el comportamiento de un prototipo y verificar si es el adecuado. Para ello, se empleó el software de simulación de ingeniería ANSYS, desarrollado para trabajar con volúmenes finitos en el caso de la mecánica de fluidos.

Partiendo de los condicionantes de diseño expuestos, la hipótesis consiste en que, utilizando únicamente un ventilador y una resistencia calefactora, se consiga modificar la variable de la temperatura en unas condiciones controladas.

Por ello, el flujo en el interior de la cámara debe de ser uniforme en toda la geometría y no deben existir recirculaciones que produzcan un cambio en el comportamiento del aire. Para este fin, se ha implementado un análisis de las condiciones térmicas y fluidodinámicas de la cámara a estudiar mediante simulación numérica.

En el interior del conducto rectangular se colocaron dos medios porosos: uno situado a 20 cm de distancia al inicio del conducto (color marrón oscuro en Figura 3) y otro a 10 cm de distancia al final del conducto (color claro en la Figura 4). En dicha zona de trabajo se analizó el campo de presiones (Figura 3) y de, temperaturas (Figura 4), donde se pudo observar que presentaban un comportamiento suficientemente homogéneo.

Figura 3: Evolución del campo de presiones en el interior del dominio.

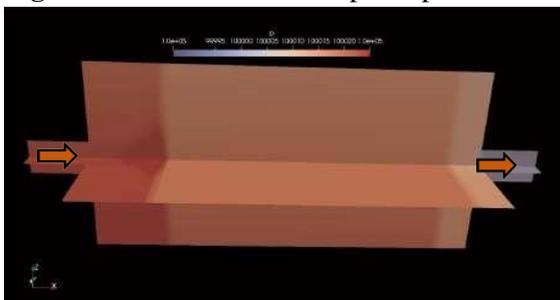
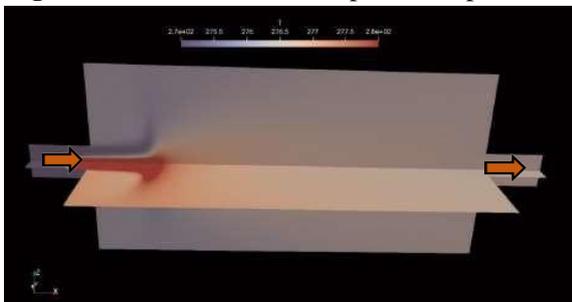
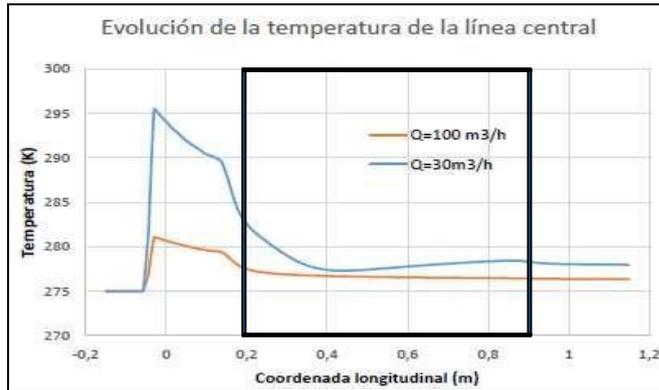


Figura 4: Evolución del campo de temperaturas en el interior del dominio.



Utilizando las simulaciones se establecieron los caudales idóneos ($100 \text{ m}^3/\text{h}$ y $30 \text{ m}^3/\text{h}$) para mantener una temperatura suficientemente constante, en la zona de trabajo (desde 0,2 m hasta 0,9 m de longitud), que se puede observar resaltada en la Figura 5. Además, se aprecia que la evolución de la temperatura posee un mejor comportamiento con un caudal de $100 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que se decidió trabajar con este valor.

Figura 5: Evolución de la temperatura en el interior de la zona de trabajo.



Elaboración del diseño geométrico real del biotopo

Se diseña un biotopo de cámara de crecimiento con acrílico, la cual contiene 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.

Figura 6. Biotopo



El biotopo 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, 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 albergarán las 3 especies ya previamente mencionadas.

Figura 6. Sistema humidificador regulable y capas para albergar las distintas especies



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. Básicamente va a consistir en 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.

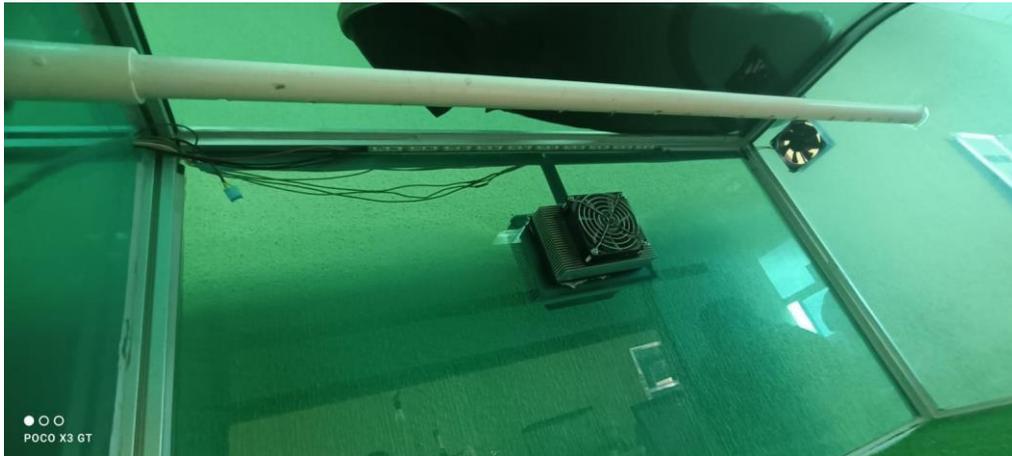
El proceso de funcionamiento del biotopo se organiza en tres capas, siguiendo el orden mencionado anteriormente. Mediante el uso de una bomba, se extrae el lixiviado y el agua de los acociles, que luego se utilizan en un ciclo de riego para alimentar las lechugas baby leaf. Este sistema se encuentra automatizado y controlado por sensores de humedad, temperatura y nivel de agua.

El ciclo comienza con el cultivo de las lechugas baby leaf sobre el humus de la lombriz californiana, permitiendo que absorban los nutrientes necesarios. Además, las lombrices se alimentan de las raíces de la lechuga. A medida que el proceso avanza, el lixiviado se genera y fluye hacia abajo, acumulándose en un contenedor. Este contenedor está equipado con un sensor que activa la bomba de riego cuando se alcanza un nivel determinado, asegurando el suministro adecuado de lixiviado a las lechugas.

Simultáneamente, los residuos caen hacia el área destinada a los acociles a través de conductos pequeños, proporcionando alimento para estas especies. Para el cambio de agua en el contenedor de los acociles, se utiliza otra bomba que sigue el mismo flujo, llevando el agua hacia el sistema de riego.

Este enfoque de riego y alimentación permite un ciclo continuo y eficiente dentro del biotopo sustentable, asegurando el suministro de nutrientes necesarios tanto para las lechugas como para los acociles, y promoviendo un uso eficiente de los recursos disponibles.

Figura 7 Sistema de riego y sistema de temperatura con placa Peltier



La realimentación térmica se realiza mediante un sensor de temperatura y humedad relativa distribuidos en el interior de la cámara, que se encuentran sujetos mediante unos soportes diseñados a tal efecto (Figura 7). A ello se le añade un ventilador y una resistencia, sujetos por un acople y a su vez por una brida diseñadas mediante fabricación aditiva. Disponiendo, además de salidas para manejar las acciones de control. Para programar este equipo se utiliza el software de soporte Arduino, IoT y blynk iot encargado además de la gestión de los datos instrumentados.

Para la entrada de aire, se emplea un ventilador de 24W con caudal volumétrico regulable por tensión. Para calentar el aire, se utiliza una resistencia tipo PTC con una potencia nominal de 150W. El conjunto se puede visualizar en la Figura 7.

Incorporación de sensores y actuadores

Para tener estos niveles de temperatura, humedad y pH controlados se implementó un circuito de monitoreo electrónico a través del entorno de la placa de desarrollo Arduino y sensores para cada parámetro del ambiente. La placa Arduino junto con los sensores se encargan de medir los niveles de la cámara climática para que después se visualicen a través de una pantalla LCD que va a ir integrado en la cámara climática y se pueda tener el ambiente controlado para la reproducción ideal de la especie que se vaya a colocar dentro de ella.

1. Diseño para el despliegue los datos en la pantalla LCD: Se configuran los datos que se visualizan en la pantalla LCD de una perilla (potenciómetro) por botones push tanto en su parte de hardware como de software.

2. Integrar la tecnología IoT: Se implementa la tecnología IoT al proyecto para el envío de los datos que recolectan los sensores de la cámara climática al celular y así visualizarlos desde cualquier parte.
3. Incorporar la interfaz de blynk iot al proyecto para volverlo Domótico. Se optó por este software porque facilita la conexión de dispositivos a internet a través de una variedad de protocolos, como el wifi, bluetooth, ethernet y demás.

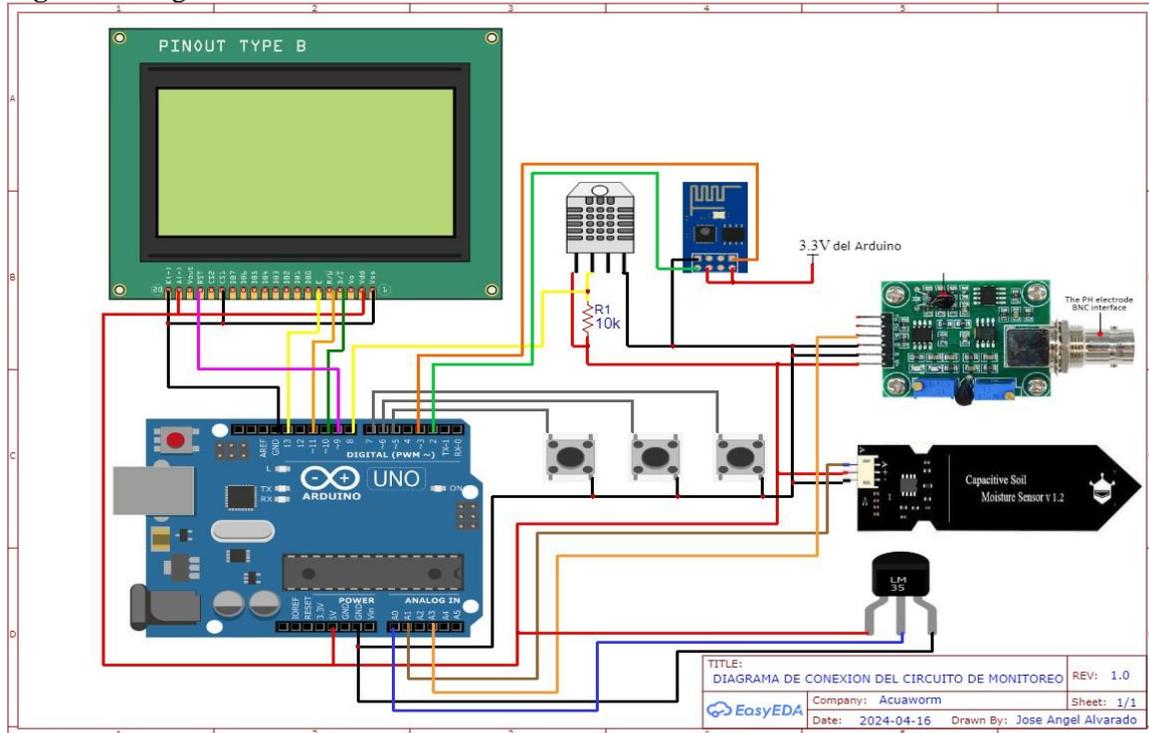
Diseño del Esquemático Eléctrico

Se presenta el diagrama de conexiones del circuito, sus conexiones entre los sensores a la placa Arduino, al igual que, en forma de lista las conexiones escritas de los pines de cada sensor a la placa Arduino. Cabe mencionar que para el módulo ESP-01s se le debe agregar un convertidor de nivel lógico que se menciona en la lista de materiales, este va a ir entre los pines del Esp-01s (RX y TX) y el Arduino, esto ya que el módulo trabaja a 3.3v y el Arduino en sus pines da 5V, lo cual durante un lapso estando conectado el esp-01s puede llegar a quemarse por ese sobrevoltaje, y lo que ayuda el convertidor de nivel es convertir esos 5v del Arduino en 3.3v para el módulo y viceversa. (Figura 8).

Tabla 1

| | | | |
|---|---|--|--|
| Pantalla LCD 128x64: (Pin/Pin Arduino) Pin1 (GND) – GND (VCC) – 5V Pin4 (RS) – Pin 10 Pin5 (R/W) – Pin 11 Pin 13 Pin 15 (PSB) – GND Pin 17(RST) – Pin 9 (BLA) – 5V Pin 20 (BLK) – GND | Sensor PH: PO – A3 G – GND G Pin2 – GND V+ – 5V | LM35: Pin1 (VCC) – 5V Pin2 (VOUT) – A0 Pin3 (GND) – GND | Sensor Humedad: GND – GND VCC – 5V AOUT – A1 |
| | ESP-01s: GND – GND TX – Pin 2 EN – 3.3V 3.3 – 3.3V RX – Pin 3 | DHT22: Pin 1 – 5V Pin 2 – Pin 8 (conexión resistencia PULL UP) Pin 3 – No Conectar GND | BOTONES: Boton1 – Pin5 Boton2 – Pin6 Boton3 – Pin7 Su otro extremo va a GND |

Figura 8. Diagrama de conexión del circuito de monitoreo.

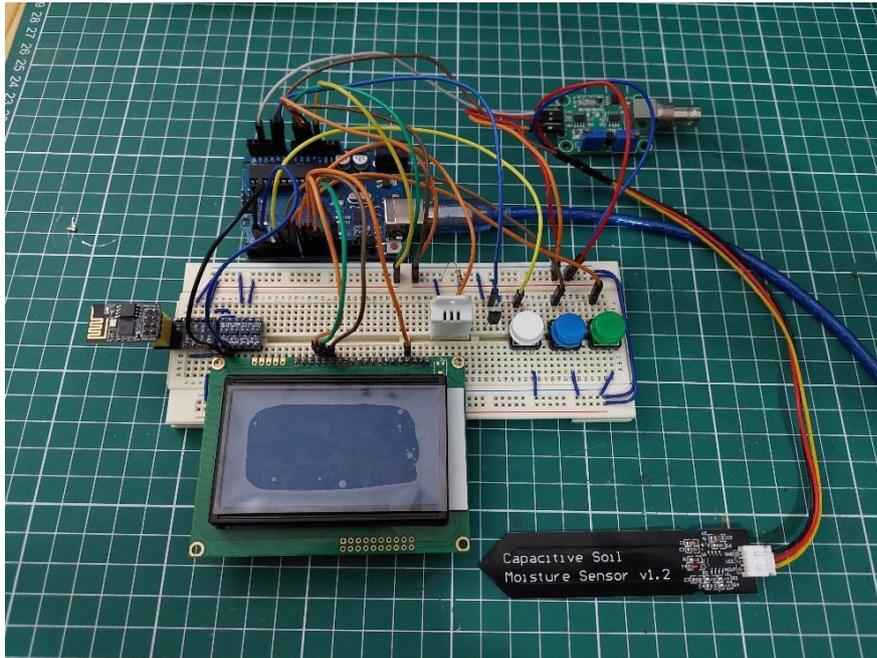


Pines Virtuales

Se programan los datastreams (los pines virtuales), que son los que se encargan de recibir los datos proporcionados por el código fuente para enviarlos y mostrarlos en la aplicación de acuerdo en el widget que se le haya colocado. (Figura 9).

- Pin V4: Se encarga de recibir los datos de temperatura del dht22 y enviarlos al widget correspondiente.
- Pin V5: Se encarga de recibir los datos de humedad del dht22 y enviarlos al widget correspondiente.
- Pin V6: Se encarga de recibir los datos de humedad del lm35 y enviarlos al widget correspondiente.
- Pin V7: Se encarga de recibir los datos de humedad del Sensor de humedad capacitivo anticorrosivo y enviarlos al widget correspondiente.
- Pin V8: Se encarga de recibir los datos de pH y enviarlos al widget correspondiente.

Figura 9. Programación de los datastreams.



Ensayos de identificación del Sistema

La variación de temperatura se obtuvo a partir de dos señales de control: tensión del ventilador y potencia de la resistencia calefactora. Para facilitar el estudio, se decidió mantener constante el valor de la tensión del ventilador y dejar como única variable manipulada la potencia de la resistencia. La identificación consistió en la aplicación de entradas tipo escalón a la variable manipulada, considerando el proceso como una caja negra.

Las pruebas de identificación se llevaron a cabo en el interior del biotopo tomando como base de partida una temperatura 15°C que suele ser la habitual en el ambiente

El comportamiento del sistema, debido a su carácter térmico, se asemejará a un sistema de primer orden con retardo.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{1 + \tau s} \cdot e^{-Ls}$$

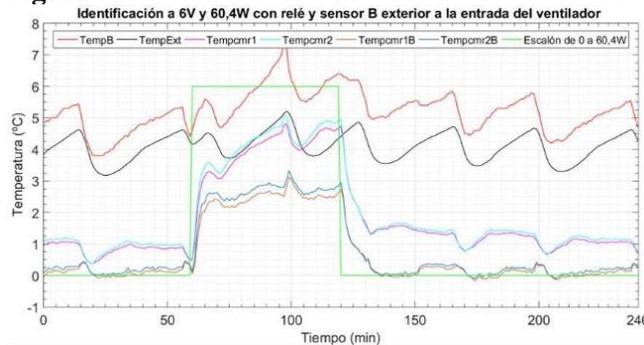
Se estudió el comportamiento del ventilador para distintas tensiones: 6V, cuyo valor equivale a 100 m³/h, y 10V, equivalente a 167 m³/h. Con un caudal de 100 m³/h se producía un flujo laminar y sin grandes alteraciones térmicas. Por este motivo se escogió como valor óptimo la tensión de 6V. Una vez fijado este valor, se realizó la identificación de la función de transferencia de temperatura en el biotopo para distintas potencias aplicadas a la resistencia (44,5W y 60,4W).

Las diferentes potencias aplicadas al sistema se generaron por medio de salidas binarias proporcionadas por el datalogger, cuyo valor de potencia se adaptaba mediante un relé. El relé se conmutaba mediante una señal Pulse Width Modulation (PWM), en donde cuanto mayor era su ciclo de trabajo, mayor tiempo se mantenía encendido el relé, y, por tanto, mayor era la potencia media entregada a la resistencia calefactora.

Figura 10: Identificación de la función de transferencia a 6V y con un escalón de 0 a 44,5W.



Figura 11: Identificación de la función de transferencia a 6V y con un escalón de 0 a 60,4W.

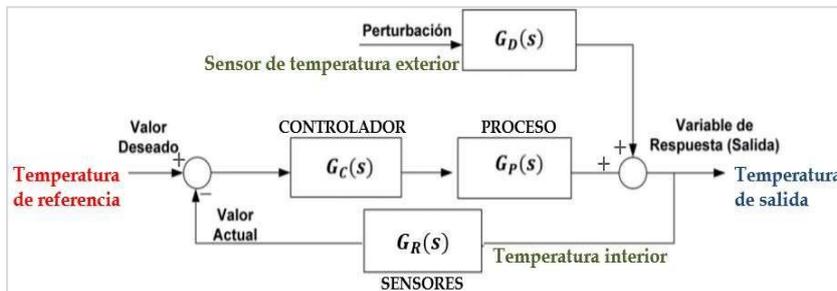


En la representación de las gráficas, tanto para 44,5W (Figura 10) como para 60,4W (Figura 11), se puede observar la temperatura exterior medida de dos maneras: mediante un sensor de temperatura SDI-12 (“TempB”) y con el datalogger (“TempExt”). Por un lado, se aprecia la temperatura corregida media de las superficies porosas (temperatura media restandole la temperatura del exterior) medida con el datalogger (“Tempcmr1” y “Tempcmr2”)

Se estudió el comportamiento del ventilador para distintas tensiones: 6V, cuyo valor equivale a 100 m³/h, y 10V, equivalente a 167 m³/h. Con un caudal de 100 m³/h se producía un flujo laminar y sin grandes alteraciones térmicas. Por este motivo se escogió como valor óptimo la tensión de 6V.

Una vez fijado este valor, se realizó la identificación de la función de transferencia de temperatura en la cámara. Con el fin de realizar posteriormente un control realista, se identificó la función de transferencia en la que la temperatura exterior del sistema se mide mediante el sensor B, puesto que la otra función es correcta pero no representa a la realidad. Además, la función de transferencia será la media de las FDT identificadas para las potencias de 44,5W y 60,5W. El retardo identificado fue despreciable frente a la constante de tiempo del sistema que era igual a 2,6 minutos.

Figura 12: Estructura clásica de sistema de control realimentado.



Por otro lado, la estimación de la producción de acociles, lombrices y lechuga baby en relación al biotopo destinada a la población de la Ciudad de México puede variar según diferentes factores, como el tamaño de la cámara, las condiciones de crianza y cultivo, y la capacidad reproductiva de las especies involucradas.

Figura 13. Espécimen de acocil joven



Figura 14. Zona de procreación de los acociles controlada



En cuanto a las lombrices, su capacidad de reproducción es elevada, lo que permite obtener una producción significativa en poco tiempo. Por ejemplo, se estima que una lombriz roja (*Eisenia foetida*) puede generar de 4 a 5 lombrices jóvenes por semana. Considerando un número inicial de lombrices y su tasa de reproducción, se puede calcular una estimación de la producción a lo largo del tiempo. Si se comienza con 100 lombrices y cada una produce 4 lombrices jóvenes semanalmente, después de un año se podría obtener una población de alrededor de 20,000 lombrices.

Figura 15. Zona de procreación de lombriz californiana



Figura 16. Extracción de lixiviado



Figura 17. Humus de lombriz y composta



En cuanto al cultivo de lechuga baby en el sistema hidropónico, la producción varía en función del área de cultivo y la densidad de plantas. Por ejemplo, si se utilizan mesas de cultivo hidropónico con una densidad de 20 plantas por metro cuadrado y se dispone de 10 metros cuadrados para el cultivo, se estima una producción de aproximadamente 200 plantas de lechuga baby.

Es importante tener en cuenta que estas estimaciones son aproximadas y pueden variar según las condiciones específicas. Además, se pueden implementar estrategias de manejo y optimización para aumentar la producción de acociles, lombrices y lechuga baby en la cámara ambiental.

Impactos esperados.

El enfoque principal es brindar soluciones accesibles y beneficiosas para la población de nuestra comunidad en la Ciudad de México. La seguridad alimentaria es un aspecto fundamental, y a través de este proyecto buscamos ofrecer opciones nutritivas y frescas a nuestra comunidad. Al cultivar lechuga baby en un sistema hidropónico, podemos garantizar una producción libre de pesticidas y con altos estándares de calidad.

Además de abordar la seguridad alimentaria, también nos preocupamos por promover la conciencia ambiental y educar a la comunidad sobre la importancia de la producción sostenible de alimentos en un entorno urbano. La implementación de esta cámara ambiental nos permitirá minimizar el impacto ambiental al utilizar técnicas de cultivo eficientes que reducen el consumo de agua y evitan la contaminación del suelo.

Lista de Testeos

Las pruebas que se realizaron para verificar el correcto funcionamiento del biotopo arrojaron los siguientes resultados:

Botones

- Al presionar el botón 1 la pantalla LCD muestra los datos de temperatura y humedad del sensor dht22.
 - El botón 2 muestra los datos de temperatura del lm35 y humedad del sensor de humedad anticorrosivo capacitivo.
 - Por último, el botón 3 muestra los datos de pH.
2. Temperatura: Se verificó que la temperatura del lm35 coinciden con los de temperatura del dht22.
 3. Humedad suelo: para comprobar que los datos del sensor de humedad del suelo son correctos, se sumerge parte del sensor al agua y el porcentaje de humedad mostró un porcentaje de bajo del 3%, lo cual es correcto.

Mediante los cálculos realizados por producción al año de lombrices, acociles y lechugas, obtenemos los siguientes resultados por metro cuadrado:

Se producen 150 acociles cada cuatro meses, que en total representan 450 acociles al año. Cada uno pesa aproximadamente 1 gramo, lo que genera alrededor de 0.1125 kilogramos (112.5 gramos) de harina de acocil al año. Los acociles alcanzan su etapa de madurez a los 4 meses.

En el caso de las lombrices, mantenemos 800 individuos al año, cada una pesando alrededor de 1.4g. Esto resulta en una generación de 0.1244 kilogramos (124.4 gramos) de harina de lombriz al año. Las lombrices alcanzan su etapa de madurez a los 90 días.

Además, en el espacio para la lechuga baby, se cultivan 20 lechugas cada 45 días por metro cuadrado, lo que equivale a una producción total de 160 lechugas por metro cuadrado al año.

En resumen, al año, por cada metro cuadrado de producción, se generan 0.1244 kg de harina de lombriz, 0.1125 kg de harina de acocil, y se cultivan 160 lechugas. Los acociles y las lombrices alcanzan su etapa de madurez a los 4 meses y 90 días respectivamente. Estos resultados pueden ser significativos para programas sociales de alimentación en la Ciudad de México, como el programa de desayunos escolares, contribuyendo al bienestar nutricional de los beneficiarios de estos programas.

Según los análisis realizados:

- El contenido de proteínas de la lombriz, en su estado seco, es del 58,87%. Esto significa que si se seca completamente una lombriz que pesa 1 gramo, aproximadamente 0,5887 gramos de ese peso serían proteínas.
- Además, este alto contenido de proteínas coincide con las necesidades de los peces y acociles, que requieren niveles de proteína entre el 35% y el 60%.
- También se mencionan los niveles de otros nutrientes, como los aminoácidos esenciales (lisina, metionina, arginina, valina), las grasas (7,94% en estado seco), las cenizas (13,53% en estado seco), y los carbohidratos (19,63% en estado seco).

Por otro lado, El Cangrejo de Río Americano (*Cambarus spp.*), también conocido como acocil, es una especie de crustáceo de agua dulce. De acuerdo con los análisis realizados:

- El contenido de proteínas del acocil, en su estado seco, es del 67,26%. Esto significa que si se seca completamente un acocil que pesa 1 gramo, aproximadamente 0,6726 gramos de ese peso serían proteínas.
- Además, este alto contenido de proteínas podría ser beneficioso para los peces, que requieren niveles de proteína entre el 35% y el 60% en su dieta.
- También se mencionan los niveles de otros nutrientes. Las grasas representan el 5,457% en estado seco, las cenizas el 15,323% y los carbohidratos el 3,45%. Aunque no se proporcionó información específica sobre aminoácidos esenciales en el acocil, su alto contenido de proteínas sugiere que podría ser una buena fuente de estos.
- El acocil también es notable por su alto contenido de minerales, incluyendo calcio (3760 mg), hierro (28,6 mg), magnesio (1100 mg), fósforo (1310 mg), y potasio (1760 mg).

CONCLUSIONES

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 (biotopo) 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 un biotopo de coste reducido, con un control que permita seguir un determinado ciclo temporal de temperatura.

La construcción del biotopo 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 espacios dentro del biotopo para las distintas especies.

En cuanto a la identificación del sistema en una habitación con distintos grados de temperatura y al no tener un conocimiento previo de cómo se podía comportar el sistema ante cualquier escalón, se realizaron una gran cantidad de experimentos los cuales han servido para definir los límites de las acciones de control y el dimensionamiento del biotopo y sus componentes.

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.

Lo que finalmente se puede afirmar es que, se ha logrado el objetivo principal del proyecto, con excepción de la realización de ensayos con las tres especies mencionadas. Tras un largo periodo de experimentos de identificación y de control, se ha conseguido que el sistema responda a las señales de referencia de temperatura, pH y humedad.

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, Chisphead: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. 2002. Available online: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/LettuceChisphead> 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
- Martinez-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. Disponible en: <https://repositorio.upct.es>
- CLIMAVÉR® 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%ADa/Control%20de%20Procesos_cap5.pdf

Dataloggers y Sistemas Adquisición de Datos [en línea]. Disponible en:

<https://www.campbellsci.es/data-loggers>

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.cpy.gob.mx/internacional/antecedentes-historicos.php>

Paul Marriott - CHANNEL of STUFF. (2022, 8 mayo). Blynk IoT (Blynk 2.0) App w/Arduino Uno R3, ESP8266 ESP-01 Module, Blynk Cloud & 4 x LED [TUTORIAL] [Vídeo]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=hZAX2d8qrbs>

Introduction | Blynk Documentation. (s. f.). <https://docs.blynk.io/en>

Componentes electronicos. (s. f.). UNIT Electronics. Recuperado 26 de abril de 2024, de

<https://uelectronics.com/>

Administrador. (2017, 27 octubre). LCD I2C Arduino UNO pantalla 128x64 display. HeTPro-Tutoriales. <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lcd-i2c-arduino-128x64/>

