Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 8. No. 8. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2023 – AGOSTO 2024. IA-01, pág.: 1 a la 5

Sistema de reproducción sustentable

Dámaris Carmen García García[1], Cintia Elí Hernández García[2], Miroslava Carolina Pérez Barreto[3]

RESUMEN

El Proyecto "Acuaworm", es una iniciativa promovida en la División de Ingeniería en Nanotecnología de la Universidad Politécnica del Valle de México (UPVM). .

Este proyecto pretende dar respuesta a los múltiples requerimientos de sistemas de producción sostenible de plantas y cría de especies acuáticas para consumo humano; que se desarrollen en un medio ambiente simbiótico que afronte el futuro de la sociedad, se requiere de soluciones, estrategias y diseño de sistemas que optimicen su aplicación, teniendo en cuenta que como primera medida de recuperación de un entorno sano, se necesita la colaboración y participación activa de las entidades que conforman la sociedad, unidades gubernamentales, y universidades para el desarrollo de propuestas de valor que sean aplicables al entorno local y nacional.

Tres organismos están involucrados en el rendimiento óptimo de los sistemas acuapónicos: plantas, especies acuáticas y bacterias nitrificadoras, el presente trabajo incluye una cuarta actividad conocida como lombricultura, que es una biotecnología que utiliza, a una especie de lombriz, como una herramienta de trabajo, ya que recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y lixiviado. Se trata de una atractiva actividad zootécnica, que permite afinar todos los sistemas de producción agrícola y es un negocio en expansión que se proyecta en un futuro como el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales.

El Proyecto tiene como finalidad generar un biotipo sustentable, como primera etapa con la creación de una Cámara climática para crecimiento controlado de diversas especies que permita un entorno adecuado para su supervivencia.(biotopo)

En una segunda etapa, se contempla un laboratorio larvario con la reproducción y cría con la especie Eisenia Foetida (lombriz roja californiana) para la obtención de materia prima (pellet) en la etapa final. Así como productos alternos generados de éste laboratorio larvario (humus y lixiviado como fertilizante). En paralelo, la siembra y cosecha de lechuga baby hidropónica como parte del biotipo sustentable para la alimentación de la lombriz, al igual que la reproducción y cría de Acociles (*Procambarus acanthophorus)* especie endémica de México para la obtención de materia prima (pellet) en la etapa final. Así como productos alternos como venta en pie y procesada.

En una tercera etapa, se contempla la elaboración de un pellet con la lombriz y el exoesqueleto de los acociles como una alternativa de alimento para especies terrestres y/o suplemento alimenticio.

Por ello, una iniciativa de esta naturaleza no sólo supone ampliar las oportunidades formativas de los alumnos, sino que, además, fomenta la consolidación de espacios institucionales y sociales con una dimensión intercultural, y adquiere una importancia estratégica en la parte medular de la educación al involucrar a los estudiantes en la creación de escenarios reales dentro de la misma institución, donde se verán reflejados la aplicación de conocimientos y el resultado de estos.

Palabras claves: Sistema, Reproducción, Sustentable

ABSTRACT

The "Acuaworm" Project is an initiative promoted by the Nanotechnology Engineering Division of the Polytechnic University of the Valley of Mexico (UPVM). .

This project aims to respond to the multiple requirements of sustainable plant production systems and the breeding of aquatic species for human consumption; that are developed in a symbiotic environment that faces the future of society, solutions, strategies and system design are required to optimize their application, taking into account that as the first measure of recovery of a healthy environment, collaboration and active participation of the entities that make up society, government units, and universities for the development of value proposals that are applicable to the local and national environment.

Three organisms are involved in the optimal performance of aquaponic systems: plants, aquatic species and nitrifying bacteria. This work includes a fourth activity known as vermiculture, which is a biotechnology that uses a species of worm as a work tool. , since it recycles all kinds of organic matter, obtaining as a result of this work humus, meat and leachate. It is an attractive zootechnical activity, which allows fine-tuning all agricultural production systems and is an expanding business that is projected in the future as the fastest and most efficient means for soil recovery in rural areas.

The purpose of the Project is to generate a sustainable biotype, as a first stage with the creation of a climatic Chamber for controlled

UPVM, División de Ingeniería en Nanotecnología, damarisupvm@gmail.com. nano@upvm.edu.mx 55 5062 6460, Maestría
UPVM, División de Ingeniería en Nanotecnología, cintiaelihg@gmail.com. nano@upvm.edu.mx 55 5062 6460, Estudiante
UPVM, División de Ingeniería en Mecatrónica, miroslavacarolinabarreto@gmail.com. 55 5062 6460, Ingeniera

AÑO 8. No. 8. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2023 – AGOSTO 2024. IA-01, pág.: 1 a la 5

growth of various species that allows an adequate environment for their survival. (biotope)
In a second stage, a larval laboratory is contemplated with reproduction and breeding with the species Eisenia Foetida (Californian red worm) to obtain raw material (pellets) in the final stage. As well as alternate products generated from this larval laboratory (humus and leachate as fertilizer). In parallel, the planting and harvesting of hydroponic baby lettuce as part of the sustainable biotype for worm feeding, as well as the reproduction and breeding of Acociles (Procambarus acanthophorus), an endemic species from Mexico to obtain raw material (pellets) in the final stage. As well as alternate products such as standing and processed sales.
In a third stage, the elaboration of a pellet with the worm and the exoskeleton of the crayfish is contemplated as an alternative food for terrestrial species and/or food supplement.

For this reason, an initiative of this nature not only means expanding the training opportunities of students, but also promotes the consolidation of institutional and social spaces with an intercultural dimension, and acquires strategic importance in the core part of education by involve students in the creation of real scenarios within the same institution, where the application of knowledge and the result of these will be reflected.

Keywords: System, Reproduction, Sustainable

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad es un concepto que ha cobrado importancia durante las últimas décadas a nivel mundial, debido a la necesidad que representa para la estabilidad de un país en conjunto, desde una perspectiva ambiental, económica, social y cultural. (Bonilla Hernández, 2012).

Las plantas y los peces son cultivos comerciales, mientras que las bacterias nitrificantes juegan un papel importante en la biofiltración, convirtiendo los desechos tóxicos de amoníaco de los peces en nitrato nitrogenado, uno de los nutrientes minerales más importantes requeridos por las plantas.

La acuaponía es el cultivo combinado de especies acuáticas y plantas en sistemas de recirculación. Nutrientes, que son excretados directamente por los peces o generados por la descomposición microbiana de residuos orgánicos, son absorbidos por las plantas cultivadas hidropónicamente (sin suelo), por lo que el alimento para los peces proporciona la mayor parte de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. A medida que el efluente de la acuicultura fluye a través del componente hidropónico del sistema de recirculación, los metabolitos de desecho de pescado se eliminan mediante la nitrificación y la absorción directa por las plantas, tratando de este modo el agua, que fluye de nuevo al componente de cría de peces para su reutilización.

Los sistemas acuapónicos varían en tamaño, desde pequeñas unidades interiores o exteriores hasta grandes unidades comerciales que utilizan la misma tecnología. Los sistemas comúnmente contienen agua dulce, pero también son factibles los sistemas de agua salada, dependiendo del tipo de animal acuático y del tipo de plantas involucradas. La ciencia de la acuaponía se encuentra aún en una etapa temprana de desarrollo, lo que permite explorar grandes posibilidades de negocio.

La temperatura, el porcentaje de humedad relativa, la intensidad lumínica, el ph y la concentración de CO2 son variables críticas para favorecer o limitar el desarrollo de plantas y animales. “Para que las plantas puedan realizar sus funciones es necesaria la conjunción de estos factores dentro de unos límites máximos y mínimos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo” (Infoagro, 2011a), lo que les puede llegar a causar la muerte. Estos factores no sólo afectan a las plantas, sino también a los insectos que habiten en ellas, ya que estas plantas hospederas al ser sometidas a estrés de temperatura y humedad relativa sufren modificaciones en su arquitectura, la estructura de sus órganos, su fisiología y composición bioquímica, lo que hace necesario el control de esos elementos para permitir la supervivencia de diferentes plantas y animales dentro de ambientes controlados. Las plantas presentan una curva de respuesta a la temperatura, donde se determina una tasa de crecimiento máximo y un rango de temperatura máximo y mínimo por fuera del cual su desarrollo se detiene (Raffo, 2004), razón por la cual el control de esta variable es un factor decisivo respecto a su crecimiento. Estos valores de temperatura varían dependiendo de la especie y de la etapa de desarrollo en la que se encuentre, lo que afecta directamente a las plantas en las funciones de fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, absorción de agua y nutrientes, transpiración y actividades enzimáticas y entre otras. “En términos fisiológicos, un animal debe acumular cierta cantidad de calor para poder desarrollarse” (Marco, 2001). El aumento de la temperatura en que se desarrolla una especie de animal acelera su tasa de desarrollo, y por consiguiente, aumenta el número de generaciones que tiene durante el año (Mejía, 2005). Desde luego, este comportamiento puede ser diferente en muchas especies, pero ocurre así de forma general (Brodsky y Naranjo, 1976). Además, a temperaturas superiores a las adecuadas, los porcentajes de mortalidad son muy elevados, lo que dificulta los estudios que se puedan realizar a altas temperaturas, las cuales son conocidas como el umbral máximo de desarrollo. (Pazos Urrea, 2013)

Actualmente, existen múltiples iniciativas que vinculan a instituciones y organismos gubernamentales en temáticas ligadas a la sustentabilidad y al desarrollo de proyectos de investigación científicos, sociales y tecnológicos. Con frecuencia, en los proyectos de cooperación se destacan las iniciativas para el desarrollo de proyectos. Sin embargo, son aún escasas en el espacio las oportunidades de obtener una sustentabilidad dentro de la misma institución.

Las ventajas de este tipo de vinculaciones son múltiples y muy beneficiosas para ambas partes ya que es un factor con alto

AÑO 8. No. 8. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2023 – AGOSTO 2024. IA-01, pág.: 1 a la 5

impacto en el desarrollo económico de los países, que permite que el conocimiento y la tecnología generados se comercialicen en beneficio de la sociedad. Nos dan beneficios financieros, educativos, recreativos. También al crear alianzas con miras a las cooperativas éstas brindarán autonomía y la independencia, es decir, que son de ayuda mutua y lo más importante, controladas por sus propios miembros.

ANTECEDENTES

Los primeros indicios de la acuaponia se piensa son de los aztecas ya que practicaron una forma inicial mediante la crianza de peces junto a las cosechas. Ellos construían islas artificiales conocidas como “chinampas”pantanos y lagos someros, y plantaba en ellos maíz, zapallo y otras plantas. En los canales navegables que rodeaban las islas fueron usados para la crianza de peces. Los desechos de los peces que caían al fondo de los canales eran recuperados para fertilizar a las plantas. (*Historia De La Acuaponia*, 2012).

En el sur de China y en Tailandia se acostumbraba cultivar arroz en campos inundados en combinación con peces. Este es otro de los sistemas referidos como acuaponía temprana. Este tipo de sistema se extendió a muchas regiones de Asia, y se utilizaba para complementar la alimentación de las aldeas agrícolas. (Jiménez Márquez, 2020)

Es el sistema de cultivo que combina la acuicultura y la hidroponía. Plantas y peces crean sinergias que benefician a ambos seres vivos, ya que, por una parte, los desechos metabólicos de los peces se convierten en nutrientes que permiten crecer con más fuerza las plantas, y, por otra parte, estos vegetales hacen una doble función: la de limpiar el agua y eliminar elementos tóxicos. (Carrillo, 2020).

En los Estados Unidos, la cría de lombrices ha estado presente durante aproximadamente 50 años, y la especie conocida como "lombriz roja californiana" (comercialmente denominada "red hibrid") ha demostrado ser la más adecuada para la cría en cautiverio (Ferruzi, 1988; Hernández, 1991; Lastra, 1995).

Las lombrices representan un recurso de gran interés para la sostenibilidad en la agricultura, ya que desempeñan un papel activo en la regulación de las propiedades físicas del suelo, la dinámica de la materia orgánica y el crecimiento de las plantas (Lavalle et al., 1999). Junto con otros organismos macrodescomponedores, forman parte de la fauna del suelo. Esto se debe a su capacidad para descomponer la materia orgánica, reciclar nutrientes y contribuir a la formación del suelo (Räty y Huhta, 2004). Sin embargo, su actividad puede verse afectada en presencia de elementos tóxicos en el suelo (Spurgeon et al., 1994).

Los acociles tienen una historia de aprovechamiento y uso que se remonta a tiempos antiguos.

Aunque no se cuenta con información precisa sobre los primeros registros de su reproducción y cría, se sabe que estas especies de crustáceos han sido utilizadas como alimento y recurso en diversas culturas a lo largo de los años.

Además de su uso alimentario, los acociles también han tenido un papel importante en la medicina tradicional de algunas culturas. Se les atribuyen propiedades curativas y se utilizan en tratamientos para diversas afecciones, como enfermedades del corazón, problemas digestivos y malestares renales.

En términos de su explotación comercial, la cría de acociles ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas. En algunos países de América Latina, como México y Guatemala, se han desarrollado proyectos de acuicultura enfocados en la reproducción y producción de acociles para abastecer la demanda en el mercado local e incluso para la exportación.

Hoy en día, para lograr una reproducción donde se puedan mantener especies de una forma sustentable se crearon las cámaras de ambiente controlado.

Éstas cámaras 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; las dimensiones del recinto de ensayo; el formato, compacto o por paneles ensamblables; la masa sometida al tratamiento, conservación o ensayo; la disipación térmica del contenido; y variables adicionales tales como la existencia de gases controlados (contaminación, renovación de emanaciones y atmósferas inertes, entre otros) y simulación solar; entre otros (CCI, 2009). “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. Pueden manejar un amplio rango de temperaturas, para que cualquier atmósfera pueda ser simulada de forma constante durante largos períodos de tiempo, junto con lámparas fluorescentes que suplen la iluminación natural que necesitan las plantas (Álvarez et al., 2007), pues les brindan la mayor parte del espectro de luz que requieren para permitir su supervivencia dentro del recinto. (Pazos Urrea, 2013).

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.

AÑO 8. No. 8. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2023 – AGOSTO 2024. IA-01, pág.: 1 a la 5

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.).

DESARROLLO DEL TEMA

El proceso de elaboración de lombricomposta permite la utilización de una amplia variedad de residuos orgánicos, sin embargo, es más conveniente limitarla a los desechos de frutas y verduras de la preparación de los alimentos; es decir, ÚNICAMENTE los desechos de origen vegetal en crudo, cáscaras y tallos: cáscara o trozos de melón, sandía, papaya, manzana, plátano; hojas de elote, lechuga, tallos de cilantro, perejil, jitomate, chile, etcétera, EVITANDO los cítricos. Es importante que los residuos sean cortados en trozos pequeños (máximo de 2 cm). (Morales, 2011).

La Eisenia foetida, dentro de la lombricultura se ha convertido en una actividad alternativa en el sector agropecuario que sigue regulaciones similares a las aplicadas en la cría de animales domésticos. Para llevar a cabo esta práctica, es necesario contar con conocimientos sobre la biología de los anélidos y la tecnología relacionada con su crianza, alimentación y reproducción.
Existen varias especies de lombrices utilizadas con este propósito, como Allopora caliginosa (lombriz de campo, útil en la agricultura pero con una reproducción limitada), Ocasium lacteum (lombriz parda, que se desarrolla en suelos arenosos y húmedos), Dendrobaena alpina (lombriz del lodo, que se encuentra asociada a la Eisenia foetida), Lombricus terrestris (lombriz de tierra, que excava galerías profundas y prefiere regiones frías pero tiene una baja tasa de reproducción), Lumbricus rubellus (lombriz de residuos orgánicos, que vive tanto en la superficie como en el suelo) y Eisenia foetida (lombriz del estiércol o roja californiana, con una gran capacidad reproductiva) (Compagnoni, 1984).
La lombriz roja (Eisenia spp.) se ha convertido en una herramienta biotecnológica clave en
la actualidad para el reciclaje de desechos orgánicos. Como beneficio adicional, se obtiene
vermicompost (abono orgánico) y carne de lombriz, que se utiliza como una fuente óptima de alimentación animal (Ferruzzi, 1987). Esta especie de anélido, caracterizada por ser hermafrodita, puede llegar a producir grandes cantidades de lombrices por año. El abono resultante de sus deyecciones contiene una alta concentración bacteriana (2×1012 bacterias/g) y su ciclo biológico se desarrolla en espacios reducidos (50×103 cm3 de sustrato). Además, se adapta a una amplia gama de condiciones edafoclimáticas (Flores y Alvira, 1988)

Instalación del compostero.
Como compostero, para interiores, puede utilizarse un contenedor de madera o de plástico, o bien para exteriores una construcción de reja o de malla. Aunque es recomendable que el contenedor tenga tapa, basta. (Morales, 2011).
La temperatura ideal dentro del compostero es de entre 20°C y 25°C. Una excesiva acumulación de calor se evita con la aireación de los materiales, que además oxigena la mezcla. Asimismo, es necesario un ambiente húmedo para prevenir la deshidratación de la lombriz y favorecer su desplazamiento en el sustrato. Por otro lado, una humedad excesiva puede producir condiciones anaeróbicas no aptas para las lombrices, que causan olores desagradables, además de la producción de lixiviados. Mezclar los materiales demasiado húmedos con otros más secos es una práctica de control de humedad que mantienen al mínimo la producción de lixiviados. Se recomienda revolver cuidadosamente el contenido con un bieldo o pala, una vez por semana. (Morales, 2011)
Cosecha.
Una vez que los materiales han tomado un color café oscuro, y que su olor es como el de tierra húmeda (entre seis semanas y tres meses de procesamiento), puede cosecharse la composta. Entre los métodos de cosecha más comunes se encuentran la separación a mano (vaciando la composta en una superficie al sol, haciendo montículos pequeños y retirando los bordes cada diez minutos para permitir a la lombriz desplazarse hacia abajo); el cribado exterior (estresante para la lombriz, en el que la composta pasa a través de una malla o criba y la lombriz no); el cribado interior (la lombriz se traslada a las capas superiores del contenedor a través de una malla, mientras la composta permanece en el fondo); el método de migración horizontal (colocando alimento sólo de un lado del contenedor para que la lombriz migre a éste), y el método de vertido en jardín con todo y lombriz. Entre estos métodos, el más recomendable para recuperar el mayor número posible de lombrices es el cribado interior, en el que con un cajón se recolecta composta terminada y lixiviados de la parte inferior del

AÑO 8. No. 8. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2023 – AGOSTO 2024. IA-01, pág.: 1 a la 5

contenedor, sin necesidad de molestar a la lombriz sacándola de su hábitat. (Morales, 2011).

Si bien existen alimentos convencionales orientados al ganado, una alternativa viable a esos nutrientes puede ser la Lombriz Roja de California (Eisenia fetida), que es una especie de lombriz californiana. 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, que requieren niveles de proteína entre el 35% y el 60%.
• También se denotan 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).

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

Los cuales pueden alimentar de manera permanente a la especie acuática.

Ilustración 9Humus de lombriz y composta

El cultivo de acociles es relativamente fácil en comparación con otras especies de crustáceos (ej. camarón y langostinos); esto se debe, a sus características bioecológicas como: desarrollo larval abreviado (no presentan estadios larvarios), rápido crecimiento, reproducción durante todo el año y elevadas tasas de supervivencia. Lo anterior, hace de los acociles candidatos idóneos para cultivos acuícolas.
Los acociles son crustáceos de agua dulce pertenecientes a la familia Cambaridae. También se les conoce como cangrejos de río o langostinos de río. Son animales pequeños, similares en apariencia a los camarones, pero con un cuerpo más robusto y con una cola larga y aplanada.
Estos crustáceos se encuentran principalmente en los cuerpos de agua dulce de América,
especialmente en México y Centroamérica. Son muy apreciados en la gastronomía regional debido a su sabor distintivo y su carne delicada. Además, los acociles desempeñan un papel ecológico importante en los ecosistemas acuáticos, ya que contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y son una fuente de alimento para otras especies.
En cuanto a su alimentación, los acociles son principalmente omnívoros. Se alimentan de una variedad de materia orgánica, como algas, plantas acuáticas, detritos y pequeños invertebrados. Además, son conocidos por su capacidad para cazar y capturar presas vivas, como insectos acuáticos y larvas.
En términos de reproducción, los acociles tienen un ciclo de vida complejo. La reproducción suele ocurrir durante la temporada de lluvias, cuando los cuerpos de agua están bien abastecidos. Las hembras ponen huevos que llevan adheridos a sus patas traseras hasta que eclosionan. Los juveniles pasan por varias etapas de desarrollo antes de convertirse en adultos.
Es importante destacar que los acociles requieren de un hábitat acuático saludable para sobrevivir y reproducirse adecuadamente.

El interés en la reproducción comercial de acociles se debe en parte a su valor gastronómico y al reconocimiento de su potencial económico. A medida que la demanda de estos crustáceos ha aumentado, se han implementado prácticas de cría y manejo más especializadas para optimizar la producción y garantizar la calidad del producto final.

Para finalizar, las Lechugas Baby Leaf presentan ciclos de producción muy rápidos que oscilan entre 30 y 45 días según la época de producción.
Desde los años 80 aproximadamente, el consumo de alimentos conocidos como “IV Gama” no ha dejado de crecer. Estos son, por ejemplo, las ensaladas preparadas o las bolsas de lechugas u otras verduras directamente cortadas, que aumentan en dobles dígitos año tras año.
Las hojas de estos cultivos se lavan, mezclan y empaquetan en envases listos para el consumo directo, al alcance de personas, en tiendas o supermercados, y también de empresas de restauración como restaurantes, hoteles… Su consumo por tanto es muy cómodo. Esta tendencia también se ve en Europa, siendo aún más notable en el Norte del continente, potenciada a su vez por los hábitos de vida saludable y los nuevos patrones de familia.
Además, año tras año se han incrementado las explotaciones dedicadas a estos cultivos, mejorando la calidad y cantidad de las producciones, consiguiendo así ofrecer al mercado, baby leaf durante todo el año en perfectas condiciones.
El cultivo requiere que la cama de siembra este muy bien preparada (mullido, uniforme, aireado) para que nazcan bien las semillas de las especies de Baby Leaf sembradas.

AÑO 8. No. 8. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2023 – AGOSTO 2024. IA-01, pág.: 1 a la 5

Es muy importante que haya una germinación de las semillas muy uniforme y vigorosa para que el cultivo se establezca rápidamente y que al cosechar se tenga una alta producción de hoja sana.

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.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Otra ventaja de manejar este tipo de sustentabilidad es que permite además de una reproducción óptima de cada especie, obtener productos alternos que permitan una comercialización y desarrollo emprendedor. Productos que para este proyecto son: humus orgánico, harina de lombriz, acocil y lechuga órganica para consumo y, finalmente y de acuerdo a las propiedades estudiadas de cada especie un suplemento adicionado.

Los cálculos actuales nos brindan la siguiente información:
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 una huerta de lechuga hidropónica, 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.

Estos resultados adquieren especial relevancia cuando se consideran en el contexto de los programas sociales de alimentación de la Ciudad de México, como el programa de desayunos escolares. La producción anual de 0.1244 kg de harina de lombriz, 0.1125 kg de harina de acocil y 160 lechugas por metro cuadrado, podría ser utilizada para fortalecer y diversificar la oferta nutricional de estos programas.
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.
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. El uso del humus producido por las lombrices como fertilizante y abono beneficiará directamente a la producción de leche de bovino, la principal actividad pecuaria en la Ciudad de México.
Según las estadísticas, la producción de leche de vaca representa el 50.4% del valor total de la entidad en este ramo. 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.

Actualmente, los gobiernos de casi todo el mundo y corporaciones internacionales posicionan a la sustentabilidad como una parte de sus objetivos prioritarios, ya que por un lado han sufrido el duro golpe del incremento de los energéticos y, por otro lado, la escasez de productos necesarios para asegurar la alimentación de su población tal es el caso de la urea y los fertilizantes. Lo que los ha llevado a tomar consciencia acerca de la posibilidad de una escasez de recursos y alimentos en un futuro no muy lejano, por lo que han decidido colocar parte de su esfuerzo y capital, en desarrollar estrategias de sustentabilidad que les permitan la conservación del medio ambiente, continuidad del negocio e incremento de sus ganancias.
Asegurar el equilibrio entre crecimiento económico, protección del ambiente y la sociedad como centro de todo, es la labor actual de todas las naciones que desde hace unas décadas han sumado importancia al desarrollo pleno del hombre en un entorno saludable y mejora de su calidad de vida, disponiendo de los

AÑO 8. No. 8. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2023 – AGOSTO 2024. IA-01, pág.: 1 a la 5

recursos de la naturaleza, pero asegurando la subsistencia de las generaciones futuras.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Bonilla Hernández, N. M. (2012, Junio 5). *El enfoque de la sustentabilidad en México y los Steakholders como instrumentos de creación de organizaciónes eficientes*. Universidad Veracruzana. Retrieved May 18, 2023, from https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/11/011sustentabilidad2011-1.pdf
- Carrillo, A. (2020, January 24). *La Acuaponía: qué es y su origen antiguo*. ClicKoala Blog. Retrieved June 8, 2023, from https://join.clickoala.com/acuaponia-que-es-origen-mejores-peces-plantas/
- COBOS, A. M. (2016, Octubre 7). *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN. Retrieved June 7, 2023, from http://eprints.uanl.mx/11787/1/1080215621.pdf
- Jiménez Márquez, O. (2020, February 7). *ACUAPONÍA: UNA FORMA POTENCIAL Y SUSTENTABLE DE CULTIVAR DE MANERA EFICIENTE Y SUSTENTABLE ALIMENTOS.* Eumed.net. Retrieved June 7, 2023, from https://www.eumed.net/actas/20/economia-social/26-acuaponia-una-forma-potencial-y-sustentable-de-cultivar.pdf
- López, J. A. (2019, Noviembre 8). *2019.11.07 LIBRO ACUAPONIA.indd*. Cifal Málaga. Retrieved June 5, 2023, from https://cifalmalaga.org/web/wp-content/uploads/2020/04/2019.11.07-LIBRO-ACUAPONIA.pdf
- Morales, M. R. (2011). *Taller de elaboración de lombricomposta*. IBERO. Retrieved June 13, 2023, from https://ibero.mx/web/filesd/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf
- Pazos Urrea, J. P. (2013). *". "* - Wiktionary. Retrieved June 7, 2023, from https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1413/%28TG%29_C%C3%A1mara_de_%20Ambiente_Controlado_para_la_Supervivencia_de_Plantas_e_Insectos.pdf?sequence=4&isAllowed=%20y