

LIRIO ACUÁTICO DE TIXTLA DE GUERRERO, CONVERSIÓN A LOMBRICOMPOSTA: PARA PRODUCIR PLÁNTULAS Y CONOCER SU CONTENIDO NUTRIMENTAL

WATER LILY FROM TIXTLA DE GUERRERO, CONVERSION TO VERMICOMPOST: TO PRODUCE SEEDLINGS AND DETERMINE THEIR NUTRITIONAL CONTENT

Ramírez Leyva Jorge Alberto¹, Portillo Vega Edwing², Román Figueroa Arely³,
Valdovinos Pimentel Medardo⁴, Ramírez Leyva Yaritzi Ximena⁵

¹Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 191, tecoantixtla@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4481-3535>

²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 191, edwingportillo191@dgetaycm.sems.gob.mx, <https://orcid.org/0009-0000-8896-1989>

³Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No.223, arelyroman223@dgetaycm.sems.gob.mx, <https://orcid.org/0009-0006-5303-824X>

⁴Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No.223, medardovaldovinos.d03@dgetaycm.sems.gob.mx, <https://orcid.org/0000-0003-1692-5692>

⁵Estudiante de postgrado, Colegio de postgraduados. ximena.ramirez.leyva.98@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6698-8478>

<https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v8i2.433>

Resumen -- El lirio acuático ha sido durante muchos años un problema ambiental en la laguna de Tixtla de Guerrero, no existen trabajos acerca de un planteamiento para su control. Sin embargo, se han hecho esfuerzos para su recolección y conversión en abonos orgánicos. Los objetivos han sido 1) determinar la viabilidad de esta planta como materia prima para producir lombricomposta con otros materiales y 2) conocer su contenido nutricional para el uso por los agricultores. La investigación sigue un enfoque cuantitativo, se usó un Diseño Completamente al Azar, para el establecimiento de los tratamientos en la producción de plántulas y, para el análisis se enviaron las muestras al laboratorio de la Universidad de Chapingo en el Laboratorio Universitario Central. Se logró obtener información acerca del efecto de este abono como sustrato en la producción de plántulas de distintas especies hortícolas, así como las concentraciones nutricionales de cada muestra para elaborar una recomendación práctica a los productores de la región, tomando como bases propuestas de trabajos similares. Con esta investigación se avanza en la solución ambiental de esta planta que causa estragos en los campos de cultivo como consecuencia del aumento del nivel del agua de la laguna y permitirá disminuir las consecuencias de su invasión.

Palabras Clave-- Abono, Eutroficación, Humus, Nutriente, Sustentable.

Abstract -- The water lily has been an environmental problem in the Tixtla lagoon in Guerrero for many years, there are no studies on an approach to its control. However, efforts have been made to collect them and convert them into organic fertilizers. The objectives have been 1) to determine the viability of this plant as a raw material to produce vermicompost with other materials and 2) to know its nutritional content for use by farmers.

The research follows a quantitative approach, a Completely Random Design was used for the establishment of treatments in the production of seedlings and, for analysis, the samples were sent to the laboratory of the University of Chapingo in the Central University Laboratory. It was possible to obtain information about the effect of this fertilizer as a substrate in the production of seedlings of different horticultural species, as well as the nutritional concentrations of each sample to develop a practical recommendation to producers in the region, based on proposals for similar work. With this research, progress is made in the environmental solution of this plant that wreaks havoc on crop fields as a result of the increase in the water level of the lagoon and will reduce the consequences of its invasion.

Key words-- Fertilizer, Eutrophication, Humus, Nutrient, Sustainable.

INTRODUCCIÓN

A partir de la problemática encontrada en Tixtla de Guerrero, en el estado de Guerrero, ubicado en la zona centro, en la que se encuentran 3 cuerpos de agua: 1) **la presa de agua potable**, donde por escurrimientos de arroyos se capta el agua que abastece de este líquido a la ciudad; 2) **la presa de almacenamiento de agua “Juan Catalán Verbera”**, quien se encarga de abastecer a los terrenos de cultivo en la parte baja del Valle de Tixtla y 3) **la laguna negra**, cuerpo de agua que recolecta en primera instancia los escurrimientos de las precipitaciones pluviales, en segunda instancia las aguas jabonosas (como resultado de las actividades domésticas) que son vertidas en las calles de la ciudad y, finalmente las aguas contaminadas del sistema de drenaje y alcantarillado que en pocas palabras no es funcional y sus aguas vierten en este cuerpo de agua.

Encontramos el caso de la laguna negra, conocida así por su alto contenido de nutrientes, tiende a presentar el fenómeno de eutrofización, el cual es una acumulación de nutrientes que permite que plantas acuáticas se desarrollen con gran velocidad, en otras palabras, este fenómeno se da en lugares donde las concentraciones de nutrientes del agua son, por lo general, altas, debido a la escorrentía agrícola, la deforestación y el tratamiento insuficiente de las aguas residuales [1], provocando problemas no solo en lo ecológico, social y económico.

Aquí surge la problemática del lirio acuático, ya que tiende a presentar una serie de cuestiones como la disminución del volumen de agua por la alta tasa de transpiración, el descontrolado crecimiento de la planta invasora que impide desarrollar actividades propias de los agricultores, por lo que la mejor opción para ellos, es recolectarlo e incinerarlo. Aquí radica la importancia y justificación de la investigación, ya que considerando que la comunidad puede aprovechar todos los recursos naturales y que, en el caso de Tixtla de Guerrero, el lirio pueda ser utilizado como materia prima valiosa para generar actividades económicamente rentables [2].

La estrategia diseñada en la investigación trata de coadyuvar en el tratamiento del lirio acuático a través de la técnica de la lombricultura con los procesos de: recolección, picado de la planta en trozos finos para su mejor manejo, compostaje y lombricompostaje, con la intención de producir un abono orgánico para su uso en la producción de sus cultivos.

Es importante desarrollar una estrategia de tratamiento de esta planta invasiva que nos permita generar conocimientos, técnicas de manejo y propuestas de su uso en la agricultura como un material disponible para la producción de plántulas y mejorar los suelos al ser agregado a los mismos como fertilizante orgánico.

Ante esto, y dándole la importancia técnica a las diferentes propuestas de solución en el control de esta planta o definitivamente en su eliminación, se planteó trabajar en una estrategia que ayude a desarrollar un manejo eficiente, ecológico y social.

Por su parte, sobre el estudio y manejo de plantas acuáticas en México, [3] menciona:

Que en los últimos diez años se ha reportado una disminución de insectos polinizadores (abejas, abejorros) como consecuencia del uso masivo de insecticidas. En el caso del control de plantas, los herbicidas representan más del 65 % de pesticidas utilizados en la agricultura para el control de malezas, tanto terrestres como acuáticas. Estos plaguicidas tienen efectos tóxicos, cancerígenos y mutagénicos, ampliamente documentados, que afectan la salud humana y propician el deterioro del medio ambiente, por lo que su uso se considera de alto riesgo.

En la búsqueda de las actividades más importantes en los que el lirio acuático puede usarse, [4] mencionan que: Se utiliza esta planta como única materia prima en cuatro procesos distintos:

1. Composteo: consiste en la descomposición aerobia de la biomasa que convierte la materia orgánica en un producto estable, higiénico y abundante en compuestos húmicos y minerales; es decir, la composta. El uso de composta en un suelo aumenta su capacidad de retención de agua y de nutrientes, mejora la aireación y disminuye el uso de fertilizantes químicos.

2. Lombricomposteo: este proceso se lleva a cabo con base en la interacción entre lombrices de tierra y ciertos microorganismos. Las lombrices fragmentan y acondicionan el sustrato para mejorar la degradación por la actividad microbiana. En la actualidad, estos productos cumplen con la norma [5] NMX-AA-109-SCFI-2008 para la obtención de composta y lombricomposta tipo II.

3. Biogás: este combustible es producido por fermentación anaerobia y contiene una mezcla de metano y dióxido de carbono. El biogás se puede utilizar para producir calor (en calderas), como combustible, para generar electricidad (mediante motores o turbinas) e incluso como materia prima.

4. Material absorbente: el lirio acuático seco contiene un alto número de fibras que le otorgan un poder absorbente importante (hasta 12 veces su propio peso de agua). Esto se puede aprovechar para la recuperación de hidrocarburos o aceites, además de otras potenciales aplicaciones.

En relación a la lombricomposta, [6] mencionan que el humus de lombriz, también o vermicompost, se obtiene de un proceso, en el cual las lombrices digieren material orgánico, descomponiéndolo gracias a la acción de sus enzimas digestivas y de la microflora presente en su organismo. Es el mejor abono orgánico que existe, una sola tonelada de humus de lombriz equivale a 12 toneladas de estiércol vacuno y a 4 toneladas de compost (pág. 25).

Los objetivos de la investigación fueron:

En su primera etapa: determinar la viabilidad del lirio acuático como material para producir abonos orgánicos con la lombricultura y posterior a ello conocer el grado de efectividad como sustrato.

En su segunda etapa: Conocer a partir de análisis de laboratorio los contenidos nutrimentales que arrojan las mezclas de materiales residuales con lirio acuático.

DESARROLLO

La investigación se desarrolló en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 191, ubicado en el municipio de Tecoman, Guerrero. Se localiza a 850 metros sobre el nivel del mar, al sureste de Chilpancingo, ubicado entre los paralelos 16°48' y 17°11' de latitud norte y en los 99°00' y 99°11' de longitud oeste respecto del meridiano de Greenwich. El clima predominante es el subhúmedo-cálido con temperaturas medias anuales de 31°C., en los meses más fríos, enero y febrero, llegan hasta 24,9°C. Las lluvias llegan desde julio hasta octubre, con una precipitación media anual de 1,600 milímetros; este clima es el más húmedo de los cálidos-subhúmedos.

Se desarrolló bajo un tipo de **estudio experimental**, ya que busca especificar las propiedades importantes que proporciona la planta de lirio acuático dentro de sus aportaciones a la generación de una propuesta técnica y en la elaboración de lombricomposta para el desarrollo de plántulas de diversos cultivos.

Dentro del proceso de construcción del diseño estadístico, se desarrolló: **una metodología cuantitativa a partir del Diseño Completamente al Azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, resultando en total 20 unidades experimentales.**

La investigación se llevó en 3 momentos, relacionados con los objetivos planteados, recolectar los materiales orgánicos y el lirio acuático, mezclar los materiales de acuerdo a los tratamientos establecidos y producir abono orgánico a partir de la lombricultura con los materiales obtenidos de la composta para proceder a la producción de plántulas de las hortalizas seleccionadas.

En un espacio del invernadero de la escuela se colocaron las charolas de polipropileno con los sustratos obtenidos de las mezclas. Cada una de las charolas con el sustrato previamente desinfectado son llenadas y en sus cavidades se coloca una semilla.

Los tratamientos estudiados de acuerdo a las mezclas elaboradas fueron los siguientes:

Tratamiento 1: 50% de material de lirio acuático sin raíces mezclado con 50% de estiércol de bovino

Tratamiento 2: 50% de material de lirio acuático sin raíces mezclado con 50% de residuos vegetales obtenidos del mercado municipal.

Tratamiento 3: 25 % lirio acuático con 25% material reciclado de oficinas y 50% de material de residuos vegetales tales como hojas secas.

Tratamiento 4: 50% lirio acuático con 50% de estiércol de equino.

Tratamiento 5: testigo solo lirio acuático.

Las charolas se sembraron con las semillas de hortalizas, dado este paso, existe un proceso de atención para que las semillas germinen con calidad y sin problemas fisiológicos.

Las variables analizadas fueron: Días a composteo, pH del composteo y días a lombricomposteo, así como días a germinación, porcentaje total de las semillas germinadas, altura de plantas a 15, 20 días después de la siembra, identificación de deficiencias nutrimentales y calidad de plántulas El análisis de datos obtenidos en el transcurso de los procesos, son evaluados en el programa estadísticos Minitab, cuyo material es de carácter gratuito y libre.

Este paquete de análisis estadísticos arrojó los análisis de varianza, los que permitió interpretar lo que ha sucedido entre las variables estudiadas. Si las condiciones se otorgan, en el análisis de las medias obtenidas se aplicó la prueba de medias a través de Tukey a un 95% de probabilidad.

Los resultados obtenidos van a permitir generar recomendaciones, indicaciones y por supuesto formular

conclusiones que permita decidir sobre el efecto obtenido en las mezclas de lirio acuático con diferentes materiales orgánicos en la obtención de abono orgánico con la lombricultura y su aplicación como sustrato en la producción de plántulas de cultivos como jitomate y chiles.

Una vez que se obtuvieron resultados de la primera etapa, en el que el objetivo era: determinar la viabilidad del lirio acuático como material para producir abonos orgánicos con la lombricultura y posterior a ello conocer el grado de efectividad como sustrato, se procedió a tomar como referencia cada uno de los tratamientos para conocer el contenido nutrimental de las muestras.

Dichos materiales se enviaron al Laboratorio Central Universitario de la Universidad Autónoma de Chapingo, con la finalidad de conocer los valores de los elementos, para realizar los análisis correspondientes de los mismos, así como la comparación con otras investigaciones, y de esta forma, generar una recomendación para su uso en los campos agrícolas de Tixtla.

El laboratorio emite los resultados con sus valoraciones, con el que los demás tratamientos deben ser analizados, esta metodología nos indica qué puede ser lo procedente a realizar teniendo conocimiento de los procesos de compostaje (tiempos y manejo), de lombricompostaje (tiempos y actividades culturales) y su uso en las charolas de germinación para conocer el efecto de los abonos orgánicos obtenidos del lirio acuático con otros materiales.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Días a compostaje, pH y días a lombricomposteo

Tabla 1. Datos obtenidos a partir del proceso de descomposición de los materiales orgánicos mezclados con lirio acuático.

Tratamientos	Días de composteo	Valor de pH	Días de lombricomposteo
1	45	7.8	49
2	35	7.2	45
3	45	7.4	51
4	50	7.8	61
5	45	6.5	42

Fuente. elaboración propia con datos del proyecto de investigación.

Los tiempos de descomposición se encuentran dentro de los parámetros de investigaciones referentes a este trabajo, tal es el caso de [7], en el residuo de excretas de borrego, así como verduras de mercado, combinados con lirio acuático, trabajaron un periodo de 30 días en el precomposteo de los materiales, los cuales fueron suficientes para producir un alimento para las lombrices tomando en cuenta los procesos del trabajo de descomposición (p. 2).

[8] menciona que el pH es un factor de vital importancia en el óptimo desarrollo de las plantas, ya que los nutrientes se encuentran disueltos en agua, compuesta de hidrógenos y oxídilos que unidos la forman; sin embargo, existe una concentración constante de iones hidrógeno y oxígeno en libertad, denominada constante de ionización del agua, de ahí que, si no existe influencia de otros iones, el pH del medio sea neutro y su valor sea 7. Cuando esta cantidad varía debido a la captura de iones hidrógeno por algunos aniones presentes en el medio, el pH es mayor a 7 y si por el contrario si la cantidad varía por la captura de iones oxhidrilo por algunos cationes, el medio será ácido. El rango óptimo para el crecimiento de la gran mayoría de los cultivos es de 5.5 y 6.8 (p. 81).

Los rangos del pH en los resultados se encuentran dentro de los parámetros de investigaciones realizadas por otros autores, tal es el caso de [9], quien menciona que el pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En las primeras fases del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (Román et al., 2013). Durante el proceso de compostaje del lirio, el pH varió entre 6.83 y 8.04 en los tratamientos evaluados (p. 240).

La producción de la lombricomposta depende de muchas actividades, las cuales deben estar debidamente realizadas para no causar alguna situación técnica que provoque daños a las lombrices.

Lo anterior es resultado de la interacción de la cantidad de lombrices inoculadas versus la cantidad de sustrato a procesar, precisamente la alta inoculación en estado juvenil de la planta permite recortar el tiempo de producción de lombricomposta siendo hasta 70 días para maduración o igual o mayor de 10 semanas [7].

Revisando las características del cual los sustratos que definen una función en el proceso de germinación de una semilla, en este caso de hortalizas, es necesario que cumpla con algunas propiedades, es así como [10] define las propiedades físicas y químicas que debe contener un sustrato:

Propiedades físicas

Función de soporte. Debe ser firme y denso para mantener la semilla botánica o vegetativa en su lugar.

Elevada porosidad para permitir un adecuado drenaje oxigenación, baja densidad aparente y textura fina para semilla botánica

Estructura estable: debe mantener su volumen, no encogerse demasiado al secarse ni hincharse demasiado al humedecerse.

Retentivo, elevada capacidad de retención de agua disponible para mantener una humedad constante durante toda la etapa de propagación de una buena humedad

depende la germinación y el enraizamiento- y para no tener que ser regado con mucha frecuencia.

Limpio, para evitar problemas sanitarios -hongos, nemátodos, bacterias, gusanos de tierra, etc.- o presencia de sustancias tóxicas para las plantas, especialmente en el caso de sustratos obtenidos por reciclaje de residuos.

Propiedades químicas

Que se pueda esterilizar sin sufrir transformaciones o cambios que puedan afectar el material de propagación, como precipitados o liberación de tóxicos.

No contener exceso de sales que pudieran retrasar la germinación o producir la muerte de plántulas

Elevado contenido de materia orgánica, especialmente en semilla botánica.

Moderada a elevada capacidad de intercambio catiónico y mínima velocidad de descomposición (p. 26).

Días a germinación y porcentaje de germinación

Tabla 2. Resultado de los efectos ejercidos en los días para la germinación de las semillas de hortalizas y porcentajes obtenidos.

Cultivo	Días a germinación	% de germinación
Jitomate	7	95
Chile	11	95
Pepino	5	97
Calabacita	5	97
Sandía	5	95

Fuente. elaboración propia con datos del proyecto de investigación.

Las semillas utilizadas en su mayoría ofrecen alto porcentaje de nacencia como se observa en el cuadro anterior.

Esto indica que independientemente del sustrato utilizado, la semilla tiene un alto porcentaje de germinación si se lleva a cabo el proceso cuidando que los factores que pueden ser adversos, se controlen de manera que se cumpla el objetivo que es un alto porcentaje de germinación.

Altura de plantas

Tabla 3. Altura de plantas a 10 días de germinación de distintas semillas de hortalizas utilizando como sustrato lombricomposta de lirio acuático y otros materiales.

Altura de plantas 10 días									
Chile		Jitomate		Calabacita		Pepino		Sandía	
T	4.0	T	6.9	T	5.2	T	6.67	T	6.5
2	5a	2	4a	3	2a	5	a	2	7a
T	3.9	T	6.3	T	5.1	T	6.07	T	6.2a
1	1a	1	6a	1	0a	3	ab	2	b
T	3.8	T	6.3	T	4.2	T	6.00	T	5.8a
3	4a	4	1a	5	0a	2	ab	4	b
T	3.8	T	6.2	T	4.2	T	5.88	T	5.0
5	2a	3	9a	4	0a	4	ab	3	8b

T 4	3.7 6a	T 5	6.0 0a	T 2	4.0 0a	T 1	5.57 b	T 5	4.9 b
--------	-----------	--------	-----------	--------	-----------	--------	-----------	--------	----------

Fuente. elaboración propia con datos del proyecto de investigación.

Tabla 4. Altura de pantas a 20 días de germinación de distintas semillas de hortalizas utilizando como sustrato lombricomposta de lirio acuático y otros materiales.

Altura de plantas 20 días									
Chile		Jitomate		Calabacita		Pepino		Sandía	
T 5	12.0a	T 2	13.5a	T 3	13.50a	T 4	9.15a	T 5	19.50a
T 3	9.50b	T 3	12ab	T 1	13.05ab	T 2	8.72ab	T 3	19.25a
T 1	9.50b	T 4	12ab	T 4	12.55abc	T 1	8.72ab	T 1	19.82a
T 4	9.25b	T 1	11ab	T 5	12.1abc	T 3	8.72ab	T 4	18.60a
T 2	9.25b	T 5	9.7b	T 2	11.90bc	T 5	8.07b	T 2	18.30a

Fuente: elaboración propia con datos del proyecto de investigación.

Los resultados de las alturas de plantas en las distintas hortalizas establecidas, presentan ciertas características estadísticas como se muestra en la siguiente tabla 3.

El cultivo de chile y jitomate en las alturas de plantas de 10 días después de nacida no arrojan diferencias significativas, dado que los datos se encuentran en los valores prácticamente similares, con 4 cm y 6 cm cada cultivo, respectivamente. En lo respectivo a 20 días después de nacida, por los efectos que generan los sustratos de la lombricomposta, se observan diferencias en los datos en el caso del cultivo de chile es una altura con 12 cm sobre el resto que representan la distancia entre las muestras de las medias obtenidas, se contabilizan 3 cm de altura entre ellas. El cultivo de jitomate en 20 días después de nacida presenta diferencia significativa con 13.5 cm sobre las medias comparadas lo que, dado el resultado de Tukey, arroja hasta 9.75 cm con la media más baja. Los tratamientos que mejores resultados muestran son los T2 y T5, que contienen lirio acuático combinado con residuos vegetales de mercado, así como los que provienen de lirio acuático en 100%, respectivamente.

El cultivo de calabacita en la medición de la misma variable altura de plantas, muestra significancia en los 20 días después de nacida, no así en los 10 días; la comparación de medias arroja una diferencia muy marcada en los tratamientos que corresponden a T3 que contiene lirio acuático combinado con residuos de papelería y hojarascas en descomposición, de acuerdo a los resultados tanto del proceso de compostaje como lombricompostaje, este tratamiento presentó los periodos más cortos en su descomposición y producción como abono.

El cultivo de pepino, en la misma línea de resultados de las comparaciones de medias, presentan diferencias

significativas, arrojando datos no muy alejados entre ellos, sin embargo, la prueba de Tukey considera que los datos son diferentes entre sí. Los mejores tratamientos son aquellos que contienen lirio acuático en su totalidad y lirio acuático combinado con estiércol de equino, respectivamente.

En el cultivo de sandía, se encontraron diferencias significativas en el arranque del crecimiento de las plantas, tal es el caso de 10 días después de nacidas, no así en los 20 días en los que las comparaciones de medias no arrojan diferencias. Los mejores tratamientos en esta variable se encuentran lirio acuático con residuos de mercado y lirio acuático con estiércol de equino.

En un estudio a partir de la incorporación de abonos orgánicos al suelo, con un mes de anticipación, [11], no obtuvieron diferencias significativas en las alturas de plantas en el cultivo de chile jalapeño y serrano. Se determina por lo tanto que los abonos orgánicos tienen efecto en etapas importantes de las plantas, así como en su rendimiento (87).

[12] cita a varios investigadores que han demostrado que la adición del humus de lombriz a los suelos y sustratos de cultivo incrementa considerablemente el crecimiento y la productividad de una gran cantidad de cultivos hortícolas tales como tomate, pimiento, ajo, fresa, plantas medicinales, leguminosas como el garbanzo verde, gramíneas como el sorgo y el arroz, hierbas aromáticas como la albahaca, frutales como el plátano y la papaya, y plantas ornamentales como los geranios, tajetes, petunias, crisantemos y flores de pascua.

Calidad de plántula y cepellón

Correspondiente a la calidad del cepellón, en el cual se garantice que este proporcione una viabilidad en su uso, [13], refiere que para determinar esto es necesario el conocimiento del sistema radical de las plantas, profundidades y extensión superficial de las raíces con vistas a elegir un tamaño adecuado de manera tal que se obtenga un crecimiento profuso que garantice la formación de un cepellón consistente. Las plantas hortícolas se pueden agrupar según el carácter del sistema de raíces, su volumen, profundidad que alcanzan, disposición y capacidad de absorción de agua y también se considera el carácter del sistema de hojas (p. 7). De lo dicho hasta ahora se infiere que mucho tiene que ver con el carácter de sus sistemas radicales, penetración, volumen de raíces, capacidad de absorción y el carácter de su sistema foliar para elegir con acierto las dimensiones de los alvéolos en las bandejas de cepellones y las necesidades de agua en la etapa de crecimiento inicial de las posturas con el fin de obtener un cepellón bien formado, es decir que las raíces sean capaces de sostener el sustrato que las rodea. No obstante, es necesario conocer más profundamente el sistema radical de las principales especies para la toma de decisiones. (p. 23).

Según (Castillo, 2002), citado por [14], mencionan que la calidad de la planta es la resultante de la integración de numerosas características fisiológicas y morfológicas que

controlan las posibilidades de desarrollo y crecimiento ulterior de las plantas. Es uno de los factores más importantes que condicionan el éxito de la plantación. Históricamente la determinación de la calidad de las plantas viene determinada por su capacidad de sobrevivir bajo condiciones de estrés y predecir un crecimiento vigoroso después de su plantación.

Es así como [14], menciona que el uso de plántulas permite obtener un cultivo con mayor uniformidad en campo, ya que se parte con individuos de tamaños similares en la charola, lo que se traslada al campo, pudiendo mejorarla aún más, al poder terminar de seleccionar al trasplantar. Con esta ventaja se logra una disminución en el riesgo de empezar mal la campaña productiva, disminuyendo los gastos de aplicaciones sanitarias, mejorando el aprovechamiento de las enmiendas nutricionales, obteniendo una cosecha más concentrada, entre otras. En ese sentido, el principal objetivo del almácigo y trasplante en la obtención de una plántula de calidad.

Del Laboratorio Universitario Central de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo, se obtuvieron los siguientes resultados, que se muestran en las tablas 5 y 6, respectivamente.

Para el análisis de los valores obtenidos, se compararon resultados de diversas investigaciones, algunos, son propuestas de trabajo del manejo del lirio acuático en diferentes usos, como son: fitorremediación, producción de biogás, producción de compostas, producción de lombricomposta y finalmente producción de plántulas de diversas hortalizas, con la finalidad de apoyar en el control y manejo de esta planta invasora en las distintas localidades donde se han desarrollado las investigaciones.

Las comparaciones, entre los valores obtenidos y los presentados por los diferentes autores, determinan la calidad nutritiva que debe presentar la lombricomposta. Las lombricompostas con otros materiales, presentan valores apegados a criterios de acuerdo a sus países de origen, otros, a los laboratorios locales y en México de acuerdo a la NOM/SCFI/2008 en la que proporciona rangos de las características que debe cumplir la lombricomposta para considerarse de calidad, estable y madura.

En las tablas 5 y 6, respectivamente, encontramos los resultados emitidos en el análisis de las muestras obtenidas.

Tabla 5. Resultados de 2 muestras de lombricomposta obtenidas a partir de lirio acuático de la laguna negra de Tixtla de Guerrero con otros materiales.

Parámetro	T1	T2
pH	7.01	8.38
C.E.	1.64	4.64
M.O.	15.19	36.00
N	1.31	1.66
P	0.08	0.48

K	0.16	1.11
Ca	0.18	2.14
Mg	0.14	1.20
Na	0.49	0.45
C.I.C.	37.3	53.00
Fe	0.19	0.50
Cu	29.00	82.75
Zn	151.75	186.25
Mn	376.00	277.50
B	136.52	267.60
C/N	8.4	12.6
Da	1.02	0.74

Fuente: Laboratorio Central Universitario UACH.

Tabla 6. Resultados de 3 muestras de lombricomposta obtenidas a partir de lirio acuático de la laguna negra de Tixtla de Guerrero con otros materiales.

Parámetro	T3	T4	T5
pH	7.62	7.08	8.46
C.E.	0.60	4.75	4.84
M.O.	14.00	8.07	43.00
N	1.23	2.19	1.55
P	0.37	0.48	0.50
K	0.38	0.33	1.17
Ca	0.33	2.87	2.13
Mg	0.15	1.67	1.52
Na	0.11	0.84	0.45
C.I.C.	24.5	45.6	69.5
Fe	1.05	0.41	0.47
Cu	23.50	120.25	58.00
Zn	86.75	249.00	171.50
Mn	294.00	324.00	374.75
B	243.87	100.65	253.00
C/N	6.6	36.0	16.1
Da	1.00	0.75	0.67

Fuente: Laboratorio Central Universitario UACH.

Tabla 7. Comparación de valores de la lombricomposta de López (2012) con los resultados de las tablas 6 y 7, respectivamente.

Valores López (2012)	Comparación con las muestras de laboratorio.
Nitrógeno (N) 1,0 a 2,6 % Fósforo (P205) 2,0 a 8,0 % Potasio (K20) 1,0 a 2,5% Calcio (CaO) 2,0 a 8,0% Magnesio (MgO) 1,0 a 1,3 %	Todos los elementos se encuentran dentro del rango de valores obtenidos en la investigación
Materia Orgánica 30 a 50 %	El T2 y T5 son los únicos que muestran concordancia en valores.
Relación C:N 10 a 11	Ninguno de los tratamientos se encuentra dentro de los valores mencionados.

En una investigación para conocer el efecto del lirio acuático como sustrato en la germinación de hongos, formularon mezclas de esta planta con olote de maíz y

salvado. A pesar de no existir mucha información y resultados para contrastar sus evaluaciones, recomiendan para un mejor crecimiento del micelio del hongo Reishi que el lirio acuático sea composteado no sin antes ser finamente cortado en pedazos pequeños (pág. 302). Este es uno de los distintos usos que se le puede dar a la planta de lirio acuático [2] .

El análisis de los datos que arroja la Tabla 5, para el contraste de los resultados de la investigación, los parámetros no difieren ni se alejan de manera significativa, la aportación del nitrógeno se encuentra dentro de los rangos permitidos; en lo que respecta a la MO, los tratamientos que cumplen con los valores son T2 y T5, respectivamente. Valores muy bajos en la relación C/N, cumpliendo únicamente el T1 con valor de 36 considerado como adecuado. La Norma tiene rango de valores de 5.5 a 8.5 en lo que al pH respecta, la investigación obtuvo resultados de 7.01 a 8.46, lo que significa que dentro de la comparativa los valores representan un pH adecuado. Dentro de la conductividad eléctrica hay disparidad de valores, ya que solo 3 de 5 tratamientos muestran salinidad adecuada como son los T2, T4 y T5, respectivamente, de acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 5 y 6.

A continuación, se muestran los rangos de los parámetros emitidos en lo referente a la calidad del humus.

Tabla 8. Especificaciones fisicoquímicas del humus de lombriz de acuerdo a la NMX-FF-109-SCFI-2008.

Característica	Valor
Nitrógeno total	De 1 a 4% (base seca)
Materia orgánica	De 20% a 50% (base seca)
Relación C/N	≤ 20
Humedad	De 20 a 40% (sobre materia húmeda)
pH	de 5,5 a 8,53
Conductividad eléctrica	≤4 dSm ⁻¹
Capacidad de intercambio catiónico	> 40 cmol kg ⁻¹
Densidad aparente sobre materia seca peso volumétrico	0,40 a 0,90 g mL ⁻¹
Materiales adicionados	Ausente

Tabla 9. Propiedades químicas y humedad de lombricomposta a base de lirio acuático tomado de Ríos (2021).

Determinación	Unidades	Valor	Valor óptimo
pH	---	8.96	5.2 - 6.3
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	5.80	0.75 - 1.99
Carbono orgánico	%	29.3	20
Relación C/N	---	19.8	20 - 40
Materia orgánica	%	50.6	> 80
Humedad	%	49.4	---
Cenizas	%	49.4	< 20
Nitrógeno total	%	2.29	18.90
Fosforo (P)	%	1.77	6 - 10
Potasio (K)	%	3.00	150 - 249
Calcio (Ca)	%	4.15	> 200
Magnesio (Mg)	%	1.35	> 70
Sodio (Na)	%	0.29	---
Azufre (S)	%	0.68	---
Hierro (Fe)	%	68885	0.3 - 3.0
Cobre (Cu)	ppm	76.6	0.001 -
Manganeso (Mn)	ppm	741	0.5
Zinc (Zn)	ppm	543	0.02 - 3.0
Boro (Br)	ppm	58.8	0.3 - 3.0
			0.05 - 0.5

De la tabla anterior, se puede deducir que presenta algunos valores altos, los cuales pueden tener efectos negativos en la disposición de los nutrientes tal es el caso del pH y de la CE. Se observa que la relación C/N es adecuada, su contenido de MO es baja. En relación a los nutrientes, los elementos mayores están en rangos permitidos, y los microelementos se encuentran en los valores considerables, lo que nos permite concluir que este material cuenta con las características fisicoquímicas aceptables hasta el punto de mejorar los únicos dos elementos primeros.

Ramírez y colaboradores (2023), en diferentes dosis de lombricomposta producidas con lirio acuático y otros materiales orgánicos, produjeron plántulas de hortalizas, presentaron datos de germinación y altura de plantas a 15 días, lo que significa que los abonos de este tipo, producidos con lirio acuático presentan un alto contenido de influencia por la materia orgánica que dispone y que al mismo tiempo actúa como fertilizante natural (pág. 42).

CONCLUSIONES

La estrategia de manejo realizada a esta planta invasora a partir de la lombricultura, permite incorporar ante los diversos estudios y colaboraciones al tema, un procedimiento más que coadyuve en el correcto trato de los residuos obtenidos con el retiro de esta planta que causa en distintas partes de México tanto problemas ecológicos, económicos, de salud y turísticos, por ello, de acuerdo a los resultados, las concentraciones nutrimentales de las mezclas de lirio acuático con diferentes materiales presentan una gran viabilidad como fertilizante natural, ya que influyen directamente en cada una de las etapas fenológicas de las plántulas. Los valores de pH, los días transcurridos de los procesos de compostaje y lombricompostaje se encuentran dentro de los permitidos en la producción de abonos orgánicos a

través de la lombricultura. Por lo anterior, el lirio acuático es un material viable para la producción de estos y contribuye entonces al combate manual de esta planta invasora para su uso ecológico en la agricultura.

Los resultados de laboratorio indican que estos abonos orgánicos pueden utilizarse en el cultivo seleccionado por el productor, sin embargo, el tomar consideraciones importantes como el análisis de los mismos con análisis de suelos, podrá resultar en un paquete tecnológico eficiente en la producción del mismo cultivo seleccionado.

Finalmente, el lirio acuático se considera un material viable para la elaboración de lombricomposta, en esta zona, de ser una planta invasora, pasa a tener un uso que presenta beneficios a los productores, sabido es que los abonos orgánicos son mejoradores de suelos ya que reducen la compactación de los mismos, mejora la actividad de los microorganismos en la zona de influencia radicular propiciando a que los nutrientes estén disponibles lentamente y que con el paso del tiempo, los suelos no presenten lixiviación.

Se considera importante continuar con investigaciones propias de la búsqueda de proporciones que generen abonos ricos en nutrientes con características fisicoquímicas que permitan la disponibilidad de los nutrientes.

Las líneas de investigación dentro de la sustentabilidad, deben continuar explorando este tipo de actividades que generen conocimientos y estrategias de trabajo con el lirio acuático, por lo que se recomienda establecer investigaciones sobre la efectividad de la biomasa en la generación de combustibles y energía en la zona de influencia en la localidad de Tixtla de Guerrero, con la finalidad de proporcionar estos insumos en locales comerciales y que generen ahorros a los productores.

De la misma forma una línea de investigación que puede ser explorada es la del desarrollo de materiales innovadores como los bioplásticos desde los materiales biodegradables que logren sustituir a los plásticos de uso convencional.

En los aportes de [15] menciona que los sustratos obtenidos con lirio acuático con diferentes sustratos, cuentan con una disponibilidad buena en relación a sus nutrientes, estos presentaron resultados satisfactorios en la calidad de plántula y cepellón.

AGRADECIMIENTOS

A la COSFAC se le reconoce y agradece por el apoyo económico aportado a esta investigación, así como a la DGETAyCM Guerrero y al CBTA 191 de Tecoaapa, por las facilidades prestadas al desarrollo de la presente investigación.

En Tixtla de Guerrero se agradece a los CC. Moisés Antonio González Cabañas ex Presidente Municipal por la aportación para el análisis de las muestras en el laboratorio y al Lic. Alberto Michi Campos, Presidente Municipal actual por su apoyo para asistir a congresos internacionales y presentar los resultados de la investigación a la sociedad científica de México.

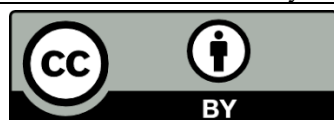
BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rodríguez Lara, J.W., F. Cervantes Ortiz, G. Arámbula Villa, L. A. Mariscal Amaro, C. L. Aguirre Mancilla y E. Andrio Enríquez, «Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión,» *Agronomía Mesoamericana*, vol. 33, n° 1, pp. 1-12, 2022.
- [2] Oseguera Figueroa, L., Aguirre Arias, M. E., G. Piedra Olvera y B. García Hernández, «FORMULACIÓN DE SUSTRATOS A BASE DE LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*) PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS REISHI (*GANODERMA LUCIDUM*) Y SHIITAKE (*LENTINULA EDODES*),» *ECTI, EXPERIENCIAS CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN*, vol. 2, n° 1, pp. 299-304, 2022.
- [3] M. M. Jiménez, «El estudio y manejo de las plantas acuáticas en México,» *Perspectivas IMTA*, vol. 11, 2020.
- [4] Martínez Ruíz, J.A. y Méndez González, J.F., «Biorrefinería: control y aprovechamiento del lirio acuático,» *Ciencia*, vol. 73, n° 2, pp. 73-84, 2022.
- [5] Secretaría de Economía, «Humus de lombriz. especificaciones y métodos de prueba,» 2008.
- [6] Salazar García E., J. Vidal Farel y M. Vela Casnova, «Producción orgánica Abonos orgánicos. Material de Capacitación,» de *Material de capacitación. Abonos Orgánicos*, Bolivia, Instituto de Capacitación del Oriente (ICO), 2021, p. 44.
- [7] Barceló Quintal, J.D., H. E. Solís Correa, C. J. Jiménez, J. García Alborante, M. García Martínez y L. Osorio Bertlhet, «Reuso de la *Eichhornia crassipes*, excreta de borrego y residuos de mercado para compostas en suelo de la cuenca alta del río Lerma,» *3er Congreso Nacional Amica Tabasco, México*, n° 5, 2017.
- [8] Menchaca. E. A., «Un sistema de cultivos intensivo demanda sustratos de alta calidad,» *Revista de Riego*, vol. 21, n° 127, pp. 78-81, 2022.
- [9] Zurita G. M, K. Ramírez A, D. K. Vargas, J. R. Laines, I. J. Díaz y E. Escalante, «Mejoramiento del proceso de compostaje del lirio acuático adicionando diferentes tipos de excretas y residuos orgánicos,» *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida*, vol. 33, n° 73, pp. 238-243.
- [10] Contreras, N. «Sustratos con calidad nutriente para la producción de plántulas,» *Revista de Riego*, vol. 20, n° 123, pp. 24-7, 2022.
- [11] Ramírez Leyva, J.A., E. Portillo Vega y Y. X. Ramírez Leyva, *Establecimiento de huertos escolares orgánicos para el desarrollo de la competencia genérica 11 y profesional 7 de*

- técnicos agropecuarios., Texcoco , México: UACHapingo, 2020, pp. 787-788.
- [12] Domínguez, C. J., Lazcano y M. Gómez-Brandón, «Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo,» *Acta zoológica mexicana*, vol. 26, n° 2, pp. 359-371, 2010.
- [13] Almeida Zambrano D.M, *Efecto del extracto de Aloe Vera L. en la producción de plántulas de Solanum lycopersicum L. (tomate), en condiciones de Cepellón*, L. Editores, Ed., 2010, p. 59.
- [14] Sandoval, B. J.«Raíces bien desarrolladas para cultivos de alta productividad,» *Revista deRiego*, vol. 18, n° 109, pp. 14-16, 2020.
- [15] Ramírez L. J.A. Portillo V, E., Román F. A y Ramírez L. Y.X. Uso de lirio acuático Eichhornia crassipes en la elaboración de lombricomposta para producir plántulas de hortalizas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2023 7(6):6615-6633.

Tabla de Roles de Contribución

Rol	Autor (es)
Supervisión	Jorge Alberto Ramírez Leyva
Validación	Edwing Portillo Vega
Recursos	Arely Román Figueroa
Escritura - preparación del borrador original	Medardo Valdovinos Pimentel
Curación de datos	Yaritzi Ximena Ramírez Leyva



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