

Uso del Lirio Acuático *Eichhornia Crassipes* en la Elaboración de Lombricomposta para Producir Plántulas de Hortalizas

Jorge Alberto Ramírez Leyva¹

tecoantixtla@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4481-3535>

DGETAyCM

Chilpancingo, Guerrero, México

Edwing Portillo Vega

edwingportillo191@dgetaycm.sems.gob.mx

<https://orcid.org/0009-0000-8896-1989>

CBTA No. 191

Tecoanapa, Gro.

Arely Román Figueroa

arelyroman223@dgetaycm.sems.gob.mx

<https://orcid.org/0009-0006-5303-824X>

C.B.T.A. No. 223

Cocula, Gro.

Yaritzi Ximena Ramírez Leyva

ximena.ramirez.leyva.98@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6698-8474>

Investigadora Independiente

Tecoanapa, Gro.

RESUMEN

Eichhornia crassipes representa una situación de riesgo ambiental en la laguna negra de Tixtla, por ser una planta altamente invasora, los terrenos de siembra en tiempos de lluvias son invadidos, en la época de estiaje, cubre los suelos en los que se establecen los diversos cultivos; la producción de abonos orgánicos es una alternativa que permite darle un uso ecológico a este problema obteniendo lombricomposta. El objetivo fue determinar la viabilidad de esta planta como materia prima para producir abono orgánico en mezcla con otros residuos, así como su efecto en la producción de plántulas de hortalizas a partir de un diseño aleatorio de 5 tratamientos y 4 repeticiones con 20 unidades experimentales en la altura de plantas a 10 y 15 días después de nacidas. La altura de plantas a 15 días de nacida se vio significativamente influenciada con los materiales que no contienen estiércoles en su composición, ejerciendo en las mezclas de lirio con residuos orgánicos un efecto en la germinación y crecimiento de las plántulas. Los tratamientos correspondientes a 50% lirio acuático con 50% residuos de mercado, 100% lirio acuático y la mezcla de 25% lirio con 25% papel reciclado y residuos de hojarasca, han obtenido las mejores alturas de plantas con 13.5, 12.00 y 9.5 centímetros de altura de planta a 15 días después de nacida, respectivamente. Lo cual significa que a medida que requiere nutrición, los abonos orgánicos liberan dichos nutrientes de manera eficaz.

Palabras clave: lombricomposta; planta invasora; sustentable; germinación; compostaje

¹ Autor principal.

Correspondencia: tecoantixtla@gmail.com

Use of the water lily *Eichhornia crassipes* in the production of vermicompost to produce seedlings of different vegetables

ABSTRACT

Eichhornia crassipes represents a situation of environmental risk in the black lagoon of Tixtla, because it is a highly invasive plant, the sowing lands in the rainy season are invaded, in the dry season, it covers the soils in which the various crops are established; the production of organic fertilizers is an alternative that allows an ecological use to be given to this problem by obtaining vermicompost. The objective was to determine the viability of this plant as a raw material to produce organic fertilizer in mixture with other residues, as well as its effect on the production of vegetable seedlings from a randomized design of 5 treatments and 4 replications with 20 experimental units at plant height 10 and 15 days after hatching. The height of plants at 15 days of birth was significantly influenced by the materials that do not contain manure in their composition, exerting an effect on the germination and growth of seedlings in the mixtures of lily with organic residues. The treatments corresponding to 50% water lily with 50% market waste, 100% water lily and the mixture of 25% lily with 25% recycled paper and leaf litter waste, have obtained the best plant heights with 13.5, 12.00 and 9.5 centimeters of plant height at 15 days after hatching, respectively. This means that as you require nutrition, organic fertilizers release these nutrients effectively.

Keywords: vermicompost; invasive plant; sustainable; germination; composting

Artículo recibido 20 noviembre 2023

Aceptado para publicación: 30 diciembre 2023

INTRODUCCIÓN

La literatura revisada proporciona un panorama acerca de la situación que existe en los cuerpos de agua con la presencia de esta planta, uno de los problemas es la fácil dispersión del lirio, la cual, se encuentra directamente relacionada con las características del ambiente en el que se encuentre. Por consecuencia, la presencia en los cuerpos de agua aledaños a las zonas donde existe el establecimiento de cultivos tanto hortícolas como florícolas, da como resultado que los productores cada ciclo de cultivo tengan que retirarlo de distintas formas, de las cuales se describen a continuación:

La eliminación del lirio acuático, puede llevarse a cabo de distintas formas, ya sea a partir de control químico con herbicidas, con control biológico con la presencia de algún insecto o, definitivamente retirándolas del lugar almacenándolas en zonas donde no obstruyan los espacios a cultivar.

En el Valle de Tixtla, existen superficies destinadas al cultivo de flores como Cempasúchil la cual es la flor más comercializada durante el año y que probablemente ocupe la mayor superficie; en la horticultura, los terrenos son sembrados con plantas como quelites, rábanos, así como un sinnúmero de cultivos aromáticos; en la parte de la agricultura protegida en invernaderos o bioespacios, encontramos los cultivos de jitomate, también con una considerable superficie cultivada. A lo largo de los años, los productores han expandido las zonas de cultivo hacia los márgenes de la laguna negra de Tixtla, lo que provoca que en tiempos de lluvia estas superficies sean anegadas por el incremento de los niveles de agua, y como consecuencia, este avance del agua a las zonas de cultivo, provoca el problema de dispersar las diversas formas de expandir la planta de lirio acuático, invadiendo los cultivos. Desde este punto de vista y, de lo anteriormente expuesto, el lirio acuático ocupa un lugar importante en la problemática que los productores enfrentan siendo una superficie considerable de hectáreas invadidas, es difícil su eliminación, su remoción o definitivamente, no cultivan esos espacios ocupados por esta planta macrófita.

Ante esta situación, 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 plateó trabajar en una estrategia que ayude a desarrollar un manejo eficiente, ecológico y social.

En el Valle de Tixtla la producción de cultivos hortícolas como jitomate, chile, calabacitas, melón, pepinos, sandías, entre otros es de suma importancia, para ello se requiere de un manejo sustentable de los recursos; de esta forma, el recurso más valioso es el suelo, lugar donde se establecen los cultivos.

Por su parte, sobre el estudio y manejo de plantas acuáticas en México, Martínez (2020) 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 el caso de las malezas acuáticas, estas representan un peligro para la disponibilidad del agua, tanto por el azolve prematuro que ocasionan en los embalses, como por la disminución del volumen por la evapotranspiración de las mismas, al punto de considerarlas como “ladronas de agua”. Por otro lado, la acumulación de grandes cantidades de plantas acuáticas favorece el desarrollo de organismos vectores de enfermedades graves y hasta mortales, como el dengue, la filariasis, la helmintiasis, la encefalitis, el paludismo y la fiebre amarilla, entre otras.

Diversas técnicas han sido empleadas para controlar estas especies, como el uso de herbicidas, con consecuencias graves tanto para la salud humana como la del medio ambiente. Por otro lado, el uso del control mecánico en algunos casos solo ataca a la parte aérea, dejando las partes reproductivas de las plantas sin afectar, por lo que se presentan nuevas infestaciones. Tal es el caso del control de tulares o carrizos, entre otros. En este sentido, el uso de los enemigos naturales de las plagas es una tecnología que ha demostrado sus beneficios como parte clave en un Programa de Manejo Integrado de Plagas. En México, desde 1900, se han utilizado agentes de control biológico, y a partir de 1991 se cuenta con un Centro Nacional de Referencia en Control Biológico, perteneciente a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader).

Desde 1994, el IMTA ha incursionado en el uso de enemigos naturales de plantas acuáticas para su control, y ha establecido un laboratorio, certificado por la SADER, especializado en el desarrollo de bioherbicidas a base de patógenos específicos de las plantas, así como de insectos que se alimentan de ellas. Estos agentes, al alimentarse y desarrollar su ciclo biológico en la planta a controlar, reducen significativamente el peso de esta y hacen más fácil y menos costosa su extracción por medio del uso de maquinaria especializada. Aunado a esto, los agentes de control biológico reducen la producción de flores y, por consiguiente, la producción de semillas, con lo que se asegura la eliminación de los bancos de semillas que permanecen viables por largos periodos en los sedimentos de los embalses. Estas acciones de manejo integrado deben tomar en cuenta la etapa en que la planta es más débil, así como datos climatológicos del lugar. Por otra parte, las acciones de control que implementa el IMTA consideran medidas de reducción de contaminantes que llegan a los embalses, para de este modo establecer un programa de mantenimiento de los espejos de agua. (p. 1-2)

Por su parte, Rodríguez y colaboradores (2022) citando a Uday y colaboradores, (2016), mencionan que el lirio, “además de utilizarse para la fitorremediación, puede fungir para varios propósitos, como la producción de etanol, de abono verde (composta), biogás en la alimentación animal y la extracción de ácidos grasos volátiles”. Por ejemplo, citando a Ganguly y colaboradores (2012), el lirio se ha utilizado “en producción de etanol debido a su contenido de lignocelulosa. Tal uso podría ser beneficioso para controlar el crecimiento de esta planta y proporcionar un proceso simple y de bajo costo que es adecuado en países en desarrollo”. (p. SP).

Vargas y colaboradores (2018), mencionan que:

En México, se generan cerca de 102,895,000 toneladas de residuos sólidos urbanos al día, de los cuales cerca de 50% corresponden a residuos orgánicos (SEMARNAT, 2017); de esta cifra, una mínima cantidad se incorpora al sistema productivo, desaprovechando así su potencial como materia prima de procesos biotecnológicos, como es el caso del compostaje. El compostaje se define como un proceso biotecnológico, el cual genera un producto biológicamente estable gracias a la acción de diversos microorganismos mediante la descomposición de la materia orgánica, obteniendo un producto denominado composta, que puede utilizarse como abono orgánico, ya que aporta diferentes propiedades al suelo, capacidad de almacenamiento de agua (Velasco y Volke, 2003; Velasco et al, 2004); estabiliza

algunos nutrientes en formas orgánicas, absorbiendo agua y iones disueltos y mantiene la reserva de nitrógeno (Casas, 2012). La composta como medio de aprovechamiento de los recursos de desecho facilita la transformación de una manera segura para la producción agrícola (Román et al, 2013). (p. 217).

Cruz-Montes, *et al*, (2018), mencionan que el lirio acuático (*E. crassipes*):

Es una planta invasiva que puede tolerar un amplio rango de condiciones ambientales, como altas y bajas temperaturas, extrema humedad o sequía, alta o baja iluminación, acidez, basicidad y altas condiciones de salinidad (Hossain et al., 2015). Estas características lo convierten en una de las principales plagas del mundo (Bonilla-Barbosa y Santamarina, 2013), para lo cual no se ha encontrado un manejo adecuado (IMTA, 1989). El lirio acuático tiene un rendimiento de 120 ton ha/año de materia seca (D'Agua, 2015), contiene 9.3% en materia seca, 10.5% de proteína cruda, 26.9% de fibra cruda y hasta 12.4% en ceniza total; también se detectan altos niveles de celulosa y hemicelulosa (Kimenju *et al.*, 2009). Estas características lo hacen un buen sustrato para la producción de setas. (p. 318).

Al hablar de compostaje, Zurita y colaboradores (2018), cuando se persigue el mejoramiento de este proceso con el lirio usando diferentes tipos de excretas y residuos orgánicos que:

es un proceso provocado por el desarrollo sucesivo de poblaciones de múltiples especies microbianas, capaces de biodegradar y biotransformar la materia orgánica (MO) usando un amplio rango de enzimas. Cuanto mayor sea el número de diversos sustratos en la composta, más complejos son los mecanismos enzimáticos que se activan (Bohacz, 2017), por lo que el establecimiento de técnicas de análisis fiables y fácilmente aplicables para la caracterización de los procesos de compostaje es importante, para un adecuado control de la calidad de la composta. Actualmente, la evaluación de la calidad de la composta se fundamenta en las variaciones en las propiedades físico-químicas del sustrato, además, sobre la información de las actividades biológicas y capacidades bioquímicas incluida en la actividad enzimática (AE) de la composta es de gran importancia. Por lo tanto, la AE es un indicador de la capacidad de la composta para degradar un amplio rango de sustratos orgánicos y proporciona información sobre su estabilidad, como consecuencia, las actividades enzimáticas específicas podrían proporcionar una caracterización del proceso de compostaje tanto en términos de la tasa de transformación de residuos orgánicos y la estabilidad de los productos finales (Mondini et al, 2014). (p. 238-239).

En México, una de las instituciones dedicadas a estudiar el lirio acuático y sus impactos es la UAM-Iztapalapa a través del Departamento de Biotecnología. Se calcula que limpiar una hectárea de esta planta cuesta alrededor de cien mil pesos. Favela (2017), señala que

Como no hay políticas formales para su manejo, se realizan algunas estrategias de eliminación, pero principalmente en cuerpos de agua productivos, como sitios navegables o plantas hidroeléctricas, lugares que simplemente no podrían seguir trabajando bajo la proliferación del lirio. “Sin embargo en los cuerpos de agua no productivos, no hay ninguna estrategia de control y esta planta genera problemas de deterioro y modificación negativa de los ecosistemas”, apunta.

“En la UAM formalmente se inició con estas investigaciones hace ocho años, mediante una convocatoria internacional de un Fondo del CONACYT que involucraba a México y otros países. Nosotros hicimos una propuesta trabajando con Francia y España, pues, aunque el lirio tiene una problemática particular en países tropicales, de donde es su origen, ahora también les empieza a preocupar a los europeos, quienes consideran que representará un problema a mediano plazo”.

El objetivo de estas investigaciones es hacer del lirio acuático un recurso. “Lo que nosotros proponemos es desarrollar una estrategia de manejo sustentable del lirio acuático para no verlo como un problema, sino como un insumo. En la agricultura el hombre busca lograr cultivos de rápido crecimiento y el lirio es uno que sin ayuda se multiplica velozmente”. De esta forma, y entendiendo las virtudes de esta masa orgánica, los investigadores involucrados en los proyectos han creado una serie de alternativas que van desde la producción de fertilizantes y combustibles hasta nanopartículas.

La otra actividad tiene que ver con el composteo y el vermicomposteo. El composteo en general tiene que ver con microorganismos, se trata de un microbiota muy complejo constituida por diferentes tipos microbianos. La vermicomposta es la que se realiza mediante el trabajo de la lombriz roja californiana. Este animal permite un producto de mayor calidad y con valor agregado (El Universal, 2017). (p. SP). En una investigación referida a la evaluación del lirio acuático para la producción de setas, los investigadores Cruz-Montes y colaboradores, (2018), mencionan que:

El humedal ha sido afectado por varios años por problemas ambientales causados por *E. crassipes*, ya que su rápido crecimiento y su capacidad de formar tapetes o esteras, constriñen a las plantas nativas sumergidas y flotantes del cuerpo de agua, además evita la entrada de luz y merma el oxígeno disuelto

y puede incrementar la tasa de pérdida de agua, debido a la evapotranspiración que produce, es por ello su importancia y control. (Carrión et al., 2012; Rodríguez-Tapia et al., 2012; Bonilla et al., 2014).

Estos investigadores utilizaron el lirio acuático como material de composteo con las siguientes características: la parte aérea del lirio, el lirio incluyendo su raíz rastrojo de maíz con, lirio, paja de trigo y lirio, paja de cebada y lirio; todos estos materiales mezclados, se convierten en su investigación en tratamientos. En su estudio, los investigadores, llegaron a la conclusión que el uso de lirio acuático en sustratos agrícolas para la producción de setas, presenta una disminución importante en el tiempo de incubación y en el desarrollo de cuerpos fructíferos, lo cual puede representar una estrategia a los sistemas de producción de hongos comestibles a baja escala cercanos a la presa Manuel Ávila Camacho. (p. 317-318).

IMTA (1989) citando a Bastidas et. al. (1980) sostiene que en México se ha observado que, a través de la incorporación de lirio acuático al suelo, se incrementan elementos como el magnesio, sodio, potasio, cloruros, materia orgánica, nitrógeno y fósforo, con lo que el maíz no carece de nutrientes.

De acuerdo con este autor, a través de la incorporación del lirio acuático en el suelo, se puede sustituir la incorporación de los elementos mencionados anteriormente por a través de la fertilización química, con lo cual se pueden reducir dramáticamente los costos de la fertilización, sin detrimento de los rendimientos. (IMTA, 1989).

IMTA (1989) citando a Parra y Hortenstine (1976) sostiene además que el lirio acuático, como fertilizante orgánico, provee nutrientes a las plantas en mayor cantidad que los fertilizantes minerales, ocasiona que la superficie del suelo sea menos compacta, y con ello mejora el ambiente de la raíz e incrementa la actividad microbiana debido a la alta energía de compuestos carbonosos que contribuyen a la disminución de la lixiviación de los nutrientes de las plantas.

METODOLOGÍA

Este trabajo 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 en el CBTa No. 191, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Tecoaapa, Guerrero. Geográficamente 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. 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 los cultivos o cultivo seleccionado, dado este paso, existe un proceso de atención a estas charolas 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

La tabla muestra los días que se requirieron para lograr el proceso de compostaje, además, la característica más importante que nos arroja es que dada la composición del tratamiento 2 compuesta por únicamente desechos vegetales verdes, el tiempo de descomposición fue de 35 días, lo cual indica que la degradación de los materiales fue más rápida, no así con los que contienen estiércoles que requieren de más días para llegar al final del proceso.

Los tiempos de descomposición se encuentran dentro de los parámetros de investigaciones referentes a este trabajo, tal es el caso de Barceló-Quintal, et al., (2017), 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).

Menchaca (2023), menciona que el pH es un factor de vital importancia en el óptimo desarrollo de las plantas, ya que los nutrimentos se encuentran disueltos en agua, compuesta de hidrógenos y oxidrilos que unidos la forman; sin embargo, existe una concentración constante de iones hidrógeno y oxígeno en libertad, denominada 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 Zurita y colaboradores (2018), 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 amoniaco, 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 (Barceló - Quitral y colaboradores, 2017).

Contenido nutrimental de la lombricomposta

De acuerdo a los análisis físicoquímicos y nutrimentales que se practicaron en el Laboratorio Central Universitario de Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo a las muestras obtenidas en el proyecto de investigación se observa que el humus de lombriz utilizado en el estudio

cumple con las especificaciones establecidas en la norma **NMX-FF-109-SCFI-2007 HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) -ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA-**, en los contenidos de pH, materia orgánica, nitrógeno, relación C/N, Da, en la conductividad eléctrica, los parámetros son relativamente mayores.

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 Contreras (2022) 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

Quesada-Roldán & Méndez-Soto (2013), evaluaron diferentes sustratos en la germinación de diversas semillas entre ellas jitomate y pepino.

En el caso del pepino, requirieron entre 4 y 6 días para la emergencia, en esta investigación necesitó 5 días, por lo que, de acuerdo a la comparación entre los sustratos, se obtuvo los mismos datos, los sustratos que utilizaron los autores fueron orgánicos de lombricomposta, la fibra de coco, entre otros; el tomate requirió de 7 días, manifestando que las reservas de esta semilla la hacen muy sensible a las condiciones en el medio en el que son colocadas. Cuando se presenta una situación adversa, es muy probable de esperar algún problema de vigor de semilla como causante del retraso en la emergencia del tomate, aspecto común en semillas viejas o que han sido mal almacenadas. En las pruebas de germinación si se presenta un valor bajo de germinación (70%) para tomate en agua destilada, lo que se puede comprobar es que existen algunos problemas de vigor en la semilla (p. 177).

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.

García y González (2018), hacen referencia que la etapa de germinación se considera de gran importancia para obtener una planta de buena calidad, sin embargo, dentro de las problemáticas fitosanitarias que se presentan se encuentra el volcamiento, mal de talluelo o damping off causada por

diferentes hongos como *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp. y *Phytophthora* spp., entre otros, los cuales pueden encontrarse en el suelo o en las semillas (Castro *et al.*, 2008) (p. 21).

Altura de plantas

Altura de plantas 10 días					Altura de plantas 20 días				
Chile	Jitomate	Calabacita	Pepino	Sandía	Chile	Jitomate	Calabacita	Pepino	Sandía
T 4.05	T 6.94	T 5.22	T 6.67	T 6.57	T 12.0	T 13.5	T 13.50	T 9.15	T 19.5
2 a	2 a	3 a	5 a	2 a	5 a	2 a	3 a	4 a	5 0 a
T 3.91	T 6.36	T 5.10	T 6.07	T 6.2a	T 9.50	T 12	T 13.05a	T 8.72	T 19.2
1 a	1 a	1 a	3 ab	2 b	3 b	3 ab	1 b	2 ab	3 5 a
T 3.84	T 6.31	T 4.20	T 6.00	T 5.8a	T 9.50	T 12	T 12.55a	T 8.72	T 19.8
3 a	4 a	5 a	2 ab	4 b	1 b	4 ab	4 bc	1 ab	1 2 a
T 3.82	T 6.29	T 4.20	T 5.88	T 5.08	T 9.25	T 11	T 12.1ab	T 8.72	T 18.6
5 a	3 a	4 a	4 ab	3 b	4 b	1 ab	5 c	3 ab	4 0 a
T 3.76	T 6.00	T 4.00	T 5.57	T 4.9	T 9.25	T 9.7	T 11.90	T 8.07	T 18.3
4 a	5 a	2 a	1 b	5 b	2 b	5 b	2 bc	5 b	2 0a

Quesada-Roldán & Méndez-Soto (2013), en su experimento para conocer la altura de plantas en el establecimiento de hortalizas con diferentes sustratos orgánicos, menciona que, los almácigos son dependientes del aporte de agua, nutrimentos, energía y aire que un medio pueda aportarle. Estas condiciones a su vez están relacionadas con factores físicos y químicos como el pH, contenido nutricional, capacidad de intercambio gaseoso, agua disponible y temperatura, entre otros (Singh 1998) (p. 179).

Los resultados de las alturas de plantas en las distintas hortalizas establecidas, presentan ciertas características estadísticas como se muestra en los siguientes cuadros.

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 mas 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, Ramírez y colaboradores (2020), 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).

Domínguez et al. (2010) 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, Almeida (2010), 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 Almeida (2010), 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 Sandoval (2020), 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.

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.

Agradecimientos

Agradecemos el financiamiento a **la Coordinación Sectorial de Fortalecimiento Académico de la Subsecretaría de Educación Media Superior** por los recursos económicos aportados para el desarrollo de las actividades del proyecto de investigación, así como al Ciudadano Presidente Municipal de Tixtla de Guerrero, Guerrero, Profr. Moisés Antonio González Cabañas, por la aportación económica para llevar a cabo el análisis de laboratorio de las muestras obtenidas en el trabajo con el lirio acuático extraído de la laguna de Tixtla y aportar con estos nuevos conocimientos información a los productores del Valle de Tixtla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, Z., D.M. (2010). Efecto del extracto de *Aloe Vera* L. en la producción de plántulas de *Solanum lycopersicum* L. (tomate), en condiciones de Cepellón. Tesis de licenciatura. Universidad del Pinar del Río, Cuba. Pp. 5-23.

Álvarez, B. D., Lastiri, H. M. A., Buelna, O.H.R., Contreras, R.S.M y Mora, Miguel. (2016). VERMICOMPOST AS AN ALTERNATIVE OF MANAGEMENT FOR WATER HYACINTH. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 425-433.

<https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.06>

Contreras, N. D. (2022). Sustratos con calidad nutriente para la producción de plántulas. *Revista de Riego*. Año 20, No. 123, pp. 24-27.

Domínguez, J., C. Lazcano & M. Gómez Brandón. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) Número Especial 2: 359-371.

García, J. D. R., & González, S. D. P. (2018). Germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya* L.) y maracuyá (*Passiflora edulis*) utilizando sustratos orgánicos. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 9(2), 18-35. <https://doi.org/10.22579/22484817.715>

Barceló-Quintal, I. D., Solís-Correa, H. E., Jiménez-Campos, J., García-Albortante, J., García-Martínez, M., & Osornio-Berthet, L. (2017). reuso de la *Eichhornia crassipes*, excreta de borrego y residuos de mercado para composta en suelos de la cuenca alta del río LERMA. *3er Congreso Nacional Amica Tabasco, México.*, 5.

Cruz-Montes, A., Romero Arenas, O., Rivera-Tapia, A., Tapia-Hernández, A., Landeta-Cortés, G., y Villarreal Espino-Barros, Oscar. (2018). EVALUACIÓN DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) Y ESQUILMOS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE SETAS. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 21. 317-328.

Favela, T. M (2017). Lirio acuático, de plaga a producto sustentable. El Universal. Extraído de: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/ciencia-y-salud/ciencia/2017/05/1/lirio-acuatico-de-plaga-producto-sustentable/>

IMTA (1989). COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. *Control y aprovechamiento del lirio acuático en Mexico*. Pp. 157.

Lirio acuático, de plaga a producto sustentable. El Universal. Extraído de: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/ciencia-y-salud/ciencia/2017/05/1/lirio-acuatico-de-plaga-producto-sustentable/>.

Martínez, J. M. (2020). El estudio y manejo de las plantas acuáticas en México. *Perspectivas IMTA*. No. 11, 202. Pp. 1-2. <https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-11>

Menchaca, E. A. (2023). Un sistema de cultivos intensivo demanda sustratos de alta calidad. *Revista de Riego*. Año 21, No. 127, pp. 78-81.

NMX-FF-109-SCFI-2008 CDU: 635 HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA. Pp. 28.

Quesada-Roldán, G., & Méndez-Soto, C. (2013). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 171. <https://doi.org/10.15517/am.v16i2.11870>

Ramírez, L. J. A. (2021). Cosechando abundancia de chile y calabacita sin fertilizantes sintéticos. *Revista de Riego*. Año 19, No. 118, pp. 42-45.

Ramírez, L. J. A., Nava G., E., Portillo V., E., Ramírez L., Y. X. (2020). Establecimiento de huertos escolares orgánicos para el desarrollo de la competencia genérica 11 y profesional 7 de técnicos agropecuarios. VIII Congreso internacional y XXII Nacional de Ciencias Agronómicas de la Universidad Autónoma de Chapingo. Memoria pág. 87 y 88. Recuperado de:

<https://pubhtml5.com/ipvd/iptv/basic/>

Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arámbula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla C. L. y Andrio-Enríquez, E. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión 1 *Agronomía Mesoamericana*, vol. 33, núm. 1, 2022 Universidad de Costa Rica, Costa Rica. DOI:

<https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>

Sandoval, B. J. (2020). Raíces bien desarrolladas para cultivos de alta productividad. *Revista de Riego*. Año 18, No. 109, pp. 14-16.

Vargas-Roussel, D.K., Zurita-Cruz, M.G., Focil-Monterrubio, R.L., Díaz-Ramirez, I.J. y Escalante-Espinosa, E. (2018) Evaluación de compostas de lirio acuático en la germinación y crecimiento de rábano y pasto mombasa. *Revista del Centro de Graduados e Investigación*. Instituto Tecnológico de Mérida, 33(73),215-219

Zurita, M. G., Ramírez, K. A., Vargas, D. K., Laines, J. R., Díaz, I. J. y Escalante, E. (2018). Mejoramiento del proceso de compostaje del lirio acuático adicionando diferentes tipos de excretas y residuos orgánicos. *Revista del Centro de Graduados e Investigación del Instituto Tecnológico de Mérida*, Vol. 33, No. 73 pp. 238-243.