



División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Departamento de Producción Agrícola y

Animal

Licenciatura de Agronomía

Proyecto para la Liberación del Servicio Social

Manejo de materia orgánica en el cultivo de brócoli
(*Brassica oleracea*)

Autor:

Santiago Hernandez Azucena

Asesores:

Dr. Fidel Adolfo José Martin Payan Zelaya

M. en C. María Guadalupe Ramos Espinosa

INTRODUCCIÓN

La agroforestería es una forma de producción que busca mejorar la gestión de los recursos dentro de unidades productivas, mediante la asociación de especies arbóreas perennes con cultivos agrícolas anuales y/o ganadería, respetando el principio de rendimiento sustentable; de esta forma, la agroforestería está siendo reconocida como una estrategia efectiva para detener diversos fenómenos ambientales en el mundo, como por ejemplo: la deforestación, la erosión del suelo, la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad, (González, Lojka, & Cardona, 2024). A través de los sistemas agroforestales se puede llegar a obtener una producción eficiente y sostenible, una agricultura limpia en la cual todos los componentes del ecosistema funcionan en total armonía y pueden interactuar unos con otros aportando los nutrientes necesarios para que cada componente pueda subsistir (Vargas y Mosquera, 2019). Además, se afirma que la agroforestería juega un papel importante en la conservación de la biodiversidad desde cuatro puntos de vista: 1.- Provisión de hábitat para especies nativas que pueden tolerar un cierto nivel de perturbación, 2. Áreas ideales para preservar el germoplasma de especies nativas, 3. Reducción de la deforestación y 4. Provisión de conectividad mediante la creación de corredores biológicos (González, Lojka, & Cardona, 2024). Las cortinas cortavientos y protectoras, los huertos familiares, las cercas vivas, la agricultura en callejones, y los sistemas agrosilvopastoriles son algunos de los sistemas más utilizados en la agroforestería.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La aportación del presente proyecto de servicio social consiste en la participación del proyecto denominado “Manejo sostenible de la materia orgánica en la agricultura”, cuyo responsable es el Dr. Fidel Adolfo José Martín Payán Zelaya, registrado ante el consejo divisional CBS en la sesión 18/21 del 2021. Y con asesoría de la M en C Guadalupe Ramos Espinosa quién también es participante en el proyecto. El mencionado proyecto de investigación busca eficientizar el uso de la materia orgánica como fuente de nutrientes para los cultivos, por lo que se planteó evaluar experimentalmente el uso de residuos de leguminosas arbóreas utilizadas como fertilizante en el cultivo del brócoli. Esto considerando los siguientes antecedentes: la acumulación exorbitante de residuos agrícolas en el suelo sin previo tratamiento, generan problemas sobre el medio ambiente debido a la posible acumulación de nitratos (Castro y Fernández, 2021). Estos residuos representan la mayor fuente renovable de carbono en el suelo, pero esta materia orgánica ocasiona inconvenientes en el ambiente ya que ocupa mucho espacio y su degradación natural es muy lenta (Mueses y Romo, 2018). La agroforestería es una estrategia que nos brinda oportunidades buscando alternativas para producir alimentos permitiéndonos conservar la biodiversidad utilizando materiales de poda.

OBJETIVO GENERAL

- Analizar efectos de la adición de materia orgánica de los árboles leguminosos Colorín (*Erythrina americana*) y Acacia (*Acacia retinodes*) al suelo sincrónicamente con el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*).

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Identificar las etapas fenológicas del ciclo del cultivo de brócoli.
- Comparar el efecto de la adición de material vegetal de colorín y acacia contra parcelas testigo.
- Realizar un huerto de flores comestibles en un callejón agroforestal

MARCO TEÓRICO

Brócoli (*Brassica oleracea*)

Es una hortaliza de ciclo anual. La planta es recta y tiene de 60 a 90 cm de altura y termina en una masa de flores de color verde, que puede alcanzar un diámetro de hasta 35 cm. Su color es verde cenizo y cada conjunto de flores mide entre 3 y 4 cm, de sabor definido y textura suave. Las semillas tienen forma de munición y miden de 2 a 3 mm de diámetro. Aporta gran cantidad de nutrientes y vitaminas a nuestro organismo (SIAP, 2024). El 97.5% del producto, es producido bajo la modalidad de agricultura de riego, su mayor producción es en marzo, abril septiembre y octubre. Dentro de sus propiedades se encuentra la gran cantidad de vitamina C que incluso puede superar a algunos cítricos, como la naranja y la toronja. Contiene además un alto contenido en minerales y antioxidantes. El cultivo de brócoli puede llegar a requerir por hectárea la fórmula 220 - 40 - 00 de fertilizante o más (Zamora, 2016), teniendo en consideración que la fertilización es determinante en el rendimiento y productividad.

Colorín (*Erythrina americana*)

El género *Erythrina* (Fabaceae) consta de 115 especies de árboles distribuidas en las regiones tropicales del mundo; en México se conocen 25 especies. *E. americana* se utiliza como árbol ornamental, también como sombra para cacao y café y como árbol de soporte, cerca viva, como abono verde y alimento para animales. Las flores se consumen con frecuencia, se utilizan para hacer té y como sedante. Las semillas son tóxicas debido a los alcaloides; se utilizan en la medicina popular como laxante, diurético, expectorante, antiasmático y antimalárico (García *et al.*, 2001). En Tabasco, *E. americana* se utiliza principalmente para proporcionar sombra en las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Adicionalmente, esta especie produce otros beneficios: ayuda a conservar y mejorar el suelo y a propiciar al aumento de rendimiento de semilla de cacao. (Oliva *et al.*, 2021).

Acacia (*Acacia retinodes*)

Pertenece a la familia Fabaceae Lindl., subfamilia Caesalpinioideae, tribu Acacieae y género *Acacia*. Es endémica del sur de Australia, pero se ha introducido en África, Europa, Macronesia, América del Norte, las islas del Pacífico y del océano Índico, el subcontinente indio y el sudeste hasta el oeste de Asia. La corteza de *A. retinodes* por su uso en curtido, y sus gomas exudadas se convirtieron en un negocio comercial de exportación temprano y los nativos la consumían debido a sus características nutritivas. Las cortezas de *Acacia* han sido el foco de algunos estudios sobre el contenido de sus extractos y componentes bioactivos y una fracción significativa se atribuye a taninos y compuestos relacionados. Las flores son importantes económicamente debido a su aplicación en las industrias de la cosmética y la perfumería. Además, se utiliza para controlar la erosión de suelos desnudos y fijación de dunas; tiene potencial para su uso como especie melífera. La madera se utiliza para la fabricación de objetos ornamentales, durmientes y construcción de botes (Pedro *et al.*, 2022).

MATERIAL Y METODOS

Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca ubicado en el Antiguo Canal Cuernavaca 3, Pista Olímpica Virgilio Uribe, Xochimilco, 16034 Ciudad de México, CDMX. La alcaldía se encuentra ubicada entre los paralelos 19° 09' y 19° 19' de latitud norte; los meridianos 99° 00' y 99° 10' de longitud oeste; altitud entre 2 275 msnm. Colinda al norte con las delegaciones Tlalpan, Coyoacán, Iztapalapa y Tláhuac; al este con las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta; al sur con las delegaciones Milpa Alta y Tlalpan; al oeste con la delegación Tlalpan (Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2018; INEGI, 2015).

Clima

El rango de temperatura en la delegación es de 8 a 16°C. El rango de precipitación va desde los 600 a los 1,100 mm. La temporada de lluvias se presenta en la época de verano, principalmente en los meses de mayo a octubre, con una cantidad de 700 mm anuales y una temperatura media al año de 16.2°C, con temperaturas máximas de 31°C (Gaceta Oficial de la Ciudad de México. 2018; INAFED, 2016).

Material vegetal

El material vegetal fue de *Acacia* (*Acacia retinodes*) y *Colorín* (*Erythrina americana*). El contenido de nitrógeno presente en una muestra de 100 gramos de material vegetal de acacia corresponde a 2.2% de N. Mientras que, para colorín el contenido de N presente en una muestra de 100 gramos es de 3.5% de N. De esta manera, se utilizó un total de 2 kg de material vegetal de acacia para cada uno de los diferentes tratamientos. Por otra parte, la cantidad de material vegetal de colorín fue de 1.2 kg para cada uno de los

diferentes tratamientos.

Pycnoporus sanguineus

Se reactivó el hongo liofilizado *Pycnoporus sanguineus* en medios de cultivo, la siembra se realizó en cámara de flujo laminar. Se realizó la preparación de medios de cultivo; se utilizó extracto de malta y agar en una concentración de 20 g/L para el medio sólido; para el medio líquido se utilizó: maltosa 5 g/L, tartrato de amonio 1.84 g/L y extracto de levadura 0.5 g/L

Diseño experimental

En un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y 5 tratamientos. Los tratamientos fueron (Tabla 1):

Tabla 1. Tratamientos del experimento

Tratamiento	Caracterización
T1: Acacia simultánea	Fertilización simultánea a la siembra con hojas de acacia.
T2: Colorín simultánea	Fertilización simultánea a la siembra con hojas de colorín.
T3: Acacia anticipada	Fertilización anticipada (15 días) a la siembra con hojas de acacia.
T4: Colorín anticipado	Fertilización anticipada (15 días) a la siembra con hojas de acacia.
T5: grupo testigo.	Sin fertilización

- **Identificar las etapas fenológicas del ciclo del cultivo de brócoli.**

Se realizó una extensa búsqueda de material bibliográfico sobre la fenología del cultivo del brócoli, de esta forma, se implementó la plantación del brócoli a cielo abierto durante el ciclo primavera-verano del año 2023.

Comparar el efecto de la adición de material vegetal de colorín y acacia contra parcelas

La comparación del efecto de la adición de material vegetal se realizó a través de la obtención del peso fresco de las inflorescencias del cultivo del brócoli. La cosecha se realizó cuando la inflorescencia alcanzó la madurez en la que se comercializa.

Callejón agroforestal

Se sembraron cuatro especies de flores comestibles Malvón (*Pelargonium* spp), Pensamientos (*Viola tricolor*) Dahlias y capuchinas (*Tropaeolum majus*), se establecerán 6 plantas de cada especie señecionada. El sistema en callejones está compuesto por 8 árboles de colorín (*Erythrina americana*) 4 de lado derecho y 4 de lado izquierdo de este a oeste, por lo que las plantas de flores comestibles podrán aprovechar el material vegetal de los árboles leguminosos. Cabe mencionar que se realizaron esquejes de plantas herbáceas para el consumo humano como el malvón (*Pelargonium* spp) y la germinación de semillas de flores comestibles de *Viola tricolor*, Dahlias y capuchinas (*Tropaeolum majus*).

Análisis estadístico

Para el análisis de datos del peso fresco de la inflorescencia del brócoli, se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico JMP® 8.0. A la variable con diferencia significativa se le aplicó la prueba de medias de tukey utilizando un $\alpha=0,05$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Identificar las etapas fenológicas del ciclo del cultivo de brócoli.**

La germinación de semillas tardó aproximadamente 7 días a temperaturas entre 7 y 35 °C.

El trasplante de brócoli se realizó cuando las plántulas tuvieran el desarrollo de hojas verdaderas.

Durante el ciclo del cultivo (70 días) se hicieron monitoreos constantes con el fin de tener control y manejar de manera oportuna la presencia de plagas y enfermedades. Se colocaron trampas amarillas y trampas de jabón con el fin de conocer la presencia de algunos insectos del cultivo del brócoli, tales como: pulgón (*Myzus persicae*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), mariposa blanca de la col (*Leptophobia aripa*) y blanquita de la col (*Pieris rapae*).

- **Comparar el efecto de la adición de material vegetal de colorín y acacia contra parcelas testigo.**

El análisis de los datos muestra que la adición del material vegetal para la fertilización en el cultivo del brócoli no es viable, ya que el tratamiento que mayor peso fresco obtuvo fue el testigo (**Figura 1**).

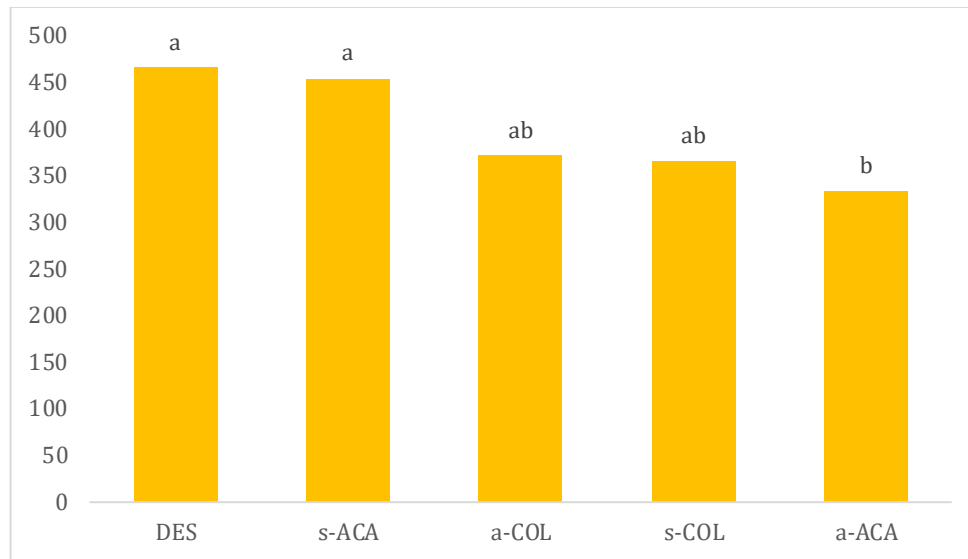


Fig. 1. Peso fresco de *Brassica oleraceae*.

Cabe resaltar que, la fertilización simultánea con material vegetal de acacia fue, aunque en menor tendencia, similar al tratamiento testigo. El análisis de datos mostro diferencias significativas del tratamiento testigo, el tratamiento de acacia simultaneo y el tratamiento de acacia anticipadamente a la siembra, ya que este último fue el tratamiento que menor peso fresco registró. La explicación del aparente impacto negativo de la adición de material vegetal puede deberse a una inmovilización del nitrógeno de una forma mineralizada disponible para las plantas a una forma no disponible por estar fijada a las estructuras de los organismos del suelo, por lo que sería conveniente observar el comportamiento de un segundo ciclo de cultivo, donde permanezcan los residuos de la primera aplicación de hojas.

- **Realizar un huerto de flores comestibles en un callejón agroforestal**

Las plantas de flores comestibles obtuvieron un buen desarrollo y crecimiento, esto debido a la fertilización del material vegetal de los árboles leguminosos, dando como resultado la obtención de flores de buen tamaño y en cantidades considerables, sin embargo, las flores no fueron aprovechadas, ya que la mayoría de las personas no conoce sobre estas especies comestibles y sus usos en la gastronomía.

CONCLUSIÓN

La fertilización con el material vegetal no reflejó tener un efecto significativo en el peso de las inflorescencias de brócoli, a pesar de ello, es importante considerar que la agroforestería es una alternativa que tiene efectos benéficos sobre el medio ambiente a corto y largo plazo. Además, esta estrategia juega un papel importante, ya que ayuda a la conservación de la biodiversidad, evita la deforestación y la erosión del suelo. Sería interesante realizar trabajos sobre agricultura en callejones con cultivos de gran interés comercial para dar a conocer los beneficios que tiene este sistema de producción, sobre todo en las pequeñas

unidades de producción familiares que son para autoconsumo.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro Fernández, H. M., & Fernández Gutiérrez, C. C. (2021). Biodegradación de residuos agroforestales por hongos de la pudrición blanca (*Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum*) y su aprovechamiento como biofertilizantes de suelo.
- Gaceta Oficial de la Ciudad de México. 2018. Programa de acción climática delegación Xochimilco 2016 – 2020
- García-Mateos, R., Soto-Hernández, M., & Vibrans, H. (2001). *Erythrina Americana* Miller (“Colorin,” Fabaceae), un Recurso Versátil de México—Una Revisión. *Economic botany*, 55, 391-400.
- González, C. E. V., Lojka, B., & Cardona, C. E. A. (2024). Agroforestería para la conservación de la biodiversidad en América Latina.: una revisión sistemática. *Revista de Investigación y Proyección Eutopía*, (1), 1-25.
- Mueses Mafla, R. B., & Romo Chamorro, L. J. (2018). Utilización de celulasas obtenidas por fermentación en estado sólido de *Pleurotus Ostreatus*, en la sacarificación de papel.
- INAFED. 2016. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México.
- Oliva-Hernández, Jorge, López-Herrera, María-Aurelia, & Castillo-Linares, Erika- Belem. (2021). Composición química y producción de follaje de *Erythrina americana* (Fabaceae) en cercos vivos durante dos épocas climáticas. *Revista de Biología Tropical*, 69(1), 90-101. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.41822>

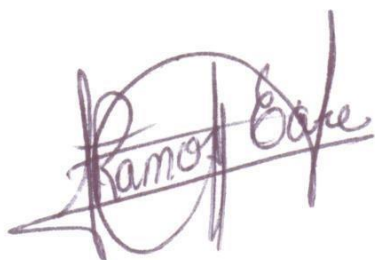
- Pedro, S. I., Rosado, T., Barroca, C., Neiva, D., Alonso-Herranz, V., Gradillas, A., ... & Anjos, O. (2022). Characterisation of the Phenolic Profile of *Acacia retinodes* and *Acacia meamsii* Flowers' Extracts. *Plants*, 11(11), 1442.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Brócoli. Recuperado de: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/brocoli-verde-que-te-quiero-verde-y-ademas-nutritivo>
- Vargas, R., Mosquera, L. B. P., & Armando, W. (2019). Sistemas agroforestales: una alternativa sostenible para mejorar los ecosistemas del departamento del Tolima.
- Vial, A., Inostroza, F., & Fuentes, B. (2022). ¿Cómo enfrentar el hambre de nitrógeno en la práctica de incorporación de rastrojo de cereales?
- Zamora, E. (2016). El cultivo del brócoli. Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora-Hermosillo. Campo, 1-8.

VISTO BUENO



Firma asesor interno

Dr. Fidel Adolfo José Martín Payán Zelaya



Firma asesora interna

M. en C. María Guadalupe Ramos Espinosa

