



Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Xochimilco

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Licenciatura en Agronomía

Informe final de Servicio Social

**Evaluación del rendimiento de *Brassica oleracea*
utilizando *Pycnoporus sanguineus* sobre material vegetal
para su biodegradación**

Autor:

Nepomuceno García Francisco

Asesor:

Dr. Fidel Adolfo José Martín Payán Zelaya

Resumen

Las actividades agropecuarias a nivel mundial generan gran cantidad de residuos orgánicos, por lo cual, la falta de gestión de estos residuos y el desconocimiento de su valor, han incidido de forma negativa sobre el medio ambiente. El tratamiento biológico de residuos agrícolas empleando organismos descomponedores contribuye a disminuir el impacto ambiental, por ello, dicho proyecto de investigación buscó efficientizar el uso de árboles leguminosos como fuente de nutrientes para el cultivo del brócoli, por lo que se planteó evaluar experimentalmente el uso de *P. sanguineus* como agente biológico degradante de residuos de leguminosas utilizadas como fertilizante. El trabajo experimental se llevó a cabo en el (CIBAC) de la UAM-X, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones, los tratamientos consistieron en la fertilización con hojas de *Acacia retinodes* y *Erythrina coralloides* en diferentes tiempos, la inoculación de *P. sanguineus* sobre el mismo material vegetal, y el tratamiento testigo. Las variables evaluadas fueron la altura de la planta en periodos de 15, 30, 45 y 60 ddt, peso fresco y área de la inflorescencia, y los ddt para la cosecha, además, se analizó el contenido de nitrato disponible aportado por el suelo mineral de la parcela experimental. A los datos de cada variable se les realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico JMP®, las variables con diferencias significativas se les aplicó la prueba de medias de tukey utilizando un $\alpha=0,05$. El resultado del análisis de varianza sobre la altura no fue estadísticamente significativo ($p>0,05$). No obstante, el análisis de varianza del peso fresco y área de la inflorescencia del brócoli obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p\leq 0,05$), la prueba de medias de tukey mostró diferencias significativas en el tratamiento testigo ($\alpha=0,05$) que desarrolló mayor peso fresco y área de la inflorescencia. Por su parte, el análisis de varianza sobre los ddt para la cosecha no obtuvo diferencias significativas ($p>0,05$). Por otro lado, el análisis de la muestra de suelo, mostró ser una

parcela de muy alto contenido de macronutrientes y materia orgánica. En conclusión, en esta etapa de experimento, la fertilización con material vegetal no tuvo efectos significativos sobre el peso fresco del brócoli. También, las necesidades específicas para la colonización de *P. sanguineus* y la descomposición del material vegetal no fueron apropiadas por lo que, la sincronía sobre la liberación de nutrientes y la demanda de nitrógeno del brócoli no fue posible.

Palabras Clave: *Brassica oleracea* L., *P. sanguineus* L., *Acacia retinodes* S., *Erythrina coralloides* DC.

Introducción

El uso de compuestos y fertilizantes sintéticos en la agricultura ha repercutido en el deterioro del suelo y su desequilibrio ecológico por la disminución de la fracción orgánica ante el intenso uso agrícola, que contamina la tierra y los alimentos, esto afecta la calidad de los productos y la salud de quienes los cosechan y consumen (Meneses, 2017). Además, las actividades

agropecuarias a nivel mundial generan gran cantidad de residuos orgánicos que en general no reciben un adecuado proceso y tratamiento de disposición final (Álvarez *et al.*, 2018).

En el año 2015, la cantidad mundial anual de residuos sólidos orgánicos en las actividades agropecuarias y agroindustriales osciló alrededor de 76 millones de toneladas (González *et al.*, 2015). Los residuos lignocelulósicos que parten desde el cultivo hasta su comercialización e industrialización no son de interés en otros procesos de producción (Rosas *et al.*, 2016). Por lo que, hoy en día las personas han implementado un conjunto de actividades para poder subsistir, muchas de estas actividades han terminado impactando de forma negativa el ambiente (González *et al.*, 2016). La falta de gestión de estos residuos y el desconocimiento de su valor, han inducido a ser quemados, arrojados a campo abierto o simplemente arrojados a los botaderos o rellenos sanitarios dando paso que al descomponerse emiten anhídrido carbónico, se contamine el agua, haya emisión de olores nauseabundos, proliferación de vectores como moscas, insectos y roedores (Barragán *et al.*, 2008).

La agricultura actual busca alternativas para mejorar las condiciones del suelo, en las que sobresale el abordaje orgánico en algunos sectores productivos y de interés (Medina *et al.*, 2010). El conocimiento en detalle de las propiedades de los residuos orgánicos permite inferir su potencialidad de uso como enmiendas orgánicas para mejorar la salud de los suelos (Moisés *et al.*, 2022). El tratamiento biológico de residuos agrícolas empleando organismos descomponedores representa una alternativa fiable que contribuye a disminuir el impacto ambiental y genera insumos de interés comercial (Villareal, 2021). Dichos residuos sólidos orgánicos, sean de origen vegetal o animal, al ser descompuestos por microorganismos en diferentes condiciones, completan su ciclo natural quedando aptos para la elaboración de abonos orgánicos (Quizhpilema, 2013). Estos abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos

relacionados con la productividad agrícola ya que son sustancias que desempeñan diferentes funciones, directas o indirectas, que influyen sobre el crecimiento de las plantas y sus cosechas, obrando como nutrientes, movilizadores de sustancias, catalizadores de procesos vitales y modificadores de la flora microbiana útil (Badillo, 2016).

Esta estrategia se orienta a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para regenerar su estructura y promover un rendimiento más eficiente en los cultivos, además, esta labor parte del aprovechamiento y reciclaje de residuos orgánicos (Odlare *et al.*, 2015). A su vez, se espera impactar el componente de costos y propiedades físico-químicas del suelo, gracias al aumento en la concentración de materia orgánica y nutrientes (Renaud *et al.*, 2017)

Por lo expuesto previamente, el presente trabajo de investigación evaluó la aplicación de cepas fúngicas de *P. sanguineus* sobre material vegetal de leguminosas como fuente de fertilización del cultivo del brócoli (*Brassica oleracea*), como alternativa al manejo de material vegetal sólido.

Planteamiento del problema y justificación

El presente proyecto de servicio social es la colaboración en el desarrollo del experimento mencionado que se inscribe dentro del proyecto de investigación 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. En términos generales dicho proyecto de investigación buscó eficientizar el uso de la materia orgánica como fuente de nutrientes para los cultivos. Por lo que se planteó evaluar experimentalmente el uso de *P. sanguineus* como agente biológico degradante de residuos de leguminosas utilizadas como fertilizante en el cultivo del brócoli. Esto considerando que, *P. sanguineus* ha sido estudiado principalmente por su capacidad para degradar lignina, además, en

México los residuos lignocelulósicos agroindustriales son abundantes y el cultivo del hongo *P. sanguineus* tiene potencial para la producción comercial de metabolitos con valor biotecnológico (Acosta *et al.*, 2010). Adicionalmente, la acumulación exorbitante de estos residuos agrícolas en el suelo sin previo tratamiento genera problemas ambientales por 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). Una alternativa de solución a este problema es la transformación de dichos residuos por medio de macrohongos de pudrición blanca, quienes pueden generar una diversidad de productos biotransformados como metabolitos bioactivos, enzimas, basidiomas o residuos agotados como fuente de compuestos nutricionales y medicinales (Dávila *et al.*, 2023). Ya que, de acuerdo al estudio realizado por Castro y Fernández (2021) la efectividad de los residuos de aserrín y bagazo de café (*Coffea*) biodegradados por los hongos de pudrición blanca *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum*, se observó que los tratamientos de estos hongos presentó un mejor desarrollo de las plantas, además, los valores de fósforo y nitrógeno aumentaron después de la biodegradación de los residuos por los hongos, también, las variables de desarrollo mostraron más significancia en los cultivos de ají (*Capsicum annuum*).

Objetivo general

Evaluación de la posible sincronía de la disponibilidad de nutrientes obtenidos a través de la inoculación de *Pycnoporus sanguineus* sobre material vegetal de *Acacia retinodes* y *Erythrina coralloides*, y la demanda de nitrógeno de *Brassica oleracea*.

Objetivos específicos

1. Determinar los efectos de las diferentes variables inductoras de crecimiento del brócoli, sobre la liberación de nutrientes en la biodegradación del material vegetal de *A. retinodes* y *E. coralloides* con la inoculación de *P. sanguineus*, y un grupo testigo.
2. Conocer el contenido de nitrato disponible aportado por el suelo mineral de la parcela experimental para ser absorbido por el brócoli.

Antecedentes

De acuerdo con la investigación realizada por Gómez (2022) sobre la biodegradación de la madera de *Eucalyptus globulus* Labill con tres hongos de pudrición blanca para el biopulpaje, reporta que *P. sanguineus* y *Stereum. hirsutum*, causaron la mayor degradación de la celulosa. Por su parte, Luna *et al.* (2013) resaltan la efectividad de los residuos de aserrín biodegradado parcialmente por *Pleurotus Ostreatus*, ya que el resultado de esta biodegradación puede funcionar como sustrato favorable para el cultivo de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) debido a que aporta los nutrientes necesarios para el buen crecimiento de las plántulas. Por otro lado, el trabajo realizado por Mendoza (2020) tuvo como objetivo evaluar la utilización del hongo *Pleurotus eryngii* en la biodegradación de tres residuos de cosecha para la obtención de abonos orgánicos, como resultados obtuvo que el tratamiento (100% panca de maíz (*Zea mays*) + *P. eryngii*) presentó los mejores resultados de biodegradación, sin embargo, menciona que se debe estudiar la aplicación del hongo en diferentes residuos. Cabe resaltar el trabajo realizado por Dávila *et al.* (2023) ya que la investigación demostró que cepas de hongos silvestres pueden transformar la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) en productos de valor agregado como basidiomas y residuos agotados, como fuentes de alimento o para su utilización en diferentes sectores.

En 2018 en el laboratorio de fisiología de cultivos de la UAM X. Campeche *et al.* (2018) realizó un experimento en macetas para evaluar el impacto de cepas nativas microbianas sobre la degradación de material vegetal de *Erythrina poeppigiana* y la producción de CO₂, los resultado de dicha degradación demostró un mayor nivel de gas con las bolsas enterradas, donde existió mayor disponibilidad de material de fácil descomposición. A su vez, Villarreal (2021) evaluó la actividad ligninolítica de hongos del orden Polyporales, sobre el tratamiento de biomasa de maíz, los resultados obtenidos mostraron que la especie identificada como *Ganoderma australe* puede ser empleada en el tratamiento de residuos agrícolas como el bagazo de maíz.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica

El trabajo se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC) (Figura 1), ubicado en el Antiguo Canal Cuemanco 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 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015).



Fig. 1. Parcela experimental del CIBAC.

Geología

El territorio de Xochimilco está en la subprovincia 57 de los Lagos y Volcanes del Anáhuac, perteneciente a la provincia geológica del Eje Neovolcánico. Su superficie se caracteriza por la presencia de cinco sistemas de topofomas, predominando la sierra estratovolcánica, que cubre el 42% del territorio xochimilca. Otro importante 27% del territorio de la demarcación es clasificado como meseta volcánica o malpaís. El resto lo componen tres tipos de llanuras, del cual, un 18%, correspondiente al vaso del antiguo lago de Xochimilco, hoy ocupado por las chinampas, el cual es una llanura lacustre (Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2018).

Clima

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 (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2016).

Preparación del terreno

El experimento en campo se realizó en el ciclo verano-otoño del 2023. La parcela experimental cuenta con una superficie de 100 m², la siembra de plántulas se realizó en camas de

cultivo de 60 cm de ancho a doble hilera, con una distancia entre planta de 50 cm y una distancia entre surco de 40 cm.

Preparación y siembra de cepas liofilizadas de *P. sanguineus*

Las cepas liofilizadas de *P. sanguineus* fueron adquiridas en la compañía American Type Culture Collection (ATCC) localizada en Manassas Virginia, E. U. A. Previo a la siembra, 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. La siembra se realizó en una cabina de flujo laminar, primeramente, con ayuda de un mechero y agua esterilizada se rompe la ampollita de vidrio que resguarda a las cepas liofilizadas, posteriormente, se llevó a cabo la hidratación de las células liofilizadas con el medio de cultivo líquido en una concentración no mayor a 0.5ml, lo siguiente fue suspender el cultivo liofilizado; introduciendo el medio líquido y aspirando y expulsando varias veces la suspensión de células con la pipeta, para finalmente, inocular el medio líquido y transferir el resto a medio sólido. Por último, se incubaron las cajas petri a una temperatura de 28° C durante 7 días, el medio líquido fue colocado en matraces de 250 ml sobre un agitador a 150 rpm (Figura 2).



Fig. 2. Micelio de *P. sanguineus* en medio líquido.

Material vegetal

El material vegetal de *Acacia retinodes* (S.) y *Erythrina coralloides* (DC.) fue recolectado del mismo predio agrícola del CIBAC, además, el contenido de agua fue tomado en cuenta para calcular la cantidad de material vegetal a utilizar. Así, previo a la fertilización, el material vegetal tuvo una pérdida del 70% del peso fresco. También, a través de la técnica de espectrometría NIR se conoció el contenido de nitrógeno; en el cual, el porcentaje de N presente en muestras de 100 g de hojas secas de acacia fue del 2,2% mientras que, en las hojas de colorín fue del 3,5 %. De esta manera, se buscó que el aporte de N fuese igual para colorín y acacia, por lo que se utilizó 2 kg de hojas de acacia, mientras que la cantidad de hojas de colorín fue de 1.2 kg. Este material vegetal se calculó para 6 plantas de cada parcela útil, cabe mencionar que el material vegetal fue enterrado a una profundidad de 20 cm sobre el nivel del suelo.

Inoculación de *P. sanguineus* sobre el material vegetal

El medio de cultivo líquido tuvo una previa dilución con agua pura, la solución conseguida se utilizó para inocular el material vegetal; 50 ml de solución de *P. sanguineus*/10 kg de material vegetal, esta aplicación se realizó a través de un aspersor manual. La aplicación del inóculo se realizó durante el atardecer, y previamente se realizó un ligero riego sobre la parcela experimental.

Diseño experimental

En un diseño de bloques completos al azar con 7 tratamientos, 4 repeticiones y 6 unidades experimentales por repetición, en los que se añadió hojas de la especie correspondiente de cada tratamiento, a excepción del testigo que no recibió ningún tipo de fertilización, los tratamientos fueron (Cuadro 1):

Cuadro 1. Tratamientos del diseño experimental.

Tratamiento	Características
T1: s-Aca-sin	Fertilización simultánea a la siembra con hojas de acacia sin inóculo de <i>P. sanguineus</i> .
T2: s-Aca-con	Fertilización simultánea a la siembra con hojas de acacia más inóculo de <i>P. sanguineus</i> .
T3: s-Col-sin	Fertilización simultánea a la siembra con hojas de colorín sin inóculo de <i>P. sanguineus</i> .
T4: s-Col-con	Fertilización simultánea a la siembra con hojas de colorín más inóculo de <i>P. sanguineus</i> .
T5: a-Aca-sin	Fertilización anticipada a la siembra con hojas de acacia (30 días antes de la siembra) sin inóculo de <i>P. sanguineus</i> .
T6: a-Col-sin	Fertilización anticipada a la siembra con hojas de colorín (30 días antes de la siembra) sin inóculo de <i>P. sanguineus</i> .
T7: Des	Sin ningún tipo de fertilización.

Nota: la conformación de siglas de los tratamientos representa la fertilización de la especie de materia vegetal utilizado en el diseño de los tratamientos, también, indica la aplicación o ausencia del inóculo de *P. sanguineus*. Además, el tiempo en que se aplicó la fertilización con respecto a la siembra, ejemplo, T2: “s” – “Aca” – “con”

En el que, “s”, representa el tiempo en que se efectuó la fertilización con respecto a la siembra; “Aca”, representa la especie de material vegetal del tratamiento; y “con”, representa la adición del inóculo de *P. sanguineus*.

Obj. 1. Determinar los efectos de las diferentes variables inductoras de crecimiento del brócoli, sobre la liberación de nutrientes en la biodegradación del material vegetal de *A. retinodes* y *E. coralloides* con la inoculación de *P. sanguineus*, y un grupo testigo

Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, peso fresco de la inflorescencia, área de la inflorescencia y los días después del trasplante (ddt) para la cosecha. La recopilación de los valores de las mediciones de la altura del brócoli fueron tomados en períodos de 15, 30, 45 y 60 ddt, por su parte, los valores de la variable peso fresco y área de la inflorescencia

fueron recolectados en el momento en que la inflorescencia llegó al punto de maduración en el que se comercializa.

Obj. 2. Conocer el contenido de nitrato disponible aportado por el suelo mineral de la parcela experimental para ser absorbido por el brócoli

El objetivo específico número dos fue una adecuación del anterior objetivo nombrado “Estimar la cantidad de nitrógeno aportados por el suelo mineral y el material vegetal de *A. retinodes* y *E. coralloides* para ser absorbidos por el brócoli” ya que, al no haberse realizado las muestras de suelo por tratamiento, no se pudo responder el objetivo planteado anteriormente.

De tal manera, para el presente objetivo planteado, se realizó a través de dos análisis de suelo de la parcela experimental previo a la siembra, se recolectó submuestras en dos secciones diferentes de la parcela, se mezclaron y se obtuvo una muestra homogénea para cada sección de la parcela, se tomó 1.0 kg de la mezcla y se envió al laboratorio de Fertilab® para el análisis. Los resultados de ambos análisis de suelo se mostraron a través de la media aritmética de cada determinante analizado.

Análisis estadístico

A los datos de cada variable se les realizó la prueba de normalidad y homocedasticidad, posteriormente se hizo el análisis de varianza con el paquete estadístico JMP® 8.0. A las variables con diferencias significativas se les aplicó la prueba de medias de tukey utilizando un $\alpha=0,05$. Los resultados de la altura de la planta fueron sometidos a un análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo utilizando un $\alpha=0,05$.

Marco teórico

Pycnoporus sanguineus

P. sanguineus (L.) Murrill, pertenece a la familia Polyporaceae, es un hongo basidiomiceto que se encuentra comúnmente creciendo en solitario en maderas duras muertas en los países subtropicales o tropicales, (Dulay y Damaso, 2020). En México se encuentra ampliamente distribuido en diferentes Estados (Pérez *et al.*, 1988). Morfológicamente este hongo tiene un color rojo anaranjado brillante con un cuerpo fructífero sésil en forma de abanico delgado con una unión lateral a su sustrato (Dulay y Damaso, 2020). Este hongo es de interés biotecnológico por su capacidad para producir compuestos con actividad biológica, como la cinnabarina y enzimas hidrolíticas como la lacasa, que tienen aplicaciones en la descomposición de residuos agroindustriales y en el ciclo de nutrientes (da Silva *et al.*, 2010). Los estudios han demostrado el uso de micelio, basidiocarpo y extractos filtrados del medio de cultivo de *P. sanguineus* para controlar enfermedades fúngicas y bacterianas mediante su acción directa contra microorganismos patógenos o mediante la inducción de respuestas de defensa de las plantas, como la síntesis de especies reactivas de oxígeno, enzimas de defensa de las plantas y fitoalexinas (Viecelli *et al.*, 2010).

Brassica oleracea

Brassica oleracea (L.) es una hortaliza que aporta vitaminas y elementos esenciales a la dieta humana, así como compuestos antioxidantes que mejoran la salud. La fertilización es determinante en el rendimiento y productividad de los cultivos (Raya *et al.*, 2018). Dependiendo del tipo de suelo, el cultivo de brócoli puede llegar a requerir por hectárea la fórmula 220-40-00 de fertilizante o más (Zamora, 2016). De acuerdo con los resultados de la evaluación de la extracción de macronutrientes en el cultivo de brócoli (León y Escobar, 2021), los niveles de

extracción de N según las etapas fenológicas a los 35, 56, 75 y 95 días después del trasplante (ddt) en brócoli var. Avenger, se determinó que la planta extrae N en menor cantidad hasta los 35 ddt 9.1 kg ha^{-1} , y se incrementa la extracción a partir de los 56 ddt con un acumulado de 73.2 kg ha^{-1} , a los 75 ddt hay un consumo acumulado de 213.2 kg ha^{-1} , mientras que hasta los 95 ddt, la extracción total alcanzó 348.6 kg ha^{-1} . Además, de acuerdo con León y Escobar (2021); Rincón y colaboradores (1999) la mayor demanda de N es en la etapa de la inflorescencia, después del día 70 ddt.

La variedad utilizada en el experimento fue Cv. Imperial, es un híbrido de madurez intermedia, la planta es vigorosa, presenta una inflorescencia de forma de domo alto de un color verde-azulado, el grano de la pella es pequeño y uniforme, ideal para la cosecha en la primavera. Desarrolla pocos hijuelos en la base de la planta, su maduración es uniforme lo que facilita la cosecha, con una madurez relativa de 75 días después del trasplante, teniendo una mayor adaptación y un mejor desarrollo en los meses de octubre a diciembre (Sakata, S.F.).

Resultados

Obj. 1. Determinar los efectos de las diferentes variables inductoras de crecimiento del brócoli, sobre la liberación de nutrientes en la biodegradación del material vegetal de *A. retinodes* y *E. coralloides* con la inoculación de *P. sanguineus*, y un grupo testigo

Altura

El comportamiento del tratamiento (T1: s-Aca-sin) mostró una ligera tendencia a partir del día 30 ddt con respecto al resto de los tratamientos (Figura 3).

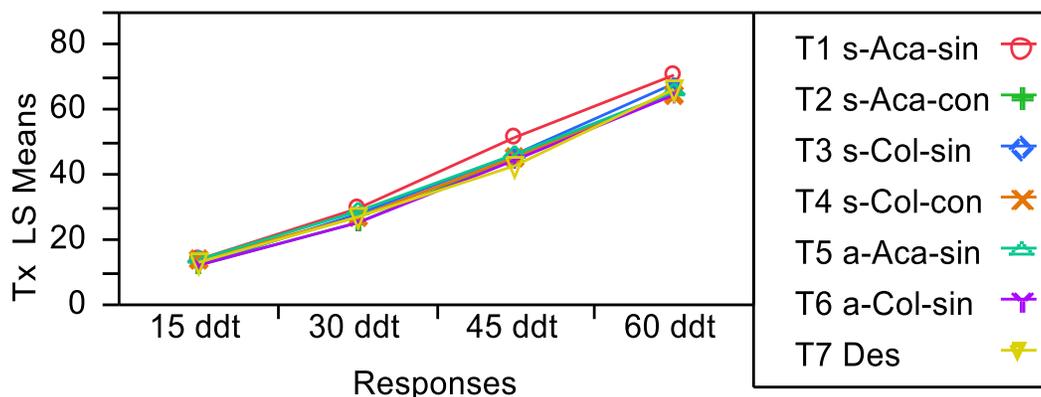


Fig. 3. Altura de *B. oleracea* a través del tiempo.

Sin embargo, los resultados del análisis de varianza mostraron que la tendencia de la altura producto de la fertilización del (T1: s-Aca-sin), no fue estadísticamente significativa ($\alpha = 0,05$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza sobre la altura del brócoli.

F. V.	SC	GL	CM	F-cal	P- valor	Significancia ($\alpha = 0,05$)
Bloques	2034.0399	3	678.0133	1.4863	0.2171	NS
Tratamiento	1406.4950	6	234.4158	0.5139	0.7980	NS
Error	294685.38	646	456.169			
Total	298125.91	655				

NS = no significativo * * = altamente significativo

Peso fresco

El análisis de varianza sobre la fuente de variación tratamiento (peso fresco) obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), dado que el p-valor ($p = 0,037$) fue menor al nivel de significancia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza sobre el peso fresco de las inflorescencias del brócoli.

F. V.	SC	GL	CM	F-cal	P- valor	Significancia ($\alpha = 0,05$)
Bloques	168959.02	3	56319.67	2.1690	0.0944	NS
Tratamiento	359944.63	6	59990.77	2.3104	0.0370	**
Error	3635127.8	140	25965.19			
Total	4164031.45	149				

NS = no significativo * * = altamente significativo

El resultado de la prueba de medias de tukey mostró estadísticamente diferencias significativas en el tratamiento testigo (T7 Des) ($p \leq 0,05$) que registró mayor peso fresco (Figura 4) sobre los tratamientos de acacia (T2: s-Aca-con y T5: a-Aca-sin) y el tratamiento simultáneo con colorín sin hongo (T3: s-Col-sin), que fueron los tratamientos que menor peso fresco registraron sobre la inflorescencia del brócoli.

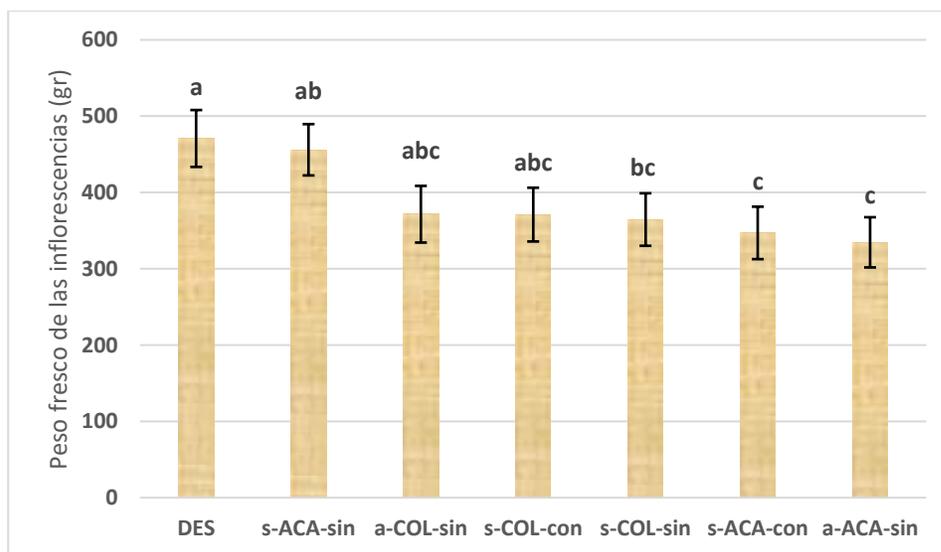


Figura 4. Promedio del peso fresco de los tratamientos.

Área

Los resultados del análisis de varianza de la fuente de variación tratamiento (área de la inflorescencia) mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza del área de la inflorescencia del brócoli.

F. V.	SC	GL	CM	F	P- valor	Significancia ($\alpha = 0,05$)
Bloques	74350.105	3	24783.36	3.9409	0.0098	**
Tratamiento	84221.384	6	14036.89	2.2320	0.0435	**
Error	880436.9	140	6288.8			
Total	1039008.389	149				

NS = no significativo * * = altamente significativo

De igual manera, la prueba de medias de tukey demostró que el tratamiento testigo (T7: Des) fue el que presentó mayor diámetro de la inflorescencia de brócoli (Figura 5), sin embargo,

los valores del error estándar del tratamiento testigo (T7: Des) se empalmaron entre el resto de los tratamientos del experimento (Figura 5), de modo que, esta diferencia significativa sobre el tratamiento testigo no es tan evidente con respecto al resto de los tratamientos.

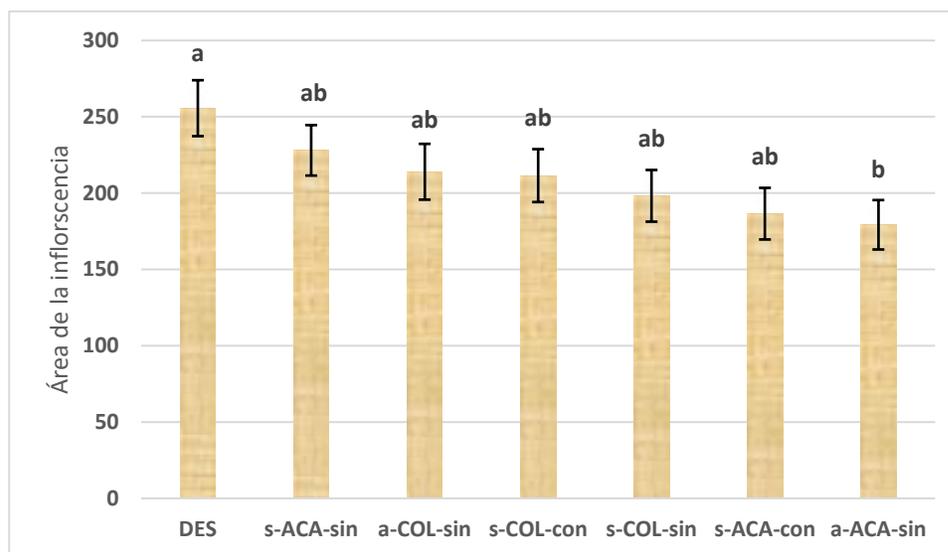


Figura 5. Área de la inflorescencia de *Brassica oleracea*.

Días después del trasplante para la cosecha

La cosecha de las inflorescencias se realizó entre los días 69 – 72 ddt, los resultados del análisis de varianza mostraron que, estadísticamente no existe diferencias significativas sobre la fuente de variación tratamiento (ddt para la cosecha) ($p=0,05$), dado que el p-valor ($p = 0,0515$) fue mayor al nivel de significancia (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza sobre los ddt para la cosecha de las inflorescencias.

F. V.	SC	GL	CM	F-cal	P- valor	Significancia ($\alpha = 0,05$)
Bloques	43.9	3	14.633	3.8299	0.0113	**
Tratamiento	49.27	6	8.2116	2.1493	0.0515	NS
Error	534.97	140	3.8212			
Total	628.1557	149				

NS = no significativo * * = altamente significativo

Obj. 2. Conocer el contenido de nitrato disponible aportado por el suelo mineral de la parcela experimental para ser absorbido por el brócoli

El análisis de la muestra suelo mostró ser una parcela de muy alto contenido de macronutrientes y materia orgánica (Cuadro 6), el aporte de nitratos del suelo mineral fue de 243 kg ha⁻¹, esta cantidad fue estimada a través del área de la parcela experimental con una densidad aparente de 93 g cm³ y una profundidad de cálculo de 20 cm.

Cuadro 6. Resultados del análisis de suelo previo a la siembra.

<i>Determinación</i>	<i>Unidad de medida</i>	<i>Clasificación</i>
<i>Dens. Aparente</i>	0.93 g cm ³	
<i>pH</i>	7.59	Moderadamente alcalino
<i>Materia orgánica</i>	7.86%	Muy alto
<i>N-NO₃</i>	144.5 mg kg ⁻¹	Muy alto
<i>Fosforo extraíble</i>	139.5 mg kg ⁻¹	Muy alto
<i>Potasio intercambiable</i>	969.5 mg kg ⁻¹	Muy alto

Discusión y sugerencias

El interés comercial de los productores se basa en el rendimiento del peso fresco de las inflorescencias del cultivo del brócoli, los resultados sobre la fertilización con material vegetal y la inoculación de *P. sanguineus* no refleja tener un efecto sobre el aumento de la masa del peso fresco. Además, cabe destacar que la información sobre la fertilización con material vegetal y la inoculación de hongos de pudrición blanca es limitada.

Es pertinente resaltar que la fertilización con material vegetal se calculó sin previo análisis de suelo a la siembra, de acuerdo con el trabajo hecho por Risco *et al.* (2016) mencionan que gran parte de los productores no realizan la fertilización previa a una recomendación de análisis de suelos, por lo que la fertilización puede afectar significativamente a la productividad y calidad del brócoli. Además, se considera de importancia el diagnóstico de la fertilidad de los cultivos mediante la determinación de los niveles de extracción de órganos cosechados, absorción y

consumo según las etapas fenológicas del cultivo para alcanzar una mejor productividad (Chacra, 2013).

Es importante mencionar que durante el experimento se realizaron cajas de observación y chequeos de algunos tratamientos para observar la velocidad de colonización del hongo y la descomposición del material vegetal. En el día 29 ddt los tratamientos con acacia no reflejaron tener una descomposición acelerada por efecto de *P. sanguineus* (Figura 6a), puesto que su tratamiento análogo sin hongo mostró tener las mismas características sobre el campo (Figura 6b), además, no se observó la presencia de la posible colonización del hongo sobre el material vegetal.



Fig. 6a y 6b. Tratamiento de acacia inoculado con *P. sanguineus* (a); Tratamiento de acacia sin hongo (b).

Por su parte, las cajas de observación con los tratamientos de acacia con y sin *P. sanguineus*, en el día 56 ddt el material vegetal de ambos tratamientos no muestran tener diferencias en su descomposición (Figura 7a y 7b), además de que no hubo rastros de la posible colonización del hongo.



Fig. 7a y 7b. Caja de observación del tratamiento acacia inoculado con *P. sanguineus* (a); Caja de observación del tratamiento de acacia sin hongo (b).

A su vez, los tratamientos con colorín inoculado con *P. sanguineus* mostró una descomposición del material vegetal de más del 80% en el día 29 ddt (Figura 8), sin embargo, no se observó rastro de la posible colonización del hongo.



Fig. 8. Tratamiento de colorín inoculado con *P. sanguineus*.

En cambio, la caja de observación del tratamiento de colorín inoculado con *P. sanguineus*, en el día 56 ddt se observó la descomposición de hojas de casi el 100%, ya que solo se pudo encontrar restos de ramas (Figura 9a), mientras que el tratamiento con colorín sin hongo presentó una descomposición del 90% ya que aún se observó restos de hojas y ramas (Figura 9b), sin embargo, no se observó la presencia del hongo. Dicho de otro modo, se descarta el resultado de la descomposición del material vegetal de colorín por acción de *P. sanguineus*.



Fig. 9a y 9b. Caja de observación del tratamiento de colorín inoculado con *P. sanguineus* (**a**); Caja de observación del tratamiento de colorín sin hongo (**b**).

Pese a que se degradó el material vegetal de colorín durante el desarrollo del brócoli, los resultados de los tratamientos sobre el peso fresco no muestran su efecto en la producción de las inflorescencias (Figura 4). Además, se desconoce la velocidad de descomposición del colorín, por lo que tal vez la liberación de nutrientes se realizó cuando el brócoli requirió menor cantidad de N, o este no pudo ser absorbido. Así, sería interesante replantear el experimento sobre los tratamientos y observar nuevamente el comportamiento de variables del crecimiento del brócoli.

Es relevante hacer hincapié en el trabajo realizado por Payan *et al.* (2013) ya que aunque no se detectaron efectos significativos sobre el crecimiento de las plántulas de maíz debido a la adición de inóculos microbianos, hubo efectos positivos en las aplicaciones de residuos de poda *E. poeppigiana* sobre los niveles de K en el suelo, por lo que recomiendan realizar estudios adicionales centrados en la dosis y el momento de la aplicación microbiana. A diferencia del trabajo realizado por Campeche *et al.* (2018) sobre la producción de CO₂ como respuesta a la aplicación de residuos orgánicos de *A. retinodes* y la adición de mezclas microbianas en el suelo, dado que al enterrar la *litterbag* provocó un incremento de la producción del CO₂ en los tratamientos que en los testigos sin residuos. Dicho lo anterior, para este punto del experimento, la comunidad microbiana de la zona donde se

realizó el experimento actuó favorablemente sobre el material vegetal de colorín, ya que los tratamientos con acacia no mostraron indicios de su desintegración. Esto podría asociarse a las propiedades químicas de la pared celular del material vegetal, ya que según el estudio de Días *et al.* (2016) la liberación de nutrientes de residuos de cosecha de eucalipto en descomposición, enfatizan que, la liberación de nutrientes está más controlada por el manejo, las propiedades químicas de los residuos y las necesidades específicas de la comunidad de descomponedores que por el clima o las propiedades del suelo. En otras palabras y teniendo en cuenta lo analizado en campo, la inoculación de *P. sanguineus* sobre el material vegetal no fue efectiva, puesto que no se encontraron las necesidades específicas del hongo para la colonización. Dicho de otra forma, la sincronización sobre liberación de nutrientes de los tratamientos de acacia en la etapa de mayor requerimiento de N del brócoli no fue posible.

Luego de la finalización del experimento en campo, en el día 145 ddt se realizó la revisión de los tratamientos con acacia y sus cajas de observación, se pudo observar la presencia de la colonización de un hongo, aunque este no fue identificado se descarta la posibilidad de pertenecer a *P. sanguineus*, ya que el hongo no identificado fue encontrado en tratamientos anticipados de acacia sin *P. sanguineus* y algunos tratamientos simultáneos de acacia sin hongo (Figura 10a y 10b).



Fig. 10a y 10b. Tratamientos con fertilización anticipada de acacia sin *P. sanguineus*, con presencia de un hongo ajeno al experimento.

De acuerdo con un estudio realizado por Gad *et al.* (2015) sobre incorporan raíces de álamo triturado en macetas, con y sin la adición nitrogenada, cuyo objetivo fue investigar si la mezcla superficial tiene efectos positivos en el crecimiento del maíz. Sus resultados demostraron que el rendimiento de maíz se redujo fuertemente después de mezclar los residuos de raíz de álamo a 0-20 cm de profundidad sin fertilización nitrogenada, pero no se vio afectado si se mezcló a 0-5 cm de profundidad, además, la cantidad total de ergosterol no se vio afectada por los tratamientos de mezcla, pero respondió positivamente a la fertilización con N. A todo esto, los resultados de los tratamientos de la fertilización con material vegetal sobre el peso fresco del brócoli se redujeron considerablemente (Figura 4), por lo que, es posible que el volumen del material vegetal añadido al suelo mineral fuese clave para la obtención y absorción de nutrientes durante el desarrollo del cultivo.

Además, ajeno al proyecto que se llevó a cabo en esta investigación de servicio social, se encontró que 202 ddt el material vegetal de acacia inoculado con *P. sanguineus* (Figura 11a), y su análogo sin hongo (figura 11b), aún presentaban material vegetal sin degradar de más del 50%. por lo que, sería interesante identificar al hongo presente en el material vegetal y conocer si pertenece a grupos de hongos de pudrición blanca.



Fig. 11a y 11b. Tratamiento de acacia inoculado con *P. sanguineus* (a); Tratamiento de acacia sin hongo (b) con presencia del hongo sin identificar.

Experimento *in vitro* del crecimiento con *P. sanguineus* sobre hojas de colorín, acacia, trozos de ramas de colorín y cáscara de cacahuete

Se realizaron muestras *in vitro* para conocer la velocidad de colonización de *P. sanguineus* sobre hojas de acacia, colorín, ramas de colorín y cáscara de cacahuete. La siembra de *P. sanguineus* fue sobre medios de cultivo sólido y se incubó a 28° C durante cuatro días. Posteriormente, se agregó el sustrato a utilizar, el sustrato tuvo un previo tratamiento con hipoclorito de sodio al 2 %, y nuevamente se incubaron durante 24 horas, para posteriormente ser colocados a temperatura ambiente y fuera de la luz directa. Después de 24 horas de incubación con el sustrato, se observó los primeros indicios de la colonización de *P. sanguineus* sobre el material vegetal de colorín (Figura 12a y 12b). Por el contrario, el sustrato de hojas de acacia y los residuos de cacahuete no exhibieron indicios de la presencia del hongo (Figura 12c y 12d).



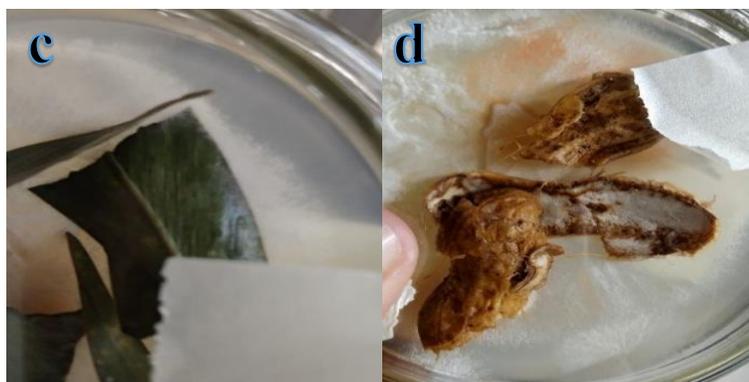


Fig. 12a, 12b, 12c y 12d. Colonización de *P. sanguineus* sobre ramas de acacia (a); Colonización de *P. sanguineus* sobre hojas de colorín (b); Colonización de *P. sanguineus* sobre hojas de acacia (c); Colonización de *P. sanguineus* sobre cáscara de cacahuete (d).

Luego de 14 días, la colonización de *P. sanguineus* sobre las ramas de colorín presentó una colonización de más del 90%, mientras que, en las hojas de colorín fue del 40% (Figura 13a y 13b). A su vez, la colonización de *P. sanguineus* sobre las hojas de acacia fue del 60% (Figura 13c), a diferencia de la cáscara de cacahuete que no manifestó la presencia del hongo (Figura 13d).



Fig. 13a, 13b, 13c y 13d. Colonización de *P. sanguineus* sobre ramas de acacia (**a**); Colonización de *P. sanguineus* sobre hojas de colorín (**b**); Colonización de *P. sanguineus* sobre hojas de acacia (**c**); Colonización de *P. sanguineus* sobre cáscara de cacahuete (**d**).

Finalmente, después de 26 días, las pruebas in vitro del sustrato de ramas de colorín fue el tratamiento que presentó una colonización del 100% (Figura 14a), de esta manera, se ratifica que la descomposición del material vegetal de colorín sobre las cajas de observación y, por ende, el de los tratamientos del diseño experimental del proyecto (Figura 8, 9a y 9b), no fue por acción de *P. sanguineus*, ya que no existió la presencia de la colonización del hongo sobre los restos del material vegetal del colorín del diseño experimental del proyecto.



Fig. 14a, 14b, 14c y 14d. Colonización de *P. sanguineus* sobre ramas de acacia (**a**); Colonización de *P. sanguineus* sobre hojas de colorín (**b**); Colonización de *P. sanguineus* sobre hojas de acacia (**c**); Colonización de *P. sanguineus* sobre cáscara de cacahuete (**d**).

Por su parte, la colonización del hongo sobre las hojas de acacia fue más veloz comparado con las hojas de colorín, 80% y 65% respectivamente (Figura 14b y 14c). Mientras que, los

residuos de cacahuete mostraron los primeros indicios de la colonización de *P. sanguineus* (Figura 14d).

Conclusión

La fertilización con material vegetal no tuvo efectos significativos sobre el peso fresco de la inflorescencia del brócoli. También, las necesidades específicas para la colonización de *P. sanguineus* y la descomposición del material vegetal no fueron apropiadas por lo que, la sincronía sobre la liberación de nutrientes y la demanda de N del brócoli no fue posible.

Referencias bibliográficas

- Acosta Urdapilleta, G. A., Alonso Paz, A., Rodríguez, M., Adame, D., Salgado, J., Salgado, M., . . . Villegas Villareal, E. C. (2010). *Pycnoporus sanguineus*, un hongo con potencial biotecnológico. *14*, 189-220.
- Álvarez Palomino, L., Vargas Bayona, J. E., & García Díaz, L. K. (2018). Abono orgánico: Aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales. *Spei Domus*, *14*(28-29), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.16925/2382-4247.2018.01.04>
- Badillo Herrera, A. E. (2016). *Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) variedad Inifap 122, en dosis diferentes, en la Parroquia Malchingui, Cantón Pedro Moncayo, Provincia Pinchincha* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10735>
- Barragán Huerta, B. E., Téllez Díaz, Y. A., & Laguna Trinidad, A. (2018). Utilización de residuos agroindustriales. *Sistemas ambientales*, *2*(1), 44-50.

- Campeche, E., Pérez, M., Nava, V., Valencia, U., López, R., & Payan, F. (2018). Producción de CO₂ en el suelo por la adición de mezclas microbianas y residuos de poda de *Acacia retinodes* (Fabales: Fabaceae). *Interciencia*, 43(12), 836-840.
- 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* [Tesis de Pregrado, Universidad Magdalena]. Repositorio Digital. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/5526>
- Chacra. (S. F.). ¿Cuál es el nivel de extracción de nutrientes? <https://www.revistachacra.com.ar/nota/135-cual-es-el-nivel-de-extraccion-de-nutrientes>
- da Silva, G. A., Marino, R. H., Lopes, M. E., Almeida, T. Á., Costa, Â. C., & Martins, M. V. (2022). Avaliação do potencial de degradação de fungos causadores de podridão branca. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(2), 225-231. <https://doi.org/https://doi.org/10.5039/agraria.v5i2a628>
- Dávila Giraldo, L. R., Zambrano Forero, C., Torres Arango, O., Pérez, J. F. B., & Murillo Arango, W. (2023). Transformación de la cascarilla de arroz utilizando hongos de pudrición blanca. *Ier Congreso Colombiano de Micología*.
- Días Ferreira, G. W., Barros Soares, E. M., Caparelli Oliveira, F. C., Silva, I. R., Dungait, J. A., Souza, I. F., & Verguetz, L. (2016). Nutrient release from decomposing *Eucalyptus* harvest residues following simulated management practices in multiple sites in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 370, 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.047>

- Dulay, R. M., & Damaso Jr, E. J. (2020). The successful cultivation of Philippine wild mushroom *Pycnoporus sanguineus* (BIL7137) using rice straw and sawdust-based substrate. *Journal of Applied Biology and Biotechnology Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 8(5), 72-79. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.7324/JABB.2020.80509>
- Gaceta Oficial de la Ciudad de México. (2018). *Programa de acción climática delegación Xochimilco* 2016-2020. http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/PACdel_Xochimilco.pdf
- Gad, H., Wachendorf, C., & Joergensen, R. G. (2015). Response of maize and soil microorganisms to decomposing poplar root residues after shallow or homogenous mixing into soil. Response of maize and soil microorganisms to decomposing poplar root residues after shallow or homogenous mixing into soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(3), 507-514. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jpln.201400593>
- Gómez Daviran, L. N. (2022). *Biodegradación de la madera de Eucalyptus globulus Labill con hongos de pudrición blanca para biopulpaje – Huancayo* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8826>
- González Sánchez, M. E., Pérez Fabiel, S., Wong Villareal, A., Bell Mendoza, R., & Yáñez Ocampo, G. (2015). Agroindustrial wastes methanization and bacterial composition in anaerobic digestion. *Rev Argent Microbiol*, 47(3), 229-335. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.05.003>

- González Velandia, K. D., Daza Rey, D., Caballero Amado, P. A., & Martínez, G., C. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Luna Azul*, 43, 499-517. <https://doi.org/https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.21>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/default.aspx>
- Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal. (2016). *Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México*. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM09DF/index.html>
- León Gordon, O. A., & Escobar, E. H. (2021). *Evaluación de la extracción de n, p y k en el cultivo de Brócoli Var. Avenger* [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32744>
- Luna Fontalvo, J. A., Córdoba López, L. S., Gil Pertuz, K. I., & Romero Borja, I. M. (2013). Efecto de residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) sobre el desarrollo de plántulas de tomate. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 365-374.
- Medina, L. A., Monsalve, Ó. I., & Forero, A. F. (2010). Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 4(1), 109-125. <https://doi.org/https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1230>
- Mendoza Veliz, D. J. (2020). *Utilización del hongo Pleurotus eryngii en la biodegradación de tres residuos de cosecha para la obtención de abonos orgánicos en la zona de Mocache* [Tesis

- de Pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5997>
- Meneses Moreno, N. (2017). Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos. *Revista Médica Homeopatía*, 10, 9-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.homeo.2017.04.004>
- Moisés, J., Martínez, J. M., Duval, M. E., & Galantini, J. A. (2022). Caracterización química y espectrométrica de residuos agroindustriales para su potencial uso como enmiendas orgánicas. *Ciencia del suelo*, 40(2), 227-236.
- Mueses Mafla, R. B., & Romo Chamorro, L. J. (2018). *Utilization de células obtenidas por fermentación en estado sólido de Pleurotus ostreatus, en la sacarificación de papel* [Tesis de Pregrado, Universidad de Nariño]. Sistema Institucional de Recursos Digitales SIREDS. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/8219>
- Odlare, M., Lindmark, J., Ericsson, A., & Pell, M. (2015). Use of organic wastes in agriculture. *Energy Procedia*, 75, 2472-2476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.225>
- Payan Zelaya, F., Harmand, J. M., Flores Macías, A., Beer, J., Ramos Espinoza, G., & de León González, F. (2013). Soil nutrient availability and CO₂ production in agroforestry systems after the addition of *Erythrina poeppigiana* pruning residues and native microbial inocula. *Agroforest Syst*, 87, 439-450. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10457-012-9565-x>
- Pérez Silva, E., Aguirre Acosta, E., & Pérez Amador, C. (1988). Aspectos sobre el uso y la distribución de *Pycnoporus sanguineus* (Polyporaceae) en México. *Scientia Fungorum*, 3(4), 137-144. <https://doi.org/https://doi.org/10.33885/sf.1988.3.718>

- Quizhpilema Quinde, L. E. (2013). *Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles Pleurotus ostreatus utilizando sustratos orgánicos* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. DSpace ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2944>
- Raya Montaña, Y. A., Apáez Barrios, P., Guillén Andrade, H., & Lara Chávez, M. B. N. (2018). Producción de brócoli en función del genotipo y dosis de nitrógeno Producción de brócoli en función del genotipo y dosis de nitrógeno. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(4A), 537-542.
- Renaud, M., Chelinho, S., Alvarenga, P., Mourinha, C., Palma, P., Sousa, J. P., & Natal da Luz, T. (2017). Organic wastes as soil amendments – effects assessment towards soil invertebrates. *Journal Hazardous Materials*, 330, 149-156. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.01.052>
- Rincón, L., Sáez, J., Pérez, J., Gómez, M., & Pellicer, C. (1999). Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. *Invest. Agr: Prod. Prot. Veg.*, 14(1-2), 225-236.
- Risco Arias, D., Gutiérrez Albán, A. C., & Buenaño Sánchez, M. E. (2016). Crecimiento, producción y calidad en brócoli cultivado bajo diferentes dosis de abono nitrogenado. *Investigación agraria*, 18(1), 44-49. <https://doi.org/https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2016.junio.44-48>
- Rosas Calleja, D., Ortiz Laurel, H., Herrera Corredor, J. A., & Leyva Ovalle, O. R. (2016). Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. *Revista Agro Productividad*, 9(8), 18-23.
- Sakata. (S. F.). *Brócoli Imperial*. <http://www.sakata.com.mx>

- Viecelli, C. A., Stangarlin, J. R., Kuhn, O. J., & Schwan Estrada, K. R. F. (2010). Indução de resistência em feijoeiro a mancha angular por extratos de micélio de *Pycnoporus sanguineus*. *Summa Phytopathologica*, 36, 73-80. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-54052010000100013>
- Villarreal, J. A. (2021). *Evaluación de polyporales ligninolíticos de la estación biológica guanderas en el tratamiento de biomasa de maíz* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10984>
- Zamora, E. (2016). El cultivo del brócoli. *Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora-Hermosillo*, 1-8.

Anexos



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Laboratorio de Análisis de Suelos y Nutrición

FOR-PC-01
Emisión: 2023-05-29
Revisión: 03



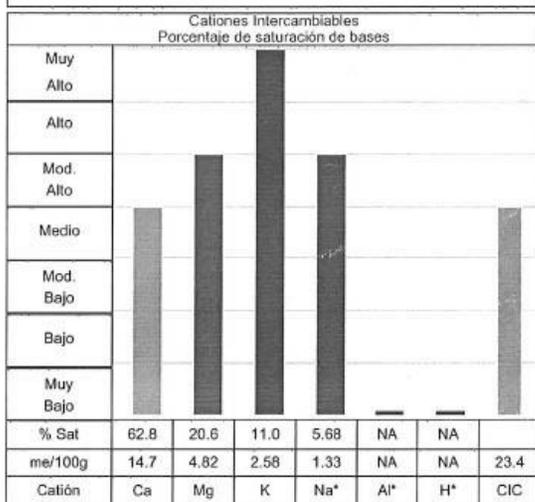
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO **FOLIO: SU-213801**

Productor:	Universidad Autonoma Metropoli	Tipo de agricultura:	Riego
Correo Productor:		Cultivo a Establecer:	Brocoli
Localización muestra:	Cuemanco, Xochimilco, Ciudad De Mexico	Prof. Muestra:	0-30 cm
Coordenadas:	ND, ND	Peso Muestra:	1010
Predio / ID:	Cibac / 4	Fecha de recepción:	2023/09/29
Cliente:	UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA	Fecha de ejecución:	2023/09/29
Correo Cliente:	fpayan@correo.xoc.uam.mx	Fecha de emisión:	2023/10/03

Propiedades Físicas del Suelo			
Clase Textural	Franco		
¹ Punto de Saturación	74.0 %	Muy Alto	
¹ Capacidad de Campo	39.7 %	Muy Alto	
¹ Punto March. Perm.	23.6 %	Muy Alto	
¹ Cond. Hidráulica	0.10 cm/h	Muy Bajo	
¹ Dens. Aparente	0.91 g/cm ³		

pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado			
¹ pH (1:2 agua)	7.57	Mod. alcalino	
¹ pH Buffer	NA		
¹ Carbonatos Totales (%)	2.75 %	Bajo	
¹ Salinidad (CE Extracto)	5.69 dS/m	Requieren de Lavado	
Requerimiento de Yeso	No Requiere		
Requerimiento de Cal	No Requiere		

Fertilidad del Suelo									
Det.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
¹ MO	7.89	%							
¹ P-Bray	141	ppm							
² K	1008	ppm							
³ Ca	2942	ppm							
² Mg	585	ppm							
² Na *	307	ppm							
³ Fe	28.9	ppm							
³ Zn	10.8	ppm							
³ Mn	5.82	ppm							
³ Cu	4.03	ppm							
¹ B	3.49	ppm							
¹ S	146	ppm							
¹ N-NO ₃	125	ppm							



Relación entre cationes (Basadas en me/100g)				
Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg
Resultados	5.70	1.86	7.56	3.06
Interpretación	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Mediano

* Es deseable que estos elementos tengan un bajo contenido

PND = Pendiente por verificar NA = No analizado ND = Sin datos

Realizó

Jessica Yolanda Cadena

Signatario

Aprobó

David Maldonado Romero

Jefe de laboratorio

Realizó

Branda Selene Ramirez

Signatario

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda responsabilidad por el uso incorrecto de los resultados.
Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
El cliente tiene 15 días hábiles para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.
El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 21 horas para permitir escrutinio de Calidad hacia el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.
El despacho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de laboratorio y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de despacho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentra en sus instalaciones.



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Laboratorio de Análisis de Suelos y Nutrición



FOR-PO-01
Emisión: 2023-05-29
Revisión: 03



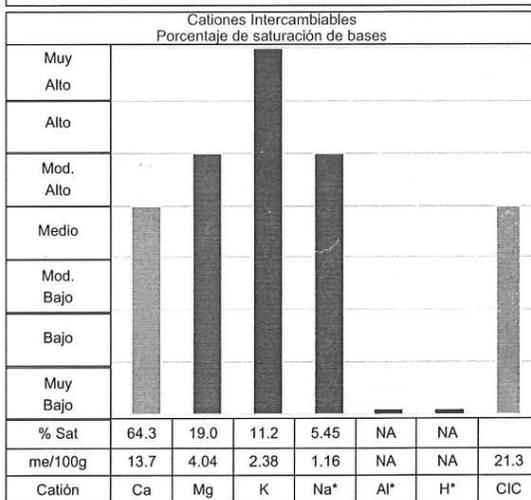
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO **FOLIO: SU-213802**

Productor:	Universidad Autonoma Metropoli	Tipo de agricultura:	Riego
Correo Productor:		Cultivo a Establecer:	Brocoli
Localización muestra:	Cuemanco, Xochimilco, Ciudad De Mexico	Prof. Muestra:	0-30 cm
Coordenadas:	ND, ND	Peso Muestra:	1040
Predio / ID:	Cibac / 5	Fecha de recepción:	2023/09/29
Cliente:	UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA	Fecha de ejecución:	2023/09/29
Correo Cliente:	fpayan@correo.xoc.uam.mx	Fecha de emisión:	2023/10/03

Propiedades Físicas del Suelo			
Clase Textural	Franco		
¹ Punto de Saturación	62.0 %	Muy Alto	
¹ Capacidad de Campo	33.2 %	Muy Alto	
¹ Punto March. Perm.	19.8 %	Muy Alto	
¹ Cond. Hidráulica	0.90 cm/h	Muy Bajo	
¹ Dens. Aparente	0.95 g/cm ³		

pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado		
¹ pH (1:2 agua)	7.61	Mod. alcalino
¹ pH Buffer	NA	
¹ Carbonatos Totales (%)	2.49 %	Bajo
¹ Salinidad (CE Extracto)	4.38 dS/m	Requieren de Lavado
Requerimiento de Yeso	No Requiere	
Requerimiento de Cal	No Requiere	

Fertilidad del Suelo									
Del.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
¹ MO	7.83	%							
¹ P-Bray	138	ppm							
² K	931	ppm							
² Ca	2752	ppm							
² Mg	491	ppm							
² Na +	266	ppm							
³ Fe	33.5	ppm							
³ Zn	12.9	ppm							
³ Mn	5.89	ppm							
³ Cu	3.38	ppm							
¹ B	3.30	ppm							
¹ S	110	ppm							
¹ N-NO ₃	164	ppm							



Relación entre cationes (Basadas en me/100g)				
Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg
Resultados	5.76	1.70	7.45	3.39
Interpretación	Bajo	Bajo	Muy Bajo	Mediano

* Es deseable que estos elementos tengan un bajo contenido

PND = Pendiente por verificar NA = No analizado ND = Sin datos

Realizó

Jessica Yolanda Cadena

Signatario

Aprobó

David Maldonado Romero

Jefe de laboratorio

Realizó

Brenda Selene Ramirez

Signatario

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción. Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL. El cliente tendrá 15 días hábiles para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.

El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja. El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.