



Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco

Número de proyecto: 95

ABONOS VERDES

Alumna: Carrasco Zavala Skarlet Carolina
Matrícula: 2202042020

Asesores: Mariela Fuentes Ponce
Iván Pável Moreno Espíndola

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años el campo se ha manejado con sistemas agroindustriales que ven el proceso de una forma lineal de insumo-producto, lo cual ha llevado a la disminución en las cantidades de nutrientes en el suelo, teniendo gran un impacto en el medio ambiente, las perspectivas actuales de lo que debería ser el campo tienen un enfoque ecológico que ayude a conservar de mejor manera el suelo donde se siembra, una de las alternativas propuestas es la agroecología, está ve al campo como un sistema con múltiples interacciones (Heisey y Mwangi, 1996).

Teniendo en cuenta que la erosión del suelo, la pérdida de la fertilidad y la lixiviación de nutrientes son problemas que afectan gravemente el campo agrícola, el uso de abonos verdes es una alternativa, ya que con la incorporación de material vegetal resultante de la cosecha anterior o las siembras intercaladas con plantas fijadoras de nitrógeno se podría aumentar la disponibilidad de materia orgánica que a su vez pudieran actuar como mejoradora del suelo (Nelson & De Jesús, 2012)

Las fabáceas son el principal grupo de plantas usadas para el abono verde por su capacidad de acumular cantidades de N fijado desde la atmósfera en su biomasa. En el proceso de descomposición del abono verde los nutrientes son liberados al suelo mediante la mineralización, para posteriormente ser absorbidos por las plantas (Beltrán-Morales et al., 2006). Esta tecnología se debe desarrollar de acuerdo con las características del lugar donde se pretende realizar la siembra, y de preferencia adaptada junto con los productores para facilitar su manejo, así como las futuras modificaciones que pueden hacer los campesinos.

El jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) es considerado uno de los cultivos más importantes debido a su aporte nutricional. Sin embargo, a pesar de los beneficios y usos de esta hortaliza, las variedades nativas han sido sustituidas por la producción de variedades comerciales híbridas en México, lo que ha tenido un impacto negativo en la evolución actual del cultivo y en las prácticas de conservación en México, los suelos y ecosistemas se han visto afectados debido a

paquetes tecnológicos que utilizan agroquímicos sintéticos poniendo en riesgo los ecosistemas (SNICS, 2020).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pérdida de la fertilidad en el suelo es en gran parte responsable de la baja productividad en los cultivos, lo cual ha obligado a los productores a comprar semillas híbridas con paquetes de fertilización sintética que causan más daño al suelo.

Por ello es necesario buscar nuevas alternativas de fertilización como lo podrían ser los abonos verdes, a la par, las personas campesinas dependen de la compra de semillas híbridas, es por ello de gran importancia probar nuevas técnicas con semillas nativas.

JUSTIFICACIÓN

Los agroecosistemas deben desarrollarse dentro de un marco de sostenibilidad, con el fin de reducir la dependencia de insumos externos como las semillas híbridas y promover insumos con un impacto ambiental mínimo. El objetivo debería ser aumentar la producción de alimentos por unidad de producción y aumentar la resiliencia socioeconómica, productiva y ambiental (Doré et al., 2011).

Al promover y facilitar el rediseño de los agroecosistemas en conjunto con los agricultores, desde una visión ecológica se pueden generar diferentes estrategias para mejorar la calidad del sistema y mejorar la producción. (Mahmud et al., 2021).

Empleando estrategias de fertilización que incluyan la incorporación de materia orgánica al suelo, como el uso de estiércol animal, compostaje de residuos de cosecha, bokashi y vermicompostaje, para mejora de la calidad física, química y biológica del suelo, incluso en condiciones de estrés abiótico, se ha demostrado que tienen un efecto de fito estimulación y movilidad de nutrientes (Mahmud et al., 2021).

El proyecto planteado está inmerso en los objetivos del CIBAC, en el sentido del desarrollo de propuestas sostenibles de producción agrícola para las personas productoras de las alcaldías agrícolas de la CDMX. El presente proyecto está ligado al proyecto de área, aprobado por el consejo divisional, número 95, denominado “Rediseño de agro sistemas, investigación y desarrollo tecnológico participativo”. Por otro lado, aportar en el manejo agrícola sostenible en pos de dietas sostenibles y cuidado ambiental, contribuye a los objetivos del Plan de Desarrollo Sostenible ante el Cambio Climático.

Objetivo general

- Determinar las tasas de mineralización del abono verde.

Objetivos particulares

- Determinar porcentajes de mineralización de abono verde para su potencial uso en el cultivo de jitomate nativo.

MARCO TEÓRICO

Los abonos verdes son plantas que se cultivan para proveer cobertura al suelo y mejorar sus características físicas, químicas y biológicas, generalmente de crecimiento rápido (Florentín, 2011).

Tienen grandes ventajas al ser usados, son eficientes en la cobertura del suelo, alta producción de biomasa, que al descomponerse y mineralizarse provee de los nutrientes que después serán absorbidos por el cultivo, fácil manejo en campo, bajo nivel de ataque de plagas y enfermedades, de fácil incorporación al suelo, tolerancia a baja fertilidad del suelo, producción suficiente y no deben ser invasoras (Guanche, 2012).

Algunas de las funciones que podrían cumplir son disminuir la erosión, mejorar la circulación del aire, evitar la pérdida por lavado de nutrientes, conservar la humedad del suelo y proveer de alternativas económicas a los productores (León de Marín, G, 2011).

Las leguminosas son fijadoras de nitrógeno atmosférico debido a una simbiosis con las bacterias del género Rhizobium, en el caso de suelos excesivamente fertilizados las plantas usadas como abonos verdes pueden actuar como desintoxicantes al ser consumidores de nutrientes como es el caso de las crucíferas (Guanche, 2012).

La mayor parte del nitrógeno del suelo está contenido en la materia orgánica proveniente de animales, plantas, hongos y bacterias, y será disponible hasta que sufra los procesos de descomposición y mineralización, proporcionando del 50 al 80% de las necesidades de N de los cultivos, pudiendo liberar o retener el N, para aumentar la productividad en el corto plazo o la conservación a largo plazo (Martínez, et al. 2014).

A pesar de que hay N suficiente en el suelo para las plantas, se estima que sólo del 1 al 3% del total de N orgánico es mineralizado, esto se puede determinar mediante la respiración del suelo, que es el proceso exotérmico mediante el cual el O₂ oxida al carbono dando como resultado CO₂ y H₂O (Martínez, et al. 2014).

El primer producto de la mineralización es el amoniaco (NH₃), que puede perderse por volatilización, o puede adquirir un hidrógeno y formar amonio (NH₄ +). En este estado puede ser absorbido por las arcillas en el suelo o absorbido por las plantas. Las bacterias pueden utilizarlo como fuente de energía, en este proceso pierde dos hidrógenos, primero para formar nitrito (NO₂ -) y luego nitrato (NO₃ -). Parte de este nitrógeno puede ser absorbido por microorganismos que lo incorporan a su biomasa (inmovilización) o puede ser utilizado por las plantas (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011).

Las tasas de mineralización de la materia orgánica en el suelo están estrechamente relacionadas con la relación carbono-nitrógeno (C:N), este es el proceso mediante el cual los microorganismos descomponen la materia orgánica, liberando nutrientes inorgánicos, en formas disponibles para las plantas.

La relación C:N baja (<20:1) mineraliza de forma rápida, significa que hay más nitrógeno en relación con el carbono, en este caso, los microorganismos pueden

descomponer rápidamente la materia orgánica porque no necesitan "robar" nitrógeno del suelo para equilibrar su dieta. Como resultado, hay una rápida liberación de nitrógeno en el suelo, lo que puede aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Paul et al., 1996).

Cuando la relación C:N es alta ($>30:1$) se produce inmovilización del Nitrógeno, hay más carbono en relación con el nitrógeno y los microorganismos requieren más nitrógeno para descomponer la materia orgánica, lo que puede llevar a la inmovilización del nitrógeno, volviendo la descomposición más lenta y puede ocurrir una escasez temporal de nitrógeno en el suelo, reduciendo la disponibilidad de este nutriente para las plantas (Paul et al., 1996).

Para la relación C:N intermedia (20:1 a 30:1) se puede dar un equilibrio entre la mineralización y la inmovilización del nitrógeno, los microorganismos descomponen la materia orgánica de manera moderada, liberando algo de nitrógeno mientras utilizan una parte para su propio crecimiento (Paul et al., 1996).

En México, al igual que en el resto del mundo, la calidad de los suelos agrícolas está disminuyendo debido a las actividades humanas. Según un análisis, se estima que la erosión está provocando una pérdida global del 0.3% en el rendimiento de los cultivos cada año. Si estas tendencias continúan, se proyecta una disminución total del 10% en la producción de alimentos para el año 2050, lo que equivale a una pérdida de 150 millones de hectáreas de cultivos (SEMARNAT, 2015).

Algunos ejemplos de los tipos de abono verde usados en México son *Crotalaria juncea*, esta leguminosa se utiliza para mejorar la estructura del suelo y fijar nitrógeno, lo cual beneficia los cultivos subsiguientes al incrementar la disponibilidad de nutrientes en el suelo (INIFAP, 2020); *Vicia sativa* (veza) se emplea como abono verde para enriquecer el suelo con nitrógeno, reducir la erosión y aumentar la materia orgánica del suelo, mejorando así su capacidad de retención de agua (SADER, 2022); *Lupinus albus* (altramuz blanco), esta planta se

utiliza para fijar nitrógeno atmosférico y mejorar la fertilidad del suelo, lo que es particularmente útil en la rotación de cultivos y en la recuperación de suelos degradados (INIFAP, 2020).

Por ello es importante conocer las tasas de mineralización de los abonos verdes para calcular cuándo deben plantarse e incorporarse para que los nutrientes estén disponibles cuando los cultivos lo requieran.

METODOLOGÍA

Lugar de realización: (CIBAC) Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco, Antiguo Canal Cuemanco 3, Pista Olímpica Virgilio Uribe, Xochimilco, 16034 Ciudad de México, CDMX (Fig. 1)

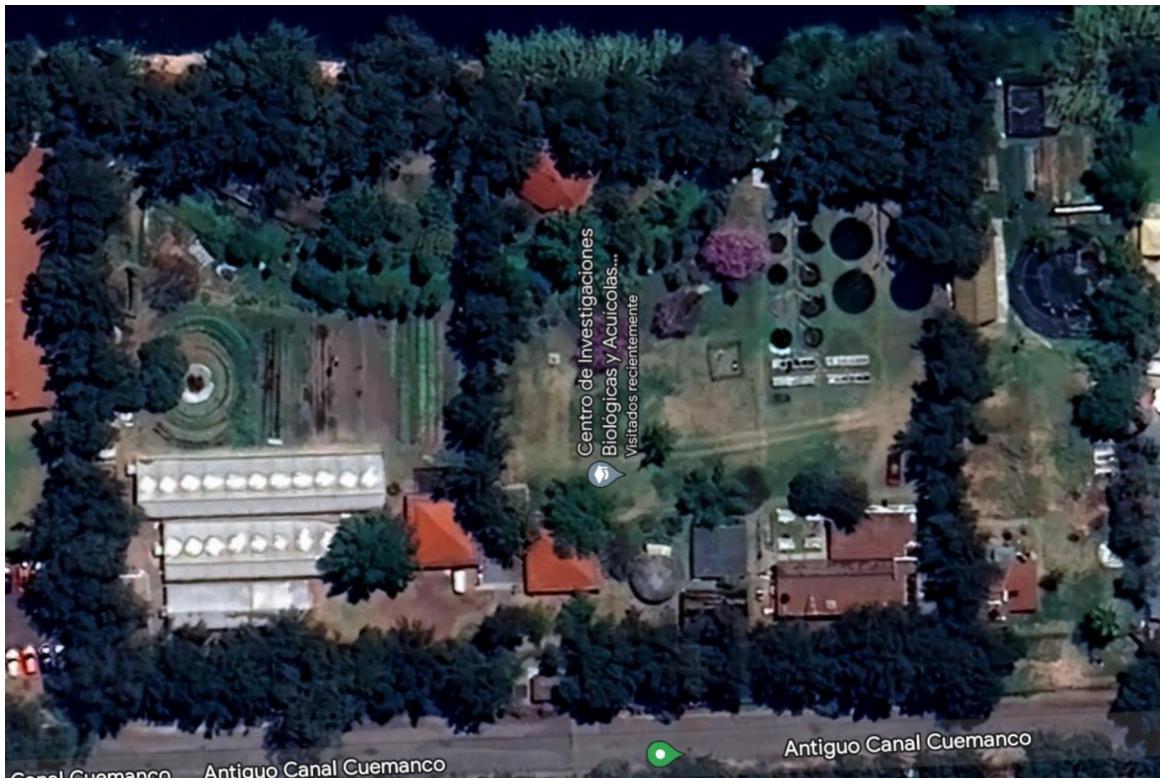


Figura 1. Sitio de estudio.

Se montará un experimento con una variedad semidomesticada de jitomate, proveniente de Oaxaca, el manejo será agroecológico utilizando insumos

orgánicos, se sembrará abono verde chícharo criollo proveniente de la Mixteca Oaxaqueña, por sus propiedades de resistencia a la sequía, cuando el 80% de las plantas estén floración, se incorporará al suelo y se realizará el trasplante.

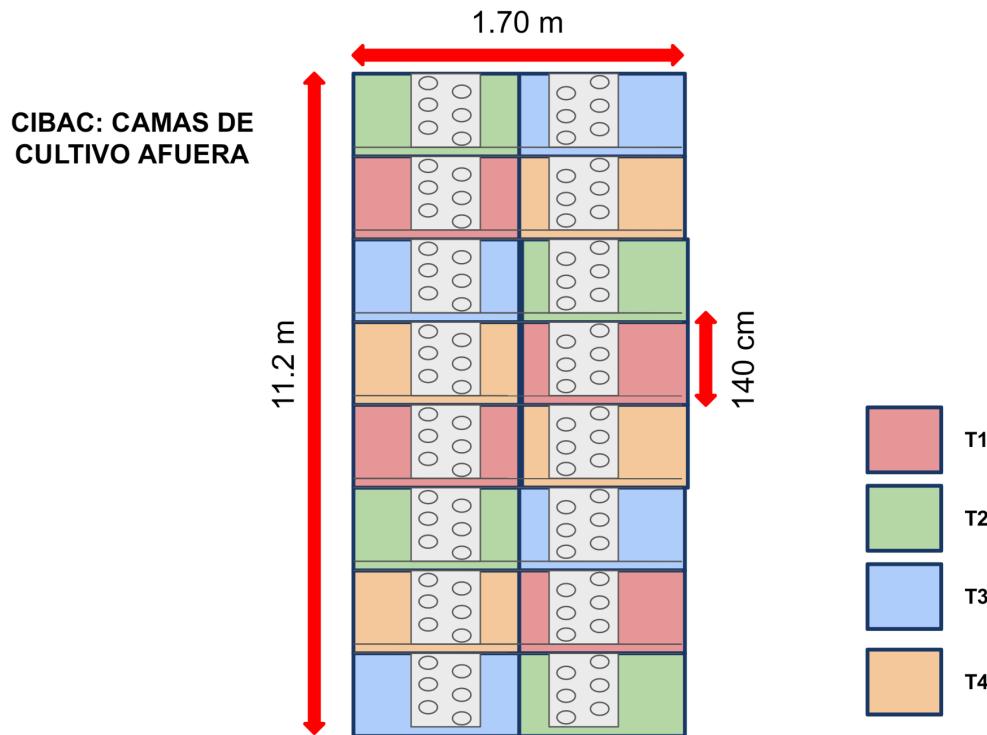


Figura 2. mapa de la organización de siembra.

Se tomará una muestra de suelo para las pruebas de mineralización con la finalidad de determinar las tasas de mineralización del abono utilizado, para medir la cantidad de nitrógeno en el suelo junto con el abono verde ya incorporado, así como medición de pH y conductividad eléctrica, aunado a esto se registraron medidas de altura y grosor del tallo.

Capacidad de campo.

Equipo:

Balanza analítica

Estufa u horno de secado a 105° C

Procedimiento:

1. Pesar 200 g de muestra de suelo
2. Tamizar la muestra en malla #10
3. Poner la muestra en una probeta de 250 mL
4. Agregar 40 mL de agua destilada a la probeta
5. Cubrir la probeta con plástico y dejar reposar durante 24 hrs y verificar que la humedad NO haya alcanzado el fondo de la probeta (en dicho caso, repetir el procedimiento con una cantidad menor de agua)
6. En un recipiente de aluminio pesar el tercio medio de la columna
7. Poner a secar la muestra en la estufa a 105°C
8. Volver a pesar la muestra ya seca

CÁLCULOS

$$CC = \frac{Psh - Pss}{Pss - Pc} \times 100$$

Donde:

Psh = Peso del suelo húmedo, todo el tercio medio de la columna húmeda

Pss = Peso del suelo después de secarse peso constante en una estufa a 105°C

Pc = Peso de la charola sola donde se secarán las muestras

Pruebas de OxiTop

Haciendo uso del equipo OxiTop OC110, que reporta el consumo de oxígeno en un sistema cerrado mediante la medición de intervalos de la pérdida de presión.

El equipo se compone de un frasco de cristal con capacidad de 2.7L donde se coloca la muestra de suelo, un soporte (cajcar) para un absorbente de CO2(hidróxido de sodio) y una tapa hermética.

En cada prueba se agregó 30 g de muestra de suelo, 3.81gr de abono verde en el frasco de cristal.

0.938g de hidróxido de sodio en un vaso de precipitados que va el en soporte de la tapa.

Se incubaron durante 15 días a 25°C y se oxigenaron cada tercer día.

Para la curva de respiración se utilizó la siguiente fórmula.

$$R = \frac{MO_2}{R \times T} \times \frac{Vfr}{MAv + s} \times |\Delta P|$$

Donde:

R= Respiración de suelo (g CP2Kg-1).

MO= Peso molecular del O₂ (31998 mg mol).

R= Constante universal de los gases (83.14 l hPa/Kmol).

T= temperatura en grados Kelvin.

Vfr= Volumen disponible (l)

MAv+s= Masa de abono verde y suelo

|\Delta P|= Cambio de presión (hPa)

RESULTADOS

Altura y grosor del tallo

Se midió la altura de las plantas a los 25 y 60 días del trasplante, respectivamente.

Tabla 1. Altura promedio por tratamiento y repetición dentro del experimento

Trat.	Rep.	Altura inicial	Altura final	Δ Alt fin - Alt ini
T1	R1	21.93	104.75	82.83
	R2	15.88	87.0	71.13
	R3	16.95	102.0	85.05
	R4	21.0	89.25	68.25
T2	R1	16.90	78.75	61.85
	R2	16.50	88.0	71.5
	R3	14.65	89.50	74.85
	R4	21.88	111.25	89.38
T3	R1	20.50	95.25	74.75
	R2	21.58	114.25	92.68
	R3	19.63	93.12	73.5
	R4	16.50	80.50	64.0
T4	R1	18.63	102.0	83.38
	R2	18.10	97.25	79.15
	R3	14.25	101.75	87.5
	R4	20.63	100.50	79.88

Tabla 2. Grosor del tallo promedio por tratamiento y repetición dentro del experimento

Trat.	Rep.	Grosor del tallo inicial	Grosor del tallo final	Δ Gr fin - Gr ini
T1	R1	4.98	12.85	7.9
	R2	3.78	13.95	10.18
	R3	4.63	12.47	7.85
	R4	4.13	12.0	7.88
T2	R1	4.83	7.65	2.83
	R2	3.55	12.50	8.95
	R3	3.38	10.80	7.43
	R4	4.77	13.22	8.45
T3	R1	4.30	12.27	7.98
	R2	4.60	13.95	9.35
	R3	4.30	12.62	8.33
	R4	3.55	12.32	8.78
T4	R1	4.30	11.12	6.83
	R2	3.92	11.25	7.33
	R3	4.77	13.87	9.1
	R4	4.82	12.87	8.05

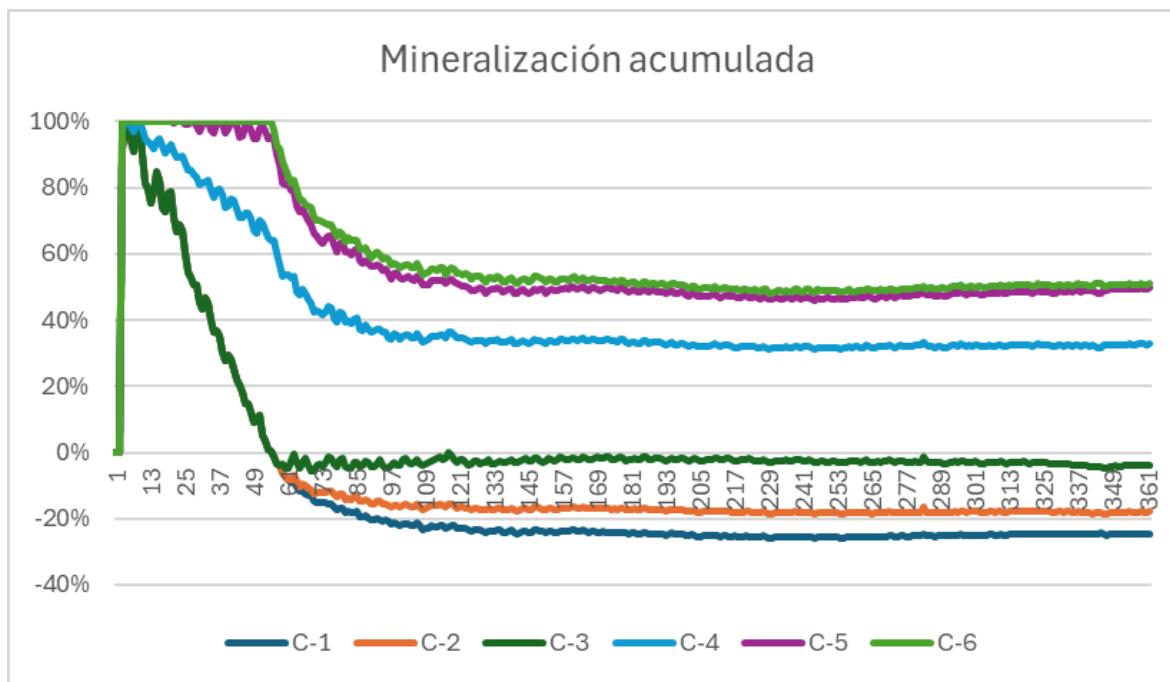
Tabla 3. pH y conductividad eléctrica de las muestras de suelo al momento del trasplante.

pH inicial	Conductividad eléctrica
7.96	1.44

Tabla 4. pH y conductividad eléctrica de las muestras del tratamiento control y el tratamiento en consorcio

Trat.	pH inicial	Conductividad eléctrica
T1 R1	7.71	0.28
T3 R1	8.07	0.25

Figura 3. Mineralización acumulada del abono verde. Emisión de CO₂ acumulada a lo largo de 15 días.

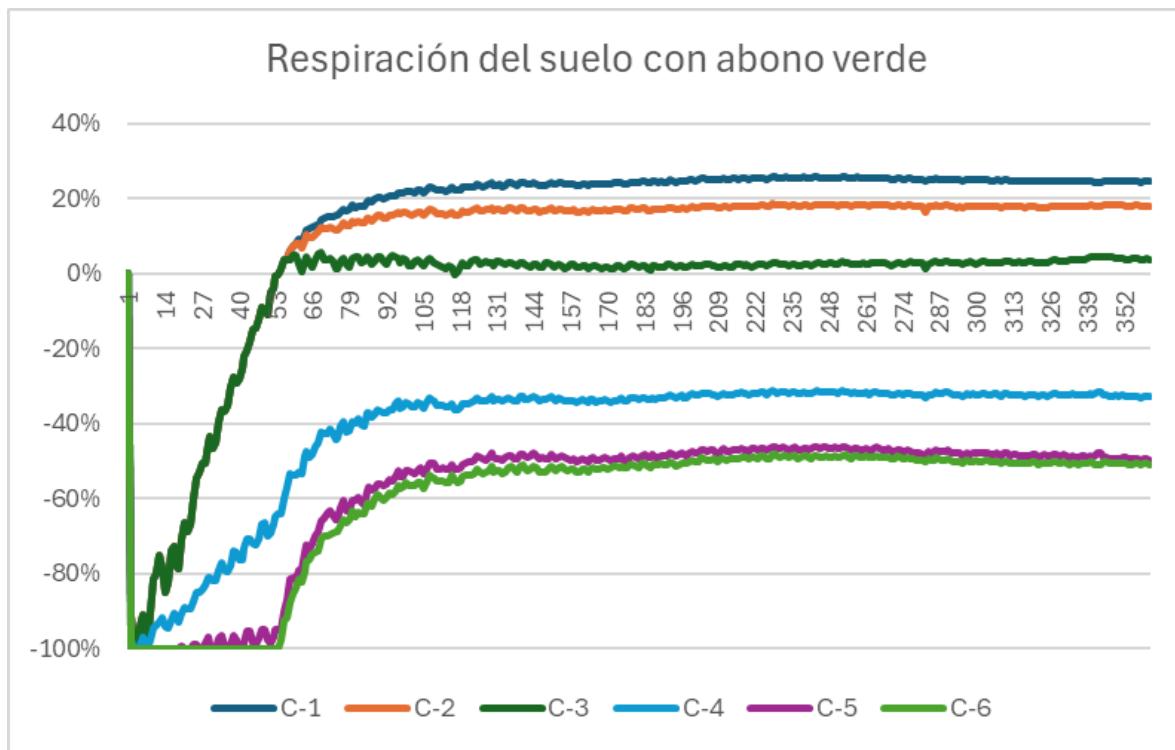


Fuente: elaboración propia.

La Figura 3 muestra la mineralización acumulada del abono verde mediante la emisión de CO₂ a lo largo del tiempo. Inicialmente, todas las curvas presentan un pico pronunciado, lo que sugiere una rápida descomposición de los compuestos más fácilmente degradables del abono verde.

Posteriormente, se observa un descenso marcado en la mineralización, seguido de una fase de estabilización. Al analizar las diferencias entre los tratamientos (C-1, C-2, C-3, etc.), se puede notar que C-1 y C-5 presentan los niveles más altos de mineralización acumulada. Esto indica que estas repeticiones del abono probablemente contienen una mayor proporción de compuestos fácilmente degradables o poseen una mejor relación carbono-nitrógeno (C/N), lo que favorece la actividad microbiana y, por lo tanto, una mayor emisión de CO₂. Por el contrario, C-2 y C-4 muestran niveles considerablemente más bajos.

Figura 3. Respiración de abono verde con duración de 15 días



Fuente: elaboración propia

En la Figura 4 se observa un comportamiento inicial marcado por un incremento abrupto en la emisión de CO₂ en algunas repeticiones, lo que indica una rápida actividad microbiana, esto suele estar asociado a la disponibilidad de compuestos

orgánicos fácilmente degradables, los cuales son rápidamente consumidos por los microorganismos del suelo.

La repetición C-3 muestra el aumento más pronunciado en la respiración del suelo, alcanzando valores superiores al resto de las repeticiones, esto sugiere que en C-3 contiene una mayor cantidad de compuestos disponibles para la actividad microbiana, generando un incremento significativo en la emisión de CO₂.

Por otro lado, C-1 y C-2 muestran un patrón más estable con niveles moderados de respiración, esto indica una descomposición más gradual de la materia orgánica, lo que puede estar relacionado con una relación C/N intermedia o con características del abono que permiten una actividad microbiana constante pero menos acelerada.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran los efectos que tuvieron los distintos tratamientos sobre el crecimiento en altura y grosor del tallo de las plantas, así como en la mineralización del abono verde, en cuanto a la altura, el tratamiento T3 mostró el mayor incremento promedio en la mayoría de sus repeticiones, alcanzando hasta 92.68 cm de diferencia entre altura inicial y final, lo cual indica un efecto positivo del tratamiento en consorcio microbiano sobre el desarrollo vegetal, mientras que en el grosor del tallo los resultados fueron más homogéneos entre tratamientos.

El análisis de la mineralización del abono verde a través de la emisión de CO₂ mostró una clara relación entre la calidad del material orgánico y la intensidad de la respiración microbiana, las repeticiones C-1, C-3 y C-5 presentaron los mayores picos de emisión, sugiriendo una relación C/N más favorable para la actividad microbiana. Respecto a las propiedades del suelo, las mediciones de pH y conductividad eléctrica revelan un suelo ligeramente alcalino y con variaciones leves en la salinidad entre tratamientos.

Los tratamientos biológicos, especialmente aquellos con consorcios microbianos, promueven tanto una mayor biomasa aérea como una mineralización más eficiente del abono verde, este comportamiento podría ser aprovechado para mejorar la fertilidad del suelo y optimizar el uso de bioinsumos en sistemas agrícolas sustentables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Celaya-Michel, H. y Castellanos-Villegas, A. E. 2011. Mineralización de Nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29, 343-256.
2. Colegio de Postgraduados. *Uso de leguminosas como abonos verdes en sistemas de cultivo*. Recuperado de <https://www.colpos.mx>.
3. Doré, T., Makowski, D., Malézieux, E., Munier, N., Tchamitchian, M., Tittonel, P., 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. *Eur. J. Agron.* 34, 197–210.
4. Florentín, M. A. 2011. Green manure/cover crops and crop rotation in Conservation Agriculture on small farms, Plant Production and Protection Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
5. Guanche, A. 2012. Los abonos verdes. Obtenido de SERVICIO TÉCNICO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL: https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_454_abonos_verde_s.pdf
6. Helsey, P. W. y Mwangi, W. 1996. Fertilizer use and maize production in sub-Saharan Africa, CIMMYT.
7. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2020. *Manejo de abonos verdes en la agricultura sostenible*.

- Recuperado de
<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/download/2202/4358/21991>
8. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2020. *Prácticas agroecológicas para la mejora del suelo*. Recuperado de
<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2462/3287>
9. León de Marín, G. 2011. *Edafología 1*. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
10. Mahmud A. A, Sudhir K. Upadhyay, Abhishek K. Srivastava, Ali Asger Bhojya. 2021 Biofertilizers: A Nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. Current Research in Environmental Sustainability
11. Martinez, J., Galantini, J., Lopez, F., & Duval, M. (2014). Indices de mineralización de nitrógeno. Obtenido de (CONICET) Comisión de Investigaciones Científicas. Dpto. Agronomía (UNS).:
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/11578/CONICET_Digital_Nro_15015_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
12. Nelson, h., & De Jesús, M. (2012). Abonos verdes, Guía técnica. Recuperado de: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA)
www.jica.go.jp/Resource/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_11.pdf
13. Paul, E.A., & Clark, F.E. 1996. Soil microbiology and biochemistry (2nd Edition). Academic Press.
14. SADER, (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2022. *Guía de buenas prácticas agrícolas: Uso de abonos verdes*. Recuperado de
<https://www.gob.mx/senasicia/documentos/manuales-buenas-practicas-agricolas>

15. SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2015. *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf
16. SNICS. 2020. ¿Qué son las semillas nativas?. Recuperado de: <https://www.gob.mx/snics/articulos/que-son-las-semillas-nativas?idiom=es>
17. Universidad Autónoma Chapingo. *Técnicas de manejo de abonos verdes en la agricultura sostenible*. Recuperado de <https://www.chapingo.mx>.