

**Desarrollo del módulo de capacitación a técnicos del MIDA en el marco del proyecto Investigación-Innovación para la sostenibilidad de actividades agropecuarias en suelos amenazados por degradación y sequía.
2021**

Contenido

USO DE LA GALLINAZA EN LA BIO-SOLARIZACIÓN DE SUELOS	2
INTRODUCCIÓN.....	2
SOLARIZACIÓN.....	3
BIOFUMIGACIÓN	3
BIO-SOLARIZACIÓN.....	3
PROCESO PARA LA BIO-SOLARIZACIÓN.....	4
RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DE LA BIO-SOLARIZACIÓN EN PANAMÁ.....	6
EFECTO SOBRE LAS MALEZAS.....	6
EFECTO SOBRE HONGOS DE SUELO	6
EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MELÓN	7
EFECTO SOBRE LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO	8
EFECTO SOBRE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO.....	8
EFECTO SOBRE EL pH DEL SUELO	9
EFECTO SOBRE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EFECTIVA (CICE)	9
EFECTO SOBRE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL SUELO	10
CONSIDERACIONES FINALES	11
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	11
METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES NUTRICIONALES DE LOS CULTIVOS	13
INTRODUCCIÓN.....	13
ELEMENTOS ESENCIALES.....	13
¿Cuánto fertilizante aplicar?	14
Metodología para curvas de absorción.....	14
Análisis foliar para diagnóstico	15
La distribución de las plantas en el muestreo.....	15
Parte de la planta a muestrear.....	16
Síntomas de deficiencias nutricionales	17
Consideraciones finales.....	19
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	20

USO DE LA GALLINAZA EN LA BIO-SOLARIZACIÓN DE SUELOS

Luis Alberto Barahona Amores¹

INTRODUCCIÓN

El uso de agroquímicos como pesticidas y fumigantes aplicados al suelo, se han hecho indispensable para la producción de cualquier cultivo. Entre las diferentes estrategias probadas para el control de estos problemas, las que han recibido mayor atención son las basadas en la aplicación de productos químicos, debido a que han dado mejores resultados y sus efectos suelen ser más rápidos. Sin embargo, estas estrategias son de un costo elevado, implican una mayor contaminación al medio ambiente (Zavaleta Mejía et al., 2002), y un riesgo para el usuario.

El bromuro de metilo (BM) ha sido el producto químico ampliamente utilizado de manera comercial para la fumigación del suelo, debido a sus propiedades como gas fumigante del suelo con alta eficacia y rápida actuación en el control de enfermedades de origen edáfico, mostrando un amplio espectro de actividad frente a los patógenos. Sin embargo, de 50% a 95% del BM aplicado pasa en forma de emisiones gaseosas a la estratósfera, donde se liberan átomos de bromo que reaccionan con el ozono y otras moléculas estables que contienen cloro, dando lugar a una reacción en cadena que destruye la capa de ozono, incrementando la emisión de rayos ultravioleta (Thomas, 1997, Müller et al., 1999). Además, una de las principales desventajas de este producto radica en su alta toxicidad, reduciendo la biodiversidad del suelo y provocando problemas de fitotoxicidad y contaminación. El Protocolo de Montreal establece la retirada del BM en la agricultura, obligando a los países demandantes de este producto a desarrollar numerosas investigaciones durante la última década, tendientes a estudiar y evaluar alternativas para la desinfección del suelo (Camacho y Tello, 2006).

Existen diversas alternativas a la desinfección del suelo de manera ecológica como son la solarización, biofumigación y bio-solarización.

¹M.Sc Manejo de suelos y Agua. Instituto De Innovación Agropecuaria de Azuero. Email: alberline@gmail.com

SOLARIZACIÓN



Solarización del suelo, consiste en calentar el suelo “en la época seca” cubriéndolo con plástico transparente durante al menos 4 semanas en el periodo de mayor radiación solar, logrando así, un incremento en la temperatura que destruya a los agentes patógenos. Con esta técnica se alcanzan temperaturas del orden de 45 – 55 °C en capas superficiales y de 40 – 45 °C a 25 cm de profundidad.

BIOFUMIGACIÓN

La biofumigación para el control de patógenos de suelo se basa en la acción de compuestos volátiles producidos por la descomposición de la materia orgánica, fundamentalmente glucosinolatos y los isotiocianatos derivados de su hidrólisis (Kirkegaard y Sarwar, 1999; Porras et al., 2007).



La acción de los microorganismos sobre la materia orgánica durante su descomposición produce gran cantidad de productos químicos que pueden actuar en el control de los patógenos del suelo (El amonio, nitratos, sulfídrico y un gran número de sustancias volátiles y ácidos orgánicos); por ello, es difícil determinar con exactitud la sustancia responsable de la muerte de los nematodos, hongos y afectar la germinación de las malezas (Bello et al. 2001).

BIO-SOLARIZACIÓN



La bio-solarización es una técnica de desinfección de suelo, Los efectos de esta técnica combinan la acción del sol, produciendo el calentamiento del suelo a temperaturas letales o subletales para algunos patógenos de suelo, nematodos y semillas de malezas y la acción de los microorganismos, que al descomponer la materia orgánica, generan gran cantidad de gases y sustancias volátiles, con efecto biocida, creando además condiciones de anaerobiosis que actúan controlando a las plagas del suelo. Además, al incorporar materia orgánica al suelo, se favorece el desarrollo de microorganismos antagonistas(benéficos).

Existen diversas investigaciones realizadas que muestran el uso de la gallinaza como bio-fumigante del suelo en varios cultivos como se presenta en el cuadro 1. Mostrando

efectividad en el control de hongos, malezas y nematodos principalmente y utilizando distintas dosis.

Cuadro 1. Uso de gallinaza como desinfectante de suelo en la bio-solarización.

Cultivo	Dosis (kg/m ²)	Control	País	Referencia
Rábano	2.5	nematodos	Guatemala	Sierra, 2018
Fresa	3	maleza	España	López <i>et al.</i> , 2004
Uva	10	nematodos	Cuba	Rodríguez <i>et al.</i> , 2011
Melón	2-6	Maleza y hongos	Panamá	Barahona <i>et al.</i> , 2015
Papa	1-2.5	Maleza y nemátodos	Guatemala	Aguirre, 2008
Pimiento	2	Nemátodos	España	Guerrero, 2006
Tomate	12	Nemátodos	México	Pérez <i>et al.</i> , 2019

PROCESO PARA LA BIO-SOLARIZACIÓN

Preparación del suelo (arado)

Pesaje de la cantidad de gallinaza según el área a tratar para dosis de 2 a 4 kg/m²



Aplicación de la gallinaza sobre el terreno



Esparcirla uniformemente sobre el suelo



Incorporación de la gallinaza en el suelo



Riego a capacidad de campo para favorecer la actividad microbiana



Colocación del plástico de polietileno transparente



Cubrir los bordes del plástico para evitar pérdida de calor y gases



Esperar 30 días mientras ocurre el proceso de Solarización, fermentación y descomposición de la materia orgánica



Retirar el plástico con cuidado y esperar de 2 a 3 días antes de sembrar el cultivo

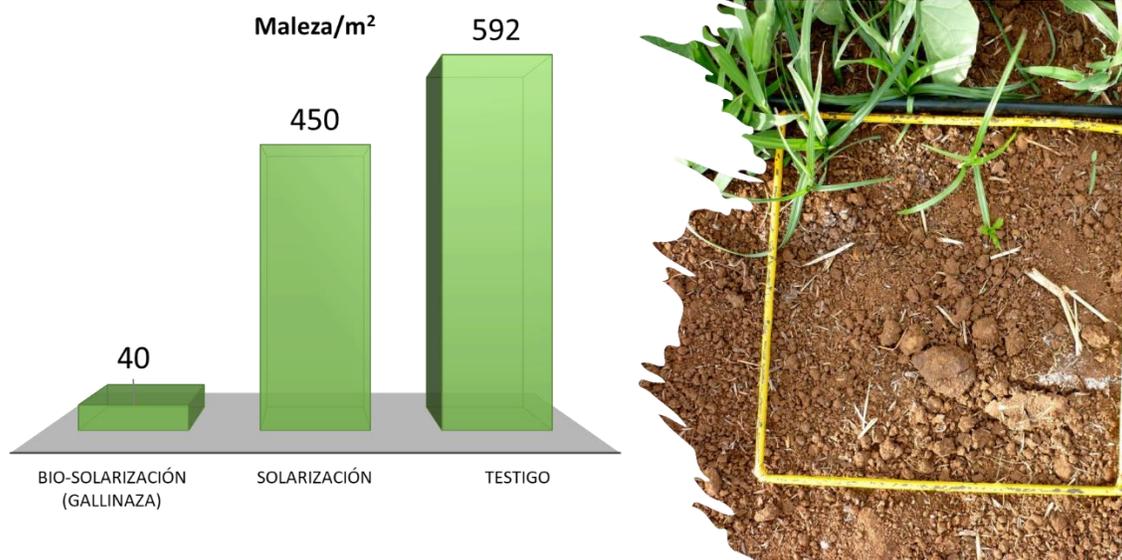


RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DE LA BIO-SOLARIZACIÓN EN PANAMÁ

A continuación se presentan algunos resultados de investigación realizadas por el Instituto De Innovación Agropecuaria de Panamá con la utilización de la gallinaza como bio-fumigante del suelo, donde se evaluaron tres dosis de gallinaza (2, 4 y 6 kg/m²), un tratamiento con solarización y un testigo sin nada. El cultivo sembrado luego de los tratamientos, fue melón tipo Cantaloupe, (Barahona et al., 2015).

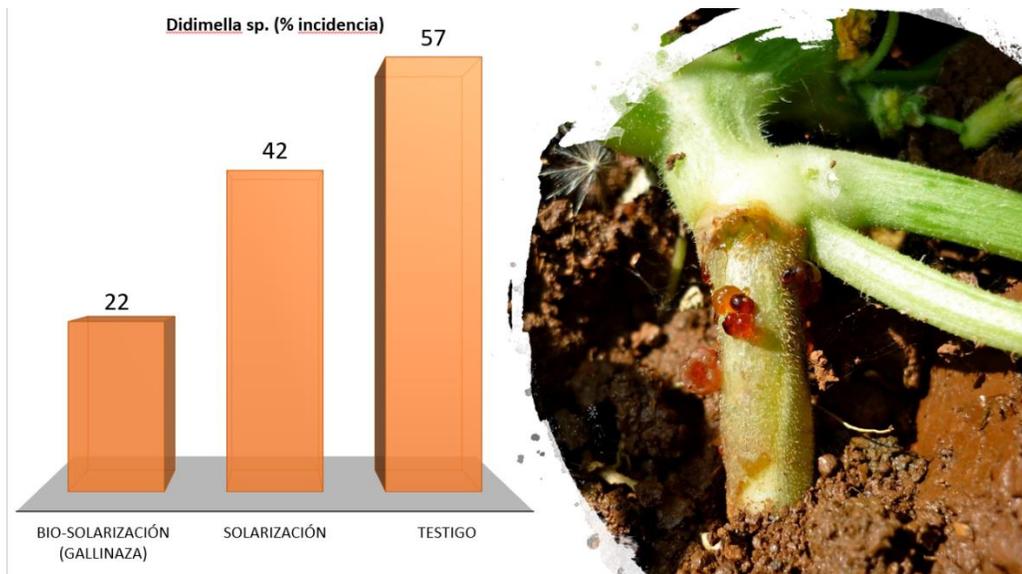
EFFECTO SOBRE LAS MALEZAS

Se observó que la incidencia de maleza fue inferior en los tratamientos con bio-solarización con respecto al tratamiento solo con solarización y ambos tuvieron un menor número de maleza que el tratamiento testigo (suelo descubierto).



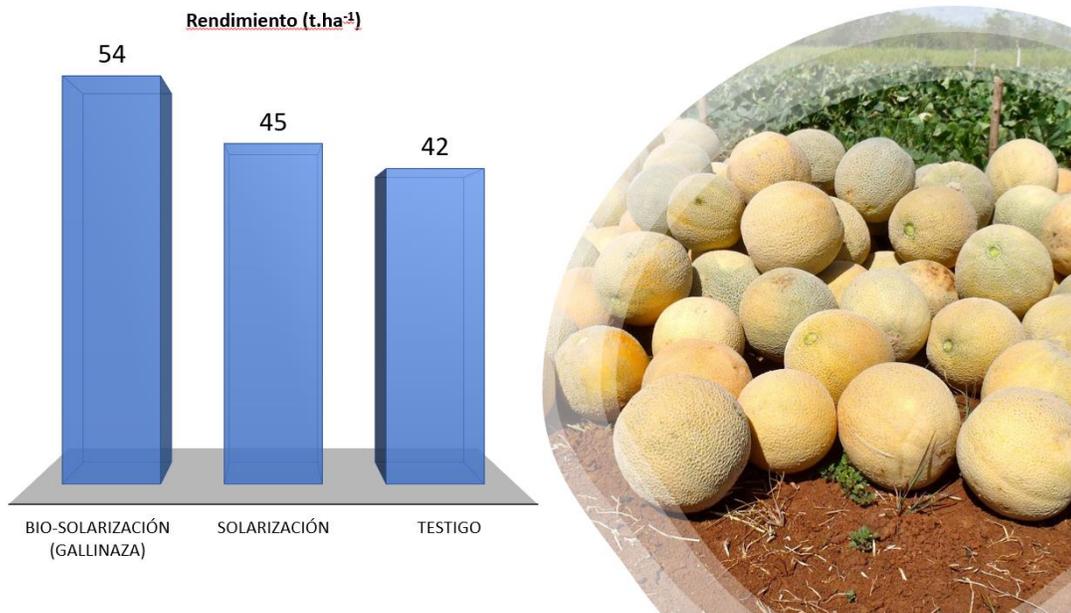
EFFECTO SOBRE HONGOS DE SUELO

Se diagnosticó la presencia de gomosis (*Didimella* sp.), de acuerdo con los resultados del laboratorio de fitopatología de IDIAP en Divisa. existió diferencia entre los tratamientos evaluados. El testigo presentó un porcentaje de incidencia de *Didimella* sp. de 57%, el cual fue estadísticamente superior a los tratamientos de solarización y biofumigación. La solarización por si sola presentó valores de 42% de incidencia de *Didimella* sp. Siendo superior a los tratamientos con biofumigación que presentaron una baja incidencia con un 22%.



EFFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MELÓN

El testigo obtuvo un rendimiento bajo con 42 t.ha⁻¹, siendo inferior al obtenido con los tratamientos de solarización y biofumigación. Con los tratamientos de biofumigación, se obtuvo un rendimiento medio de 54 t.ha⁻¹, lo cual fue superior a 45 t.ha⁻¹ que se produjeron con el tratamiento de solarización. Comparando las diferentes dosis de gallinaza utilizadas para la biofumigación, no se encontró diferencias estadísticas entre ellas. La mayor producción de frutos en el cultivo del melón entre los tratamientos que se les aplicó gallinaza para la biofumigación, se debió en parte, a la baja incidencia de malezas, una menor incidencia de *Didimella sp.*, y al aporte de nutrientes de la gallinaza al suelo.

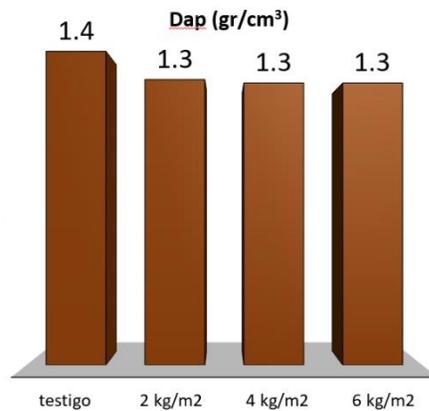


EFFECTO SOBRE LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO

Una vez que la materia orgánica está mineralizada, gran parte se convierte en humus y este material rico en carbono (C), contribuye a mejorar la estructura del suelo, la porosidad, estabilidad de agregados y a largo plazo, mejora la densidad aparente, la cual fue disminuyendo debido al aporte de la materia orgánica por la gallinaza.



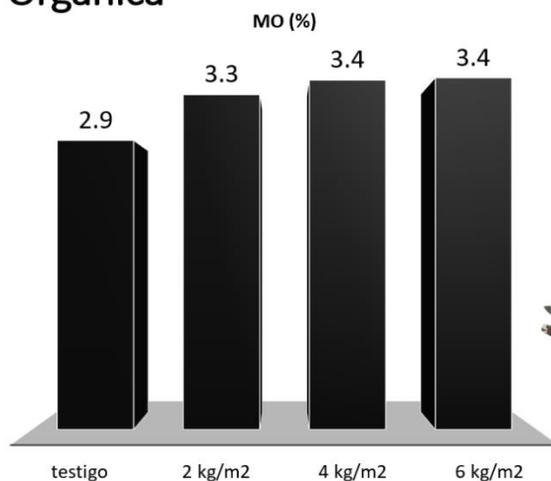
Efecto sobre la densidad aparente



EFFECTO SOBRE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

El efecto sobre la materia orgánica del suelo es claro; a medida que aumenta la dosis de gallinaza, mejora el nivel de materia orgánica en el suelo. Si lo comparamos con el suelo antes de la aplicación (testigo), se observan niveles muy superiores de materia orgánica.

Efecto sobre la Materia Orgánica

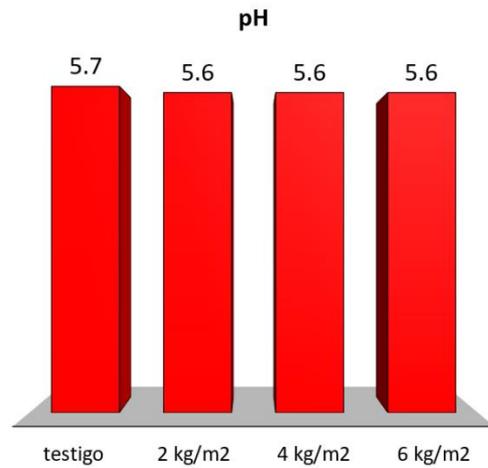


EFFECTO SOBRE EL pH DEL SUELO

El pH del suelo tiende a bajar un poco con la adición de gallinaza, debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos que contienen hidroxilos. Eventualmente, esta bajada inicial del pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se formarán aún más cantidad de ácidos orgánicos. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas.



Efecto sobre el pH

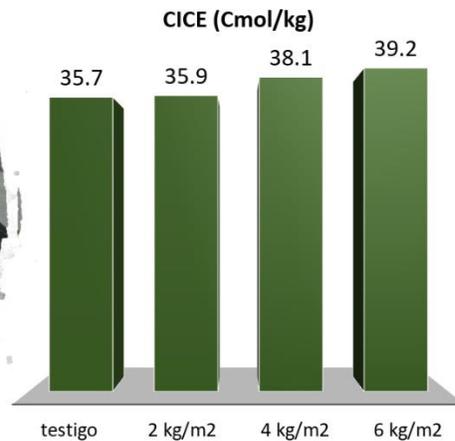


EFFECTO SOBRE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EFECTIVA (CICE)

La biofumigación con gallinaza produjo un aumento en la CICE, principalmente en las dosis más altas (4 y 6 kg/m²), muy relacionado con el aumento de la materia orgánica del suelo, que va liberando nutrientes que se hacen disponible para las plantas.



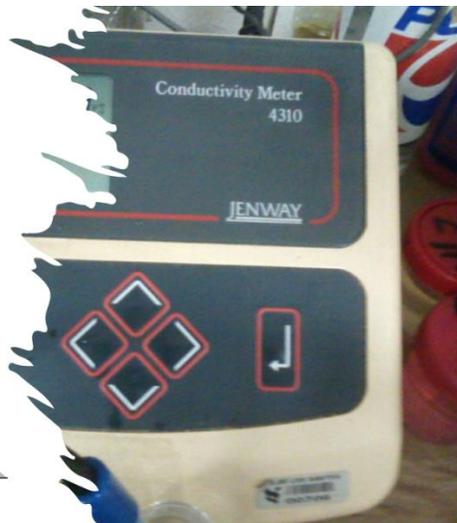
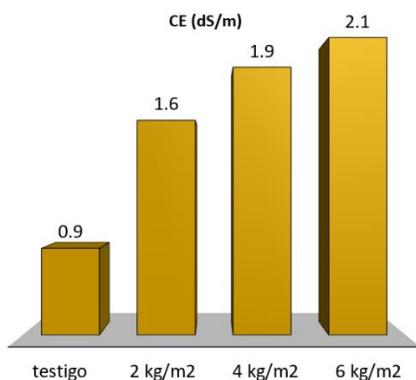
Efecto sobre la CICE



EFFECTO SOBRE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL SUELO

Se observa un aumento en el nivel de conductividad eléctrica, a medida que se aumenta la dosis de gallinaza. El valor va subiendo hasta alcanzar niveles considerados peligrosos donde solo cultivos tolerantes podrán resistir, tal vez por el alto contenido de K de la gallinaza.

Efecto sobre la Conductividad eléctrica



Efecto de la Conductividad eléctrica (FAO)

Clase de suelo salino	CE (dS/m)	Efecto en el cultivo
No salino	0-2	imperceptible
Ligeramente salino	2-4	Rendimiento afectado en cultivos sensibles
Moderadamente salino	4-8	Rendimiento limitado en la mayoría de los cultivos
Fuertemente salino	8-16	Solo prosperan cultivos tolerantes
Muy fuertemente salino	>16	Solo prosperan cultivos muy tolerantes

Umbral de tolerancia a salinidad

Cultivo	(dS/m)
ají	1.9
papa	1.9
naranja	1.9
Caña	2.0
tomate	2.5
arroz	3.0
melon	3.5
sorgo	4.0
maiz	4.8
soya	5.0

CONSIDERACIONES FINALES

- La bio-solarización es una alternativa orgánica para la desinfección de suelo en pequeñas áreas
- La gallinaza puede ser utilizada en bio-solarización para el control de malezas, insectos, nematodos y hongos de suelo
- La gallinaza tiene un efecto positivo sobre algunas propiedades del suelo como Dap, MO% y CICE, mientras que causa efecto negativo en la CE del suelo en altas dosis.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Barahona, Luis A; Samaniego, Rubén; Guerra, José; Castillo, Gustavo; Agurto, Julio. 2015. Utilización de la gallinaza como bio-fumigante de suelo en el cultivo de melón. CIENCIA AGROPECUARIA n°23: 95-109.

Bello A, López JA, Sanz R, Escuer M, Herrero J. 1998. Biofumigation and organic amendments. En Methyl Bromide Alternatives for North African and Southern European Countries 26-29 May 1998, Rome. UNEP. 113-141 pp.

Bello, A; López Pérez, JA; Díaz Viruliche, L. 2001. Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo (en línea). Consultado 26 nov. 2009. Disponible en <http://www.aecientificos.es/empresas/aecientificos/intereshtml/biofumigacion/solarizacion.htm>

Camacho, F; Tello, J. 2006. Control de patógenos teluricos en cultivos hortícolas intensivos. Universidad de Almería, España. Ediciones Agrotécnicas S.L. 160 p.

González, R; Guerra, J; Osorio, N; Castillo, G. 2010. Recomendaciones para el cultivo de melón Honey dew, Canario y Galia. Instituto De Investigación Agropecuaria de Panamá. Plegable, primera edición. 2 p.

Kirkegaard, J. A; Sarwar, M. 1999. Glucosinolate profiles of Australian canola (*Brassica napus* annua L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars: implications for biofumigation. *Aus. J. Agric. Res.* 50: 315-324.

Lopez-Aranda, J; Romero, F; Montes, F; Medina, J; Miranda, L; De Los Santos, B; Vega, J; Páez, J; Dominguez, F. 2001. Problema de la prohibición del bromuro de metilo como desinfectante de suelos agrícolas. Resultante sobre algunas alternativas para el cultivo de fresa. *Terralia*. Nº 19, 33-43 pp.

Lacassa, A; Guerrero, M; Oncina, M. 2004. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. II jornada sobre alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. 335 p.

Methyl Bromide Technical Options Committee (MBTOC) 1997. Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee (MBTOC). Supplement to the 1994 assessment.

Müller M, Reinhold M, Lange M, Zeise U, Jurgens, Hallier E. 1999. Photometric determination of human serum bromide levels a convenient biomonitoring for methyl bromide exposure. In Proceedings of the International Symposium on Health Aspects of Environmental and Occupational Exposure, 28 September-1 October 1998 (Leng G, Hadnagy W, eds.). Dusseldorf, Germany, Toxicology Letters, 155-159 pp.

Niquén Bardales, E; Venialgo Chamorro, C. 2001. Estudio comparativo inicial de Biofumigación - Solarización en otoño, para el control de nematodos (en línea). Consultado 26 nov. 2009. Disponible en <http://www.1.unne.edu.ar/cyt/agrarias/a-019.pdf>

Pereyra, SM; Ávila, A de L; Orecchia, E. 2008. La biofumigación y el Metam sodio como alternativas al uso de bromuro de metilo. Efecto sobre el control de malezas y las características químicas del suelo. AGRISCENTIA 25(2): 75-79.

Porras, M; Romero, E; Zurera, C; Barrau, C; Romero, F. 2007. La biofumigación y la solarización como alternativas no químicas en el cultivo de la fresa. In XI Congreso SECH. Albacete, España. 4 p.

Thomas W. 1997. Impacto ambiental de bromuro de metilo. En Alternativas al Bromuro de Metilo en Agricultura. Junta Andalucía, Sevilla, España, 13-18 pp.

Zavaleta Mejía, E; Cid del Prado Vera, I; Franco Navarro, F; Sánchez García, P. 2002. Aplicación de enmiendas orgánicas para el manejo de *Nacobbus aberrans* en tomate. Nematológica 32: 113-124.

INTRODUCCIÓN

Con el término “...estudios de absorción...” se hace referencia a todos aquellos que tratan de contabilizar en alguna forma los REQUISITOS, la EXTRACCIÓN o el CONSUMO de nutrimentos que efectúa un cultivo para completar su ciclo de producción. Estos estudios NO constituyen una herramienta de diagnóstico como lo es el análisis foliar, sino más bien, contribuyen en forma cuantitativa a dar solidez a los programas de fertilización. Representan las cantidades mínimas a las que debe tener acceso un cultivo para producir un determinado rendimiento. Estos estudios pueden ser puntuales, como son los que se refieren a REQUISITOS TOTALES Y DE COSECHA, o contemplar todo el ciclo de vida del cultivo, que constituirían las llamadas CURVAS DE ABSORCIÓN.

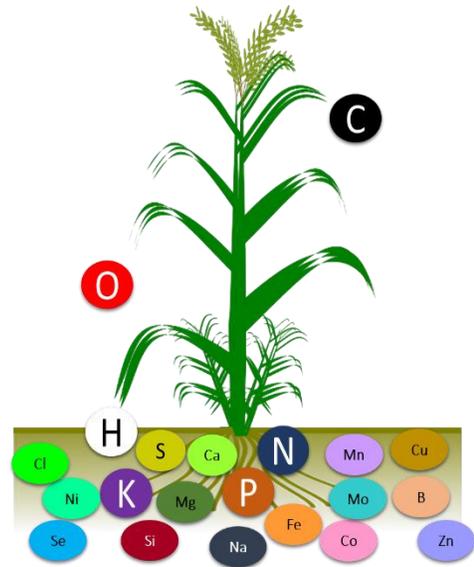
El análisis de planta es la determinación de la concentración de un elemento en una muestra proveniente de una parte definida de la planta, muestreada en determinada etapa de su desarrollo fisiológico. El análisis de planta se basa en que la concentración de un nutriente dado en la planta es un valor que integra todos los factores que han afectado su crecimiento. Suelo, condiciones climáticas, fenología, manejo y fundamentalmente la disponibilidad de ese nutriente en el suelo.

ELEMENTOS ESENCIALES

Un elemento es considerado esencial cuando cumple con uno o con los dos criterios de esencialidad establecidos por Arnon y Stout (1939): i) Directo: el elemento participa de algún compuesto vital o de alguna reacción crucial para la vida de la planta; y ii) Indirecto: en ausencia del elemento la planta no completa su ciclo de vida, muestra síntomas de carencia y muere, ya que no puede ser sustituido por ningún otro elemento. En general, cada uno de los elementos esenciales confirma los dos criterios de esencialidad.

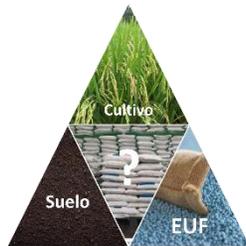
²M.Sc Manejo de suelos y Agua. Instituto De Innovación Agropecuaria de Azuero. Email: alberline@gmail.com

Hace medio siglo atrás (1954) se conocían los siguientes nutrientes esenciales: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). Cobalto (Co), níquel (Ni), y selenio (Se) se han sumado a la lista recientemente. Por otra parte, hay indicios de que el silicio (Si) pudiera entrar en la lista de los micronutrientes, aunque sería más pertinente considerarlo como benéfico o cuasi-esencial. El sodio (Na), como regla general, es considerado como benéfico, no obstante es esencial para algunas especies halófitas y posiblemente para plantas de metabolismo C4 (Ortega y Malavolta, 2012).



¿Cuánto fertilizante aplicar?

Existen muchas metodologías para determinar cuanto fertilizante debe ser aplicado en un cultivo, sin embargo una de las más utilizadas a nivel mundial esta basada en tres conceptos básicos que son: lo que la planta necesita, el contenido de nutrientes presentes en el suelo y la eficiencia de uso de fertilizantes. El contenido de nutrientes en el suelo se obtiene mediante un análisis de suelo, mientras que para la eficiencia de uso de fertilizantes se encuentran varios estudios en la literatura, por cultivo y tipo de suelo. Los requerimientos nutricionales del cultivo pueden ser determinados mediante la curva de absorción de nutrientes, que permiten conocer la cantidad de nutrimento en kg/ha, que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado. Estos estudios son importantes pues constituyen quizá la medida más real posible de lo que consume un cultivo de la siembra a la cosecha.



$$kg\ ha^{-1} = \frac{\text{Necesidad del cultivo} - \text{cantidad en el suelo}}{\text{Eficiencia de uso del fertilizante}}$$

Metodología para curvas de absorción

A continuación se describe la metodología para realizar un estudio de curvas de absorción de nutrientes (Ramírez y Bertsch, 1998; Sancho, 1999; Bertsch, 2005).

- Seleccionar el cultivo a estudiarse

- Es importante no mezclar plantas genéticamente diferentes en una misma curva.
- Definir las etapas fenológicas más importantes del ciclo de cultivo
- Cada una de estas etapas deberá estar representada en el muestreo
- Seleccionar plantas tipo para el muestreo secuencial de biomasa.
- Estas plantas deben estar desarrollándose en condiciones ideales de suelo y manejo.
- Tomar por lo menos tres muestras en cada etapa previamente determinadas
- Conocer área de muestra o la población/ha según sea el caso de estudio
- Dividir las plantas muestreadas en sus diferentes tejidos morfológicos (raíz, tallo, hojas, frutos, peciolo, etc.) Esto depende de la minuciosidad del experimento.
- Medir el peso fresco de las muestras en campo, colocarlas al horno a 70°C hasta peso constante y tomar peso seco.
- Llevar muestras al laboratorio y determinar la concentración de nutrientes con la cual se calcula la extracción en kg/ha utilizando la producción de biomasa seca.

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DE CULTIVOS

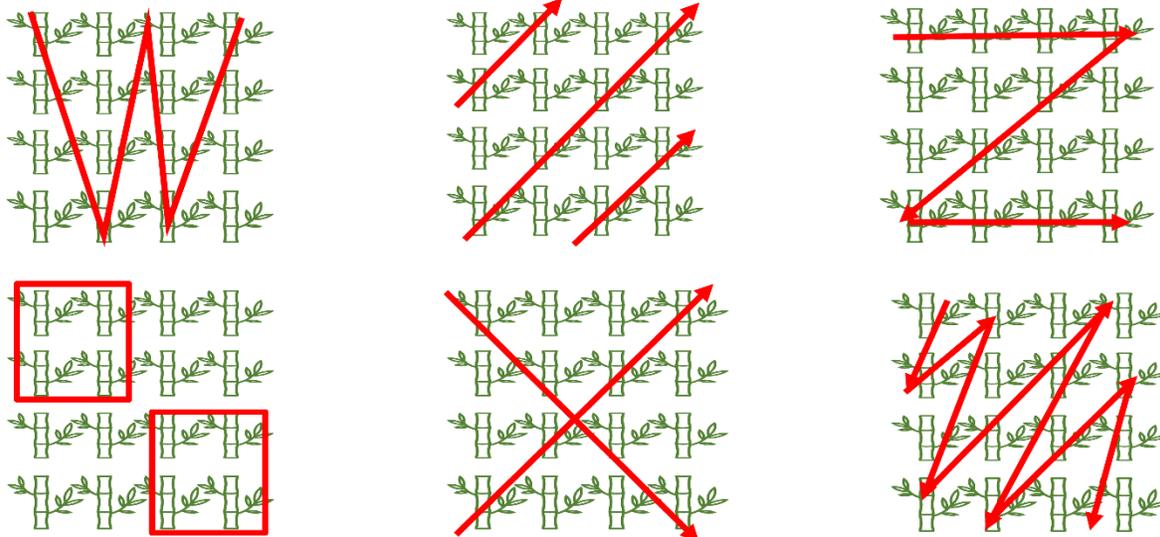
Sección	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	Referencia
	-kg/ha-									
Arroz	233	56	277	140	19	3.8	4.0	1.1	0.3	Barahona et al., 2018
Tomate	202	21	220	34	18	1.3	1.4	0.8	0.1	Castro, 2018
Frijol	112	9	90	31	12	0.1	0.9	0.1	0.1	Ramírez, 2000
Poroto	191	25	89	143	33	0.8	2.5	0.4	0.2	Bertsch et al, 2002
Maíz	198	36	171	27	27	1.7	1.1	0.4	0.1	INPOFOS, 2000
Soya	320	32	132	64	36	0.6	1.2	0.2	0.1	INPOFOS, 2000
Sorgo	220	35	170	38	36	1.7	1.1	0.4	0.1	Fontanetto, 2007
Café	242	22	256	87	18	0.9	5.4	0.1	0.3	Chávez y Molina, 2000
Caña	189	99	230	65	388	0.7	5.2	0.7	0.3	Bertsch et al, 2000
Cebolla	105	5	75	24	9	11	2.4	0.1	0.1	Quirós y Soto, 2003
Ají	139	26	180	23	13	0.5	1.8	0.2	0.3	Azofeifa, 2000
Papa	235	15	242	24	18	0.5	1.7	0.1	0.1	Soto y Quirós, 2002
Yuca	19	5	34	12	3	0.5	0.5	0.1	0.1	Ramírez, 1992
Ñame	123	16	148	42	12	0.3	2.1	0.1	0.1	Rodríguez, 1993

Análisis foliar para diagnóstico

El análisis foliar es la verificación de un diagnóstico visual que nos permite la identificación de las deficiencias o excesos de nutrientes. Se trata de un análisis químico de los nutrientes contenidos en los tejidos vegetales.

La distribución de las plantas en el muestreo

Estos diagramas describen algunos de los patrones dentro del terreno que usted puede seguir para la toma de sus muestras. Tomar mínimo 8 submuestras/ha en la cantidad propuesta, según el cultivo.



Parte de la planta a muestrear

Dado que la hoja es el órgano en donde se realiza la mayor actividad de la planta, generalmente constituye el mejor tejido para reflejar el estado nutricional de planta. No obstante, existen otros cultivos en donde el estado nutricional se refleja en otros órganos. Recuerde tomar siempre el mismo tejido en una ubicación determinada en la planta y a una edad específica, lo cual permitirá comparar con los valores de referencia por cultivos según estudios anteriores (Ver tablas posteriores).

GUÍA PARA EL MUESTREO DE PLANTAS EN ALGUNOS CULTIVOS

Cultivo	Momento	Parte de la planta	N° plantas
Arroz	macollamiento	4 hojas superiores	50-100
Maíz	V6	Parte aérea	20-30
Frutales	8 semanas después de floración	Hoja de la parte media de la rama	75-100
Cítricos	fructificación	Hoja central de rama sin frutos	30-40
Tomate y Ají	Antes de primer cuaje	3 hojas cercanas al ápice	20-25
Papa	Inicio de floración	3° a 6° hoja desde el ápice	25
Aguacate	Antes de floración	Hojas recién maduras	30-40
Piña	Inicio de floración	Primera hoja expandida	25-30
Cacao	Antes de cosecha	3° hoja desde el ápice	20-25
Yuca	3-4 meses de edad	Primeras hojas maduras	25-30

Fuente: adaptado de Barbazán, 1998; Uchida y Silva, 2000; Nishida et al, 2000; Microfertiliza, 2006.

CONTENIDO DE NUTRIENTE EN PLANTA, FUNCIÓN Y MOVILIDAD

Nutriente	Concentración	Función	Movilidad en la planta
N	1 - 5 %	Constituyente de Proteínas, aminoácidos y clorofila	Muy móvil
P	0.1 - 0.4 %	Almacenamiento y transferencia de energía (ATP y ADP)	Muy móvil
K	1 - 5 %	Translocación, apertura de estomas, Activador de enzimas.	Móvil
S	0.1 - 0.4 %	Constituyente de aminoácidos, proteínas, coenzimas	variable
Ca	0.2 – 1 %	división y elongación celular, balance catiónico y aniónico.	Inmóvil
Mg	0.1 – 0.4 %	Constituyente de la clorofila, síntesis de proteínas	Móvil
B	6 – 60 mg/kg	Metabolismo de hidratos de C, RNA, DNA	Inmóvil
Fe	50 – 250 mg/kg	Activa enzimas. Producción de clorofila. Transporte elect.	Inmóvil
Mn	20 – 50 mg/kg	Activa enzimas, constituyente de cloroplastos	Inmóvil
Cu	5 – 20 mg/kg	Sínt. de lignina, reacciones redox, formación de polen	variable
Zn	25 – 150 mg/kg	Activa enzimas. Metabolismo de auxinas	variable
Mo	< 1 mg/kg	Fijación de N, Activa nitrogenasa, nitrato reductasa.	variable

Fuente: adaptado de Barbazán, 1998.

Síntomas de deficiencias nutricionales

El diagnóstico de las deficiencias nutricionales basado en los síntomas visuales requiere de un enfoque sistemático. Los síntomas pueden aparecer tanto en hojas viejas como jóvenes, dependiendo si el nutriente en cuestión es fácilmente retraslocado dentro de la planta. Para diferenciar los síntomas por deficiencias nutricionales de otros problemas es importante tener en cuenta que los síntomas por deficiencias de nutrientes siempre tienen un típico patrón simétrico en la hoja, al igual que en la posición y edad de las mismas. En contraste las hojas afectadas por plagas y/o enfermedades muestran síntomas asimétricos o las hojas afectadas están posicionadas al azar, así como las plantas afectadas dentro del campo.

A continuación se presentan los síntomas más comunes según el nutriente deficiente

N: las hojas más viejas se vuelven cloróticas y finalmente se deterioran, mientras que las hojas más jóvenes se tornan verde-amarillentas.



P: las hojas desarrollan un color verde opaco y crecen lentamente. La parte inferior de las hojas consecuentemente se vuelve color morado rojizo. Las hojas más viejas son afectadas primero y pueden morir en casos severos.

K: El follaje mostrará quemaduras de los bordes de las hojas. Las hojas más viejas pueden desarrollar clorosis intravenosa y las venas permanecen con un color verde.





S: deficiencias de S ocurren en las hojas más jóvenes, que se tornan amarillentas o verde claro (clorosis). En etapas tardías toda la planta puede ser de color verde pálido. No se forma ninguna mancha o franja. Además, las plantas tienden a ser débiles y chicas, con tallos a menudo delgados.

Ca: las hojas jóvenes se distorsionan y se tornan anormalmente de color verde oscuro. Las puntas de las hojas a menudo se secan o son frágiles, se marchitan y eventualmente mueren. Los tallos son débiles y la germinación es pobre. Pudrición apical de frutos (culiprieto)



Mg: las hojas desarrollan clorosis intravenosa, empezando por las hojas más viejas y progresando hacia las más jóvenes. La vena media de la hoja permanece verde, mientras el tejido intravenoso se vuelve necrótico.

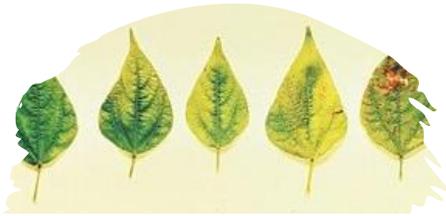
B: las hojas más nuevas se tornan amarillas y quebradizas, y el punto de crecimiento se vuelve necrótico y muere. El fruto también puede ser afectado y presentar áreas corchosas dispersas.



Fe: las hojas más jóvenes presentan clorosis intravenosa, seguida de una decoloración amarillenta general. La vena central de la hoja normalmente permanece verde.

Mn: las hojas más jóvenes presentan clorosis intravenosa seguida de necrosis. La vena central de la hoja permanece verde.



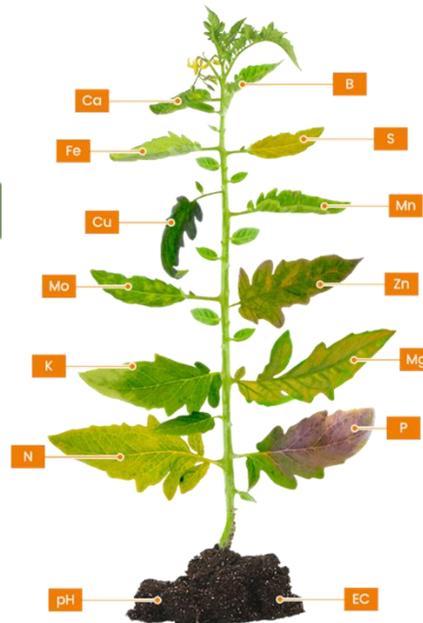
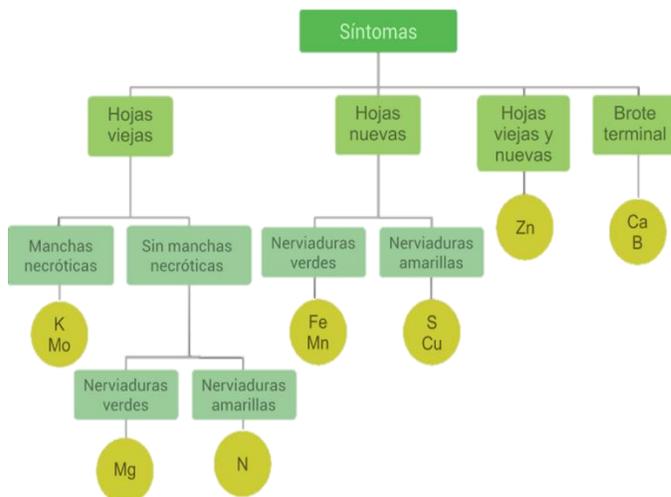


Zn: las hojas se vuelven gruesas y se enrollan hacia abajo. Sus pecíolos se tuercen y las hojas más viejas presentan una clorosis naranja-café.

Mo: las hojas más viejas presentan una decoloración amarillenta y necrosis marginal que consecuentemente progresa hacia las hojas más jóvenes.



Aquí se presentan unos esquemas prácticos para identificar sintomatologías de deficiencia según la movilidad del elemento en la planta.



Consideraciones finales

- Las curvas de absorción son útiles para los planes de fertilización de cultivos
- Los análisis foliares son útiles para determinar el estado nutricional del cultivo en un momento dado
- Los síntomas de deficiencia nutricionales son complejos y es difícil distinguir entre algunos
- Los síntomas de deficiencia nutricionales se asemejan a daños bióticos por insectos y enfermedades

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Arnon, D. I., y P. R. Stout. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiol.* 14(2):371–375.

Barahona Amores, Luis Alberto. 2007. Determinación de la dinámica de los macro y micronutrientes en el cultivo de tomate Cv. L-5, para una eficiente y oportuna fertilización, bajo condiciones de cubierta plástica. Tesis de grado. Universidad de Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 91 p.

Barahona Amores, Luis Alberto. 2017. Curvas De Absorción De Nutrientes De Arroz En Diferentes Tipos De Suelo Y Ambiente Agroecológico. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad De Panamá. Panamá. 132 p.

Barahona-Amores, L.A; Villarreal-Nuñez, J.E; González-Carrasco, W; Quiros-McIntire, E.I. 2019. Absorción de nutrientes en arroz en un suelo inceptisol bajo riego en Coclé, Panamá. *Agron. Mesoam.* 30(2):407-424. doi:10.15517/am.v30i2.33997

Barahona-Amores, L.A; Villarreal-Núñez, J.E; Samaniego-Sánchez, R.D; Quiros-McIntire, E.I. 2018. Absorción de nutrientes de dos variedades de arroz en un suelo entisol bajo seco en Tonosí-Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, N°28:56-74.

Barbazán, Mónica. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Universidad de La República. Uruguay. 27 p.

BERTSCH, F. 2009. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.

Ortega, Elina; Malavolta, Eurípides. 2012. Los más recientes micronutrientes vegetales. *Informaciones Agronómicas*. N°7 16-25 pp.

RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F. 1998. Metodología para generar curvas de absorción: presentación para curso. CIA-UCR. San José, Costa Rica. 9 p.

RAMÍREZ, F.; BERTSCH, F. 2002. Absorción de nutrientes por los frutos y bandolas de café caturra durante un ciclo de desarrollo y Maduración de Frutos en Aquiares, Turrialba, costa rica. *Agronomía Costarricense*. San José, Costa Rica. 26 (1): 33-42 pp.

SANCHO, HERNAN. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización. INPOFOS. *Rev. Informaciones agronómicas*. Quito, Ecuador. N°36: 11-13 pp.

VILLARREAL, J.; NAME, B. 1996. Técnicas analíticas del laboratorio de suelos. Instituto de Investigación Agropecuaria De Panamá. Panamá. 110 p.