



Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ciencias Agrarias
Instituto Agrotécnico Pedro Fuentes Godo

Trabajo final de graduación Modalidad Pasantía

Título

**Muestreo y análisis de suelo con
agregado de bokashi, en cultivo de
Carica papaya (mamón)**

Alumno: Lucas Matías Orellana

Asesora: Ing. Agr. Cristina Sotelo

Año 2023

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	4
3. LUGAR DE REALIZACIÓN	4
4. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DESARROLLADAS	4
4.a Muestreo de suelo	4
4.b Acondicionamiento del suelo	5
4.c Determinaciones químicas y biológicas	6
5. RESULTADOS OBTENIDOS	
6	
5.a Contenido de carbono de la biomasa microbiana:	6
5.b Actividad Microbiana Global	7
5.c Cuantificación de Glomalina:	8
5.d Nitrógeno potencialmente mineralizable	10
5.e Carbono orgánico (Walkley- Black) (Jackson, 1964)	11
5.f Nitrógeno total	12
5.g pH	13
5.h Conductividad eléctrica (CE)	14
5.i Fósforo	15
6. CONCLUSIÓN	17
7. COMENTARIOS FINALES	18
8. BIBLIOGRAFÍA	19

1. INTRODUCCIÓN

El nombre científico del Mamón es *Carica papaya* y pertenece a la familia de las caricáceas, su origen se da en América Tropical, exactamente en México, y su fruta se denomina papaya.

Sus altos rendimientos lo hacen interesante para el productor, además de su corto periodo entre siembra y cosecha. La fertilización en el cultivo de Mamón se realiza en el vivero y en la plantación. En establecimientos agroecológicos se realiza con abonos orgánicos (compost, bokashi, lombricompostos, estiércoles). La dosis es de 2kg al trasplante de abonos sólidos y posteriormente cada dos meses y la cantidad puede variar de 2 a 4 kg por planta (Salazar y Pohlan 2016).

Sarandón, (2002) ha definido a la agroecología como “un nuevo campo de conocimientos, un enfoque, una disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de la agronomía, la ecología, la sociología, la etnobotánica y otras ciencias afines. Tiene una óptica holística y sistemática y un fuerte componente ético, para generar conocimientos, validar y aplicar estrategias adecuadas para diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables”.

La idea principal de la agroecología es ir más allá de las prácticas agrícolas alternativas y desarrollar agroecosistemas con una mínima dependencia de agroquímicos e insumos de energía (Gliessman, 1998). Una alternativa a los insumos de síntesis son los fertilizantes orgánicos, los cuales además de aportar un gran número de nutrientes, mejoran rápidamente la fertilidad física del suelo y estimulan la actividad y diversidad microbiana, a diferencia de los fertilizantes químicos que solo incorporan nutrientes específicos y no tienen un efecto directo sobre las condiciones físicas del suelo (porosidad, estabilidad de agregados, retención de agua, permeabilidad) (Shiralipour *et al.*, 1992; Carpenter-Boogs *et al.*, 2000).

Un tipo de fertilizante orgánico es el bokashi, (término del idioma japonés que significa, abono orgánico fermentado). Este, ha sido utilizado por los agricultores japoneses desde hace muchos años como un mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo ya que aumenta la diversidad y actividad microbiana, e incorpora materia orgánica y nutrientes (Sarmiento *et al.*, 2019; Álvarez 2015 y Rimski-Korsakov, 2016; Ramos y Terry, 2014; Ramírez-Builes y Naidu, 2010).

El bokashi se realiza a partir de procesos de descomposición aeróbica de residuos orgánicos a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos y agregados, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición (Ramos y Terry, 2014).

Uno de los efectos del agregado de bokashi al suelo, es el incremento de la materia orgánica, la cual según la FAO (2000) es el principal determinante de su actividad biológica, constatando que la cantidad, la diversidad y la actividad de la microbiota está directamente relacionada con la misma. En vista a esto, el agregado de bokashi contribuye a mejorar la calidad del suelo, ya que el mejoramiento de la calidad del mismo se puede hacer a través del incremento de la materia orgánica y la conservación de la biodiversidad Wardle *et al.* (2004).

Se entiende por calidad de suelo a su capacidad para funcionar con efectividad tanto en el presente como en el futuro y que esa capacidad puede medirse a través de indicadores de calidad de suelo (Doran y Parkin, 1996; Larson y Pierce, 1994). Estos indicadores son propiedades físicas, químicas y biológicas capaces de expresar una condición edáfica de interés mediante la síntesis de información (Cantú *et al.*, 2007).

Diversos autores proponen la selección de una cantidad mínima de propiedades del suelo, para determinar su calidad (Govaerts *et al.*, 2006) las cuales podemos citarlas y agruparlas en propiedades físicas, químicas y biológicas.

Las propiedades biológicas que se destacan por su sensibilidad y rapidez para reflejar los cambios (Kaschuk *et al.*, 2011) son el C de la biomasa microbiana, la actividad microbiana, y la actividad de enzimas.

Para cuantificar la actividad del componente biótico, la respiración es uno de los parámetros más usado, el incremento de la población microbiana trae consigo un incremento en la evolución de CO₂, y éste puede ser usado como índice de la actividad biológica del suelo como respuesta a una mayor o menor cantidad de sustratos disponibles para la flora y fauna del suelo (Dalurzo *et al.*, 2005).

La cantidad de biomasa microbiana del suelo y los cambios estacionales sufridos por ella, van a estar influenciados por la cantidad de materia orgánica del suelo, por factores climáticos, uso de la tierra y por las características físico-químicas del suelo (Dalal, 1998; Zoog *et al.*, 1997). Lo que la convierte en un indicador altamente sensible de los cambios sucedidos en el suelo, siendo por ello utilizada para predecir cambios en la materia orgánica por distintas prácticas en el suelo (Powlson y Jenkinson *et al.*, 1987; Sparling, 1992).

Las actividades enzimáticas del suelo han sido sugeridas como indicadores biológicos de la potencial funcionalidad del suelo debido a que son la expresión de la actividad biológica del suelo y están estrechamente relacionadas al ciclo de los nutrientes y las transformaciones químicas que ocurren en el suelo. Las enzimas responden rápidamente a cambios en el suelo causados por factores naturales o antropogénicos y sus actividades, como velocidades iniciales de una reacción, se pueden medir de forma sencilla y altamente reproducible (Germán *et al.*, 2011).

Otras determinaciones que se realizan dentro del marco de propiedades biológicas involucran a los hongos micorrízicos mediante la determinación de glomalina. Según Rillig *et al.* (2003) la glomalina puede usarse como un indicador de los efectos del cambio de uso de suelo.

La glomalina es una glicoproteína termoestable secretada por las hifas de los hongos endomicorrízicos, esta glicoproteína protege a las hifas durante el transporte de nutrientes desde la planta hasta el extremo de la hifa, y desde el suelo hasta la planta; cuando las hifas dejan de transportar nutrientes y se senescen, la glomalina contenida en su tejido es liberada y se acumula en el suelo. Allí esta glicoproteína actúa como un aglutinante de minerales y materia orgánica, por lo que está en directa relación con la estabilidad de agregados y la estructura del suelo (García y Herrán, 2014).

Dejando a un lado las propiedades biológicas, y pasando ahora a las propiedades físicas y químicas, se debe tener en cuenta que la materia orgánica representa un componente edáfico fundamental, dado que influye sobre muchas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Diovisalvi *et al.*, 2008), de aquí la importancia de tenerla en cuenta en los análisis de suelos. Entre las propiedades que influyen, la química no es menos importante, ya que es una fuente de macronutrientes, elementos también importantes a tener en cuenta en los análisis. Dado que la materia orgánica del suelo está estrechamente ligada a la capacidad del suelo para mineralizar N (Gregorich *et al.*, 2006; Dominguez *et al.*, 2016), otra variable frecuentemente evaluada, es el N potencialmente mineralizable que se define como la máxima cantidad de N que puede ser liberado de un material orgánico después de su descomposición por acción de los microorganismos (Cerrato *et al.* 2007). Complementan

también a estas variables anteriormente citadas, las determinaciones de pH, y la conductividad eléctrica, ambas vinculadas con la disponibilidad de nutrientes.

Para evaluar el efecto del bokashi se determinará las propiedades químicas y biológicas: contenido de carbono de la biomasa microbiana; Actividad microbiana global; Cuantificación de glomalina y nitrógeno potencialmente mineralizable, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo, pH, y conductividad eléctrica.

2. OBJETIVOS

- Intensificación de la práctica profesional en muestreo de suelo en plantaciones de *Carica papaya* abonados con Bokashi para su posterior análisis.
- Obtener práctica en técnicas de laboratorio para determinar propiedades químicas y biológicas de suelo, e interpretación de resultados.

3. LUGAR DE REALIZACIÓN

Predio del ensayo: Estación Experimental Agropecuaria, Marcos Briolini 750, EEA 3505. Colonia Benítez. Chaco (Figura N°1. Estación INTA Colonia Benítez, Latitud: 27° 19' 22,3" S Longitud: 58° 57' 18,0 " W) (Figura 1).

Determinaciones químicas y biológicas: Laboratorio del Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo”. FCA-UNNE. Av. Las Heras 727-Resistencia-Chaco (Figura 2).



Figura 2: Laboratorio del Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo” Resistencia-Chaco

Figura 1: Predio del ensayo, Estación Experimental Agropecuaria, INTA Colonia Benítez- Chaco

4. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DESARROLLADAS

4.a Muestreo de suelo

El muestreo de suelo se llevó a cabo en la estación experimental de Colonia Benítez- Chaco-INTA. Se realizaron en verano y en cada situación se tomaron 5 muestras compuestas (cuatro submuestras alrededor de cada planta). La profundidad de muestreo fue de 0-10 cm. Los

materiales empleados para el muestreo fueron bolsas de polietileno de alta densidad, barreno, navaja de campo y materiales necesarios para llenar las fichas de muestreo en las cuales se contempla la fecha, el número de lote, nombre del establecimiento.



Figura 3: a. Ensayo de Bokashi en la plantación de Mamón **b.** Muestreo compuesto de suelo con barreno **c.** Muestra de suelo secado al aire y acondicionada para su análisis.

Se muestrearon en 2 híbridos, Red lady (Rl) y Tainung (Ta) trasplantados en abril de 2019 (marco de plantación 1.85x1.85 a tres bolillos). Los mismos tenían distintas dosis de bokashi en su manejo. T0 testigo sin aplicar, T1 0,5 kg por planta de bokashi, T2 1 kg por planta de bokashi.

T0-Ta-0-10cm	Testigo sin aplicar variedad Tainung, muestreo de 0-10 cm profundidad
T1-Ta-0-10cm	0,5 kg por planta de bokashi-variedad Tainung, muestreo de 0-10 cm profundidad
T2-Ta-0-10cm	1 kg por planta de bokashi-variedad Tainung, muestreo de 0-10 cm profundidad
T0-Rl-0-10cm	Testigo sin aplicar variedad Red lady muestreo de 0-10 cm profundidad
T1-Rl-0-10cm	0,5 kg por planta de bokashi-variedad Red lady muestreo de 0-10 cm profundidad
T2-Rl-0-10cm	1 kg por planta de bokashi-variedad Red lady, muestreo de 0-10 cm profundidad

Las aplicaciones se realizaron al mes de trasplante y al inicio de primavera. También se aplicó biopreparados de purín de ortiga y té de bocashi cada 15 días. Además, se realizó una fertilización química a través del riego a todos los tratamientos.

4.b Acondicionamiento del suelo

El objetivo del pretratamiento fue de homogeneizar la muestra de suelo para luego usarla en los análisis químicos y biológicos, de esta manera se realizó un secado al aire, molido, tamizado y mezclado de la misma. Se consideraron los cuidados correspondientes para evitar la contaminación de las muestras, como lavado de los materiales utilizados y cambio del papel de diario donde se muele (Figura 3c).

Se identificó la muestra y se procedió a retirar todo material extraño. Luego se procedió a la reducción del tamaño de las muestras (“cuarteo”), lo cual consiste en desmenuzar y homogeneizar el suelo. A posteriori se la tamiza por el tamiz N° 10 de 2 mm y luego 10 g de esta por el de 0,5 mm para el análisis de nitrógeno y carbono.

Una vez acondicionada la muestra de suelo se procede a dar “entrada” a las mismas, lo cual consiste en ingresar en el libro de registros de muestras de suelo el número de orden de la muestra seguido del nombre y apellido de la persona que solicita el análisis acompañado de los datos del establecimiento y/o lugar de muestreo y análisis requeridos sean químicos o biológicos.



Figura 4: Tamizado de muestra de suelo para C y N b. Pesado de muestra de suelo para actividad microbiana global.

4.c Determinaciones químicas y biológicas

Una vez acondicionado el material se procedió a realizar las determinaciones de laboratorio. Estas determinaciones permitieron observar diferencias entre las distintas dosis y variedades. Las determinaciones y resultados sobre el material muestreado se detallan a continuación.

5.RESULTADOS OBTENIDOS

5.a Contenido de carbono de la biomasa microbiana:

El carbono de la biomasa microbiana se define como “el carbono del suelo perteneciente a la microbiota”. Una de las metodologías para evaluarla es el de fumigación-extracción (CFE) (Brookes *et al.*, 1985) y valorado por dicromatometría.

La metodología de CFE utiliza cloroformo, porque es un biocida efectivo y no solubiliza la materia orgánica del suelo no microbiana (Jenkinson, 1976); los microorganismos del suelo son lisados y valorados por dicromatometría. El C (carbono) orgánico extraído en una solución de sulfato de potasio (0,5 M) es determinado en muestras de suelo fumigadas y no fumigadas. El incremento en las cantidades de C en las muestras fumigadas con respecto a los controles es considerado como carbono de la biomasa microbiana del suelo.

Procedimiento

El cálculo del carbono de la biomasa microbiana del suelo con el método fumigación-extracción, se realizó de la siguiente manera:

1. Se humedecieron las muestras con 2,5 ml de agua destilada.
2. Se incubaron a 30 °C durante 15 h (Sin cerrar herméticamente los tubos c).
3. Se fumigaron tres tubos de cada muestra con 0,4 ml de cloroformo por 30 minutos y se taparon herméticamente, los otros tres tubos no se fumigaron con el fin de que se constituyeran como blancos sin cloroformo.
4. Se agregó a todos los tubos el extractante más 30 ml de sulfato de potasio 0,5 M,
5. Se Agitaron los tubos acostados y herméticamente cerrados una hora en agitador mecánico,

6. Se Centrifugo a 2000 rpm durante 15 minutos, para luego filtrar con papel de filtro banda azul y se recogió el extracto en tubos tipo Falcon de 50 ml limpios,
7. Luego se Agregó 4 ml del extracto al tubo de digestión previamente rotulado, 1 ml de dicromato de potasio y 4 ml de H₂ SO₄.
8. Se llevó a digerir a 140 °C en la placa digestora durante 30 minutos,
9. Se dejó enfriar y se agregó 1 ml de agua destilada a la digestión y se homogeneizó.
10. Se Midió la absorbancia en espectrofotómetro a 590 nm,
11. Y por último se realizaron los cálculos y se analizaron los resultados (Figura 5).

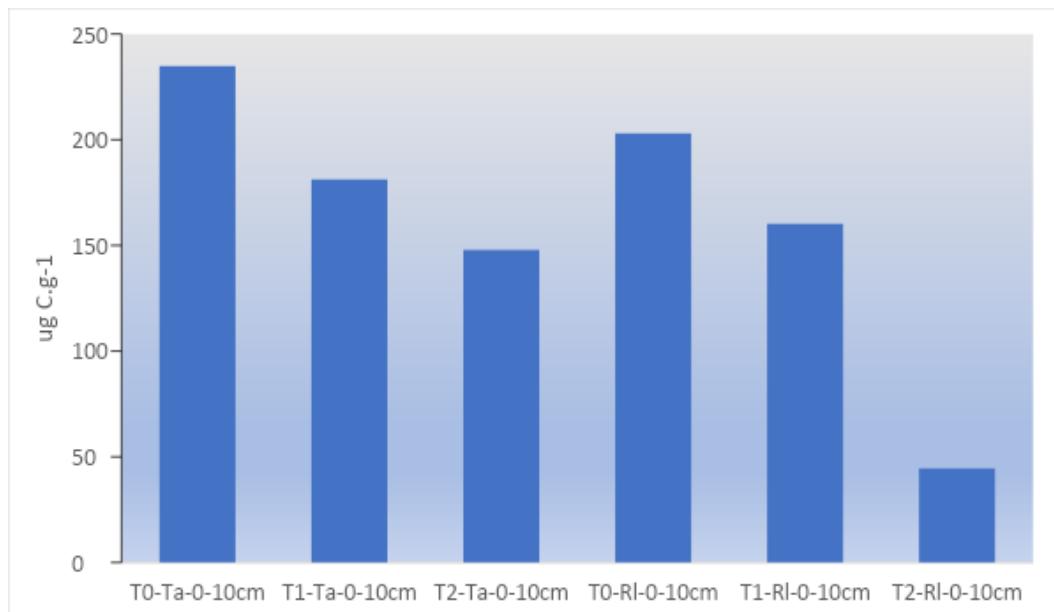


Figura 5: Resultados del carbono de la biomasa microbiana (CBM) en los distintos suelos muestreados (ug C.g⁻¹).

El agregado de bocashi al suelo presentó diferencias de 90 ug C.g⁻¹ entre el tratamiento testigo y los abonados, excepto en el tratamiento T2-RI 0-10cm que tuvo una diferencia del 200 ug C.g⁻¹ aproximadamente. Esta variación podría atribuirse al hecho de que la toma de muestras se realizó a los 90 días después de la aplicación de bocashi y el aumento en el contenido de biomasa microbiana tiende a ocurrir durante las primeras semanas tras la incorporación del abono. López y Etchevers (1995), así como Romero *et al.* (2000), llevaron a cabo ensayos comparativos entre la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos, los mismos observaron que el grupo de control tratado químicamente exhibió un valor de biomasa equiparable al grupo tratado con abonos orgánicos. Este hallazgo sugiere un incremento en la actividad microbiana sin la necesidad de agregar abonos, posiblemente debido a su elevado contenido de minerales y materia orgánica del suelo inicialmente.

5.b Actividad Microbiana Global

La respiración del suelo es un proceso que refleja la actividad biológica del mismo y se pone de manifiesto a través del desprendimiento de CO₂ o el consumo de O₂, resultante del metabolismo de los organismos vivos existentes en el suelo. La determinación de la actividad respiratoria se realizó en laboratorio mediante técnicas de incubación (Schinner *et al.*, 1996).

El suelo será incubado en un sistema aeróbico cerrado, tanto con humedad como con temperatura constante y controlada. El CO₂ producido será absorbido en una disolución de hidróxido de sodio (NaOH) que es posteriormente será valorada por titulación con un ácido.

Procedimiento

Se colocaron 30 g de suelo seco y tamizado (2 mm), se humedeció el suelo a capacidad de campo y se colocó en bolsitas de polietileno permeables a gases e impermeable a vapor de agua, estas a su vez fueron introducidas en envases de cierre hermético que contienen hidróxido de sodio 0,5 N y fenolftaleína. El CO₂ producido se recogió en el hidróxido de sodio y se tituló con ácido clorhídrico 0,5 N y fenolftaleína como indicador, el control fue realizado en los siguientes 7 días de incubada la muestra.

De la diferencia entre la cantidad de NaOH presente inicialmente y el remanente después de la exposición al CO₂ se obtuvo la cantidad de gas producido por respiración (Anderson, 1982) mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{(B - V) * N * E}{P * A}$$

$$P * A$$

donde R es la respiración microbiana en mg CO₂.g⁻¹ de suelo, B es el volumen de ácido necesario para titular el NaOH de la muestra control en ml, V es la cantidad de ácido necesaria para titular el NaOH de la muestra en ml, N es la normalidad del ácido y E es el peso equivalente del CO₂, P es el peso de la muestra y A son los mL de hidróxido colocado en el frasco. Los datos de respiración se expresan como mg CO₂.g⁻¹ de suelo seco.

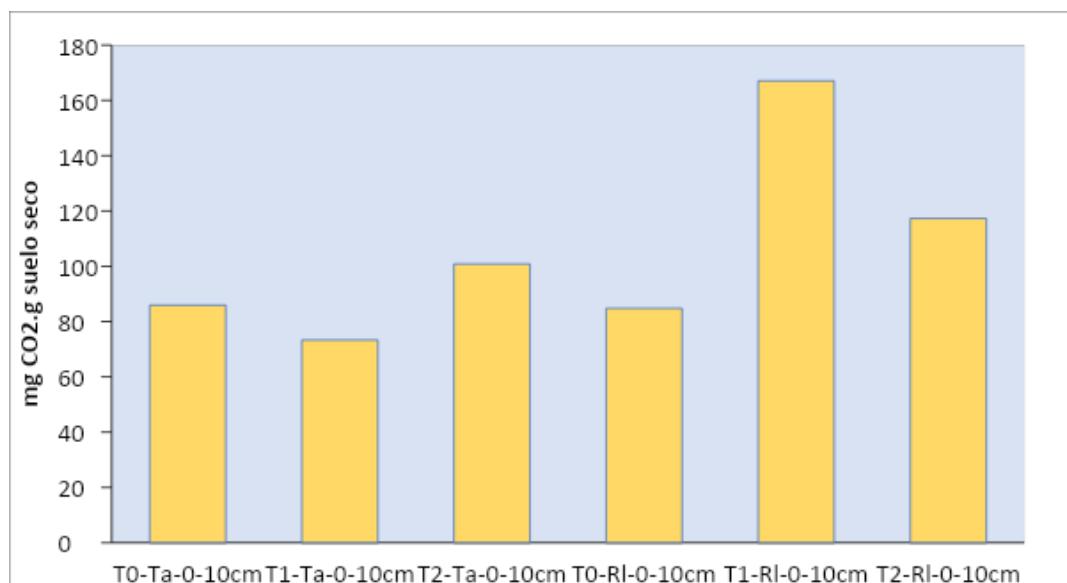


Figura 6: Resultados de la Actividad microbiana Global (AMG) en los distintos suelos muestreados (CO₂.g suelo seco)

Por su parte, la AMG indica la actividad biológica global a través de la medición de liberación de CO₂, las tasas de respiración aumentaron en los dos tratamientos con la

aplicación de distintas dosis en la variedad R1 (Figura 6). Guerrero *et al.* (2012) encontró que el proceso de mineralización de carbono está dividido en dos etapas, una que corresponde al incremento de la actividad biológica, en la que los microorganismos degradan las sustancias fácilmente biodegradables, como azúcares o lípidos, entre otros, y una segunda, definida por un descenso en dicha actividad, como consecuencia de la disminución de las sustancias de fácil degradación. En las dosis 1 y 2 de la variedad Ta podría encontrarse en la segunda etapa, lo que explicaría la actividad respiratoria.

5.c Cuantificación de Glomalina:

El ensayo de Bradford (1976) se fundamenta en la unión del colorante azul de Coomassie G-250 con las proteínas. La forma azul (más aniónica) del colorante, que se une a la proteína, tiene una absorbancia máxima a 590 nm. Por lo tanto, la cantidad de proteína puede ser estimada por medición de la cantidad de colorante en la forma iónica azul. Esto es usualmente alcanzado al medir la absorbancia de la solución a 595 nm. El colorante parece unirse más fuertemente a residuos de arginina y lisina, y en menor extensión a residuos de histidina y aromáticos (triptófano, tirosina y fenilalanina).

La importancia de determinar el contenido de glomalina es que la misma está altamente relacionada con la estabilidad de los agregados, funciona como un pegamento de las partículas del suelo al mejorar la estructura e influir en la aptitud frente a la erosión y pérdida de agua. Por otra parte, la glomalina es un reservorio de carbono del suelo, siendo esto importante a nivel ambiental.

Procedimiento

- La extracción de glomalina fácilmente extractable (GFE).

En esta pasantía se determinó GFE dado que es la fracción que evidencia los cambios en el manejo de suelo.

Para la determinación se tomaron muestras de 1g y se le agregó citrato de sodio 20 mM a pH 7. Se llevó a autoclave a 1 atm por 60 minutos y se determinó en espectrofotómetro a 595 nm la cantidad de miligramos de esta proteína por gramo de suelo por el método de Bradford.



Figura 7.a Limpieza y colocación de la muestra



Figura 7.b Determinación en espectrofotómetro a 595 nm

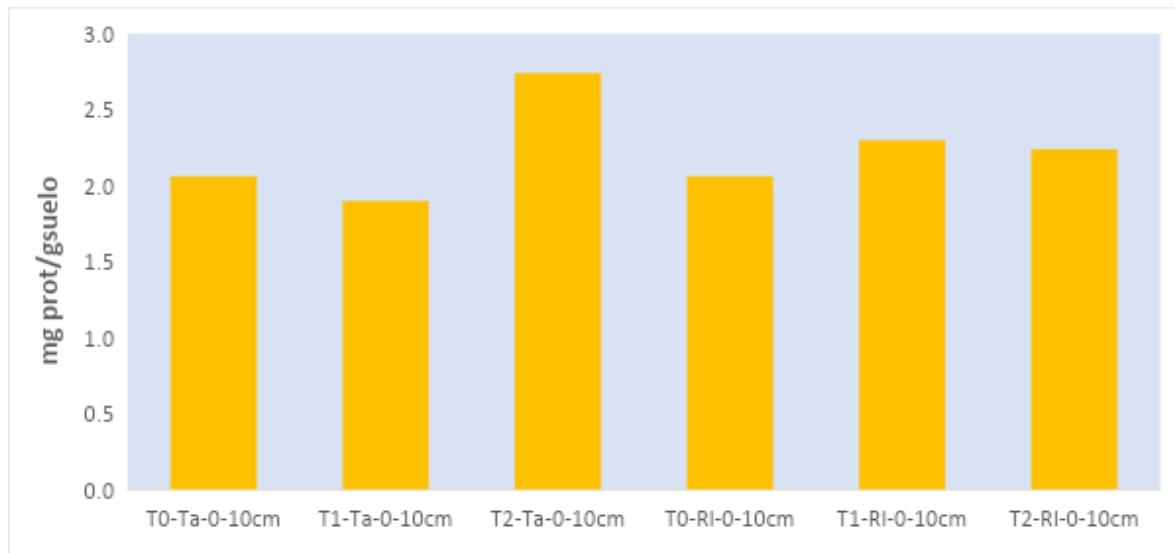


Figura 8: Resultados de Glomalina Fácilmente Extraíble (GFE) en los distintos suelos muestreados (**mg prot/g suelo**)

Los resultados del contenido de GFE se observan en la Figura 8. En general se detectó un comportamiento relacionado al agregado de bocashi, donde los valores altos se dieron en los tratamientos T1 y T2, destacándose el T2-Ta-0-10cm.

5.d Nitrógeno potencialmente mineralizable

La mineralización del nitrógeno es el proceso bioquímico mediante el cual los microorganismos del suelo obtienen la energía necesaria para realizar sus procesos metabólicos. El mismo se realiza mediante la ruptura de los enlaces de las macromoléculas orgánicas para transformarlos en amoníaco (NH_3^+) o ion amonio (NH_4^+). Se distinguen dos procesos en la mineralización: la amonificación y la nitrificación. En la amonificación actúan innumerables grupos de bacterias, hongos, actinomicetos, protozoos y algas, siendo un proceso sin especificidad de sustratos ni microorganismos. Es por eso que las condiciones ambientales son diversas y se puede producir amonificación tanto en aerobiosis como anaerobiosis. Ese amoníaco que queda disponible en este proceso lo utilizan como sustrato de microorganismos específicos para la nitrificación, que se realiza únicamente en aerobiosis (Frioni, 1999).

La determinación del nivel de nitrógeno mineralizado en el suelo puede proporcionar una estimación del nitrógeno disponible del mismo. Se lo puede definir como la fracción del nitrógeno orgánico convertido a formas disponibles para las plantas –o minerales– bajo condiciones específicas de temperatura, humedad, aireación y tiempo. En particular, el nitrógeno mineralizado en condiciones de anaerobiosis (Nan) es utilizado para conocer cuánto del nitrógeno orgánico es transformado a NH_4^+ (Waring y Bremner, 1964).

Procedimiento (método de Waring y Bremner modificado por Keeney y Nelson 1932):

Se pesaron 5 g suelo por duplicado para cada muestra, en una se determinó el nitrógeno inicial y en la otra el nitrógeno total. En la determinación de nitrógeno inicial se colocaron 30 mL de ClK 2 N, y se agitó por 1 hora luego se centrifugó 6 minutos.

El siguiente paso fue la de tomar una alícuota de 10 ml +25 mL agua+3 mL NaOH 10 N y así determinar el NH_4^+ generado en la destilación por arrastre de vapor.

Luego se recibió el destilado en 5 mL H. B. O. y se tituló con H_2SO_4 0,01 N estandarizado. El nitrógeno total se determinó agregando 15 ml de agua destilada e incubando por 7 días a 40°C.

Luego de la incubación se le agrega 15 mL de ClK 4 N y se procede de la misma manera que en el nitrógeno inicial. Una vez obtenido los valores del nitrógeno inicial y el total se realiza la diferencia para obtener el nitrógeno potencialmente mineralizable.

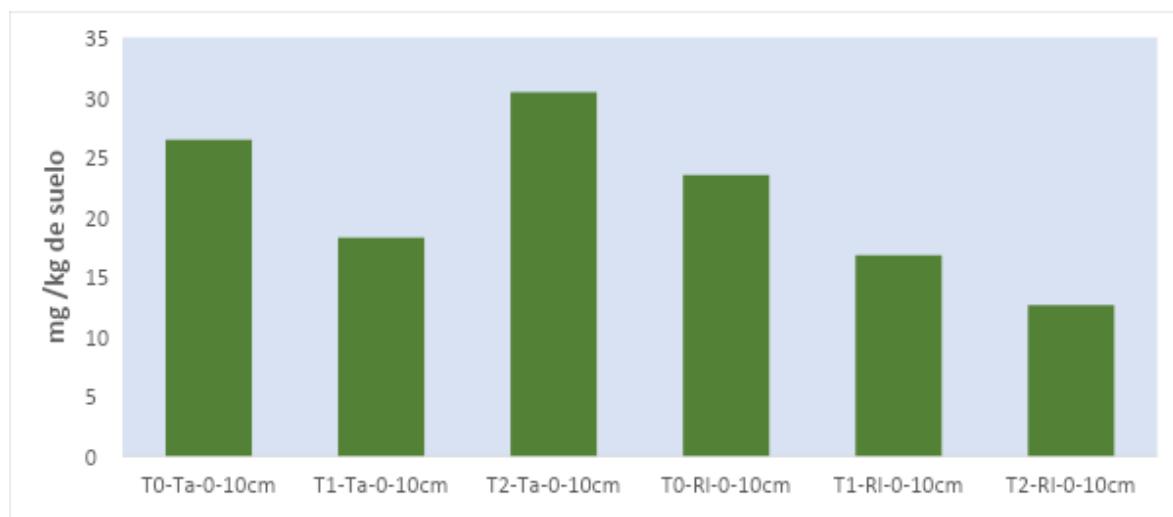


Figura 9: Resultados de Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (NPM) en los distintos suelos muestreados (**mg/kg de suelo**)

5.e Carbono orgánico (Walkley- Black) (Jackson, 1964)

El Carbono Orgánico oxidable del suelo que se determinó por oxidación con ácido crómico en calefacción espontánea utilizando a tal fin la NORMA IRAM-SAGPyA 29571-2:2011; Carbono orgánico oxidable por mezcla sulfocrómica en suelos. Escala semi-micro – Método de Walkley y Black. Con este valor se obtuvo el contenido de materia orgánica.

Procedimiento

Con la muestra tamizada por tamiz N°35 de 0,5 mm, se pesaron 100 mg de suelo con una balanza electrónica de precisión, de acuerdo al contenido de carbono orgánico estimado (menos de 5 g/kg de carbono orgánico). En un erlenmeyer se añade 5 mL de dicromato de potasio, luego se agrega 10 mL de ácido sulfúrico sin dejar de agitar, evitando que las partículas queden adheridas a la pared del recipiente, y se deja reposar 30 minutos. Posteriormente se diluye el preparado con 20 mL de agua destilada y se deja reposar por 20-30 minutos hasta que alcance la temperatura ambiente. Finalmente se añade el indicador Ferroína (3-4 gotas) y se procede a titular con Sal de Mhor 0,5 mol/L hasta que se produzca el viraje de color verde brillante al rojo indicando el punto final de la reacción y se obtiene la lectura de los mL gastados de dicha sal de Mhor (Foto N° 6 y 7). Cabe aclarar que también se procede de la misma manera con dos soluciones testigos (blanco).

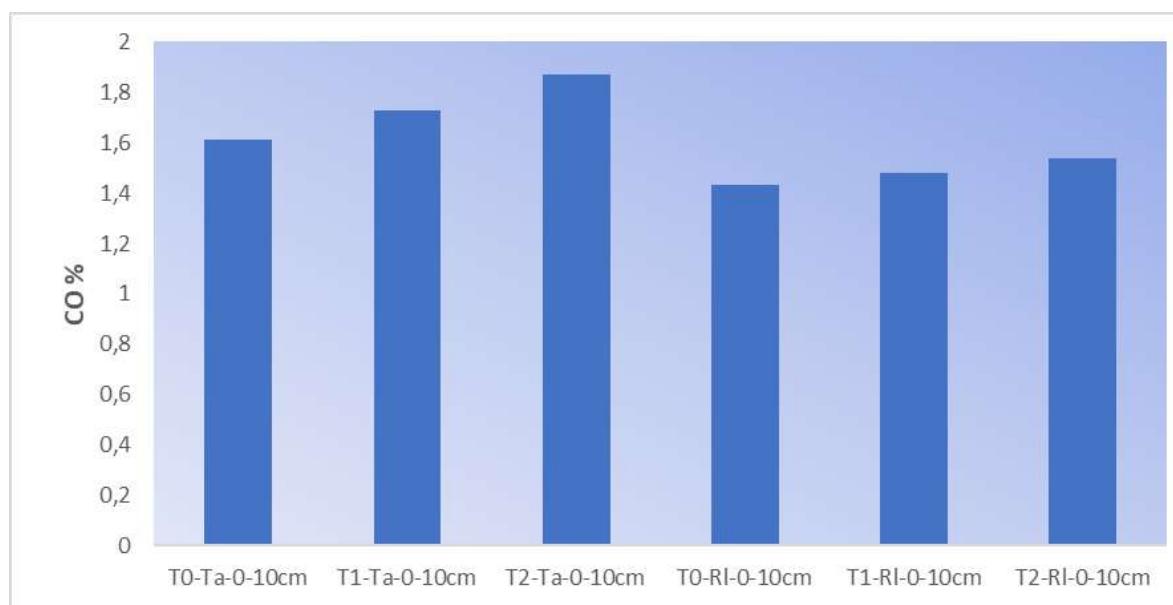


Figura 10: Resultados de carbono Orgánico (CO) en los distintos suelos muestreados (%)

5.f Nitrógeno total

Se realizará según la NORMA IRAM-SAGPyA 29572:2011; nitrógeno en suelo por el método Kjeldahl modificado en suelos. Escala semi-micro.

Procedimiento (Kjedahl. NORMA IRAM-SAGPyA 29572-1)

Se pesaron 100 mg de cada muestra de suelo seco, desmenuzado y tamizado en un tamiz de 0,5 mm (N°35), traspasando a un balón Kjeldahl de digestión.

A continuación, se agregaron 3 mL de ácido sulfúrico y 200 mg de mezcla catalítica. Luego se llevó a la campana de extracción de gases para realizar la digestión de la muestra a una

temperatura inferior a 400°C durante 20-40 minutos hasta obtener una coloración clara de tonalidades verdes. Finalizada la digestión, se dejó que el material alcance la temperatura ambiente, añadiendo luego 20 mL de agua destilada, y 20 mL de NaOH 10 mol/L con el fin de neutralizar la acidez, procediendo a colocar el balón en el destilador (**Figura 11 a,b**).

El destilado se recoge en un Erlenmeyer con 5 mL de una solución de ácido bórico que contiene una solución indicadora, hasta obtener 30-50 mL de destilado aproximadamente (Foto N°). Luego se titula con ácido sulfúrico 0,025 mol/L hasta el viraje de color del indicador, respetando el color obtenido en la titulación del blanco de ensayo (Foto N°). 11 Por último se efectuaron los cálculos para concluir la determinación. Los datos obtenidos se encuentran en el siguiente gráfico.



Figura 11.(a,b) Se realiza el destilado colocando el balón en el destilador.

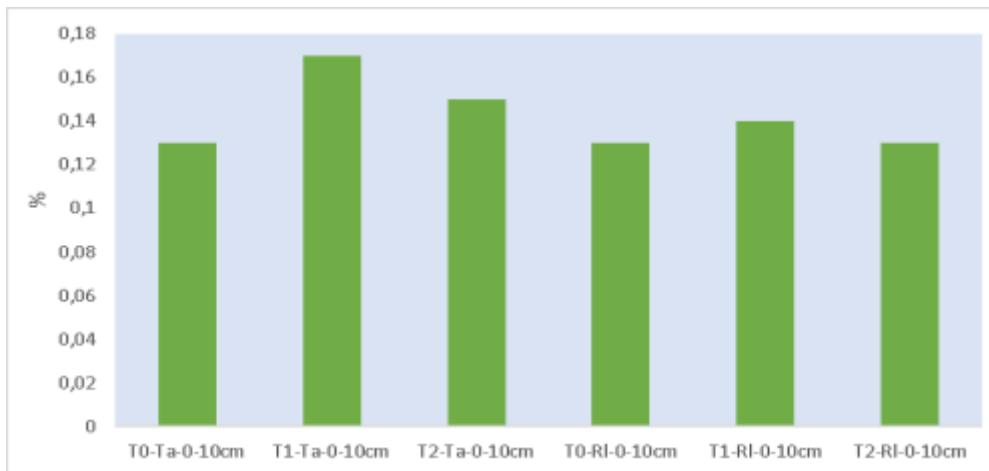


Figura 12: Resultados de Nitrógeno Total (NT) en los distintos suelos muestreados (%)

La AMG (Figura 6) y el NPM (Figura 9) son atributos asociados a las funciones y procesos microbiológicos del suelo y están involucrados en la descomposición del CO, en el secuestro de carbono, en el ciclado de nutrientes y en su disponibilidad. El CO incorporado con el bocashi, provee de sustrato de rápida descomposición a la flora y fauna del suelo y constituye un reservorio de nutrientes, principalmente de nitrógeno (Bronson et al., 2004; Galantini y Suñer, 2008). El NPM, que representa la cantidad de N orgánico susceptible a mineralizarse, presentó los menores valores en los tratamientos con bocashi, excepto en el T1-Ta. Las

diferencias encontradas podrían indicar que el aporte de materia orgánica es de difícil mineralización, ya que el Nt (Figura 12) y CO (Figura 10) dieron valores más altos en los tratamientos con bocashi en contraposición con los análisis biológicos (NPM y AMG) que dieron los más bajos. Los procesos microbianos son controlados por la calidad y la disponibilidad de sustrato orgánico y por las propiedades del sitio como disponibilidad de nutrientes y humedad del suelo (Jandl et al., 2007).

5.g pH

Norma IRAM- SAGPyA 29574:2021. Determinación del pH en suelo para uso agropecuario

pH en solución acuosa, relación suelo: agua= 1: 2,5. NORMA IRAM-SAGPyA 29574

se preparó una suspensión de suelo:

líquido en relación 1:2,5 (suelo tamizado por 2 mm). Luego se homogeneizó la suspensión por 30 segundos y se dejó en reposo por una hora. Se calibró el peachímetro con el buffer correspondiente y se procedió a la lectura en agitación. Se debe tener en cuenta que la lectura debe permanecer estable por 5 segundos para ser considerada).

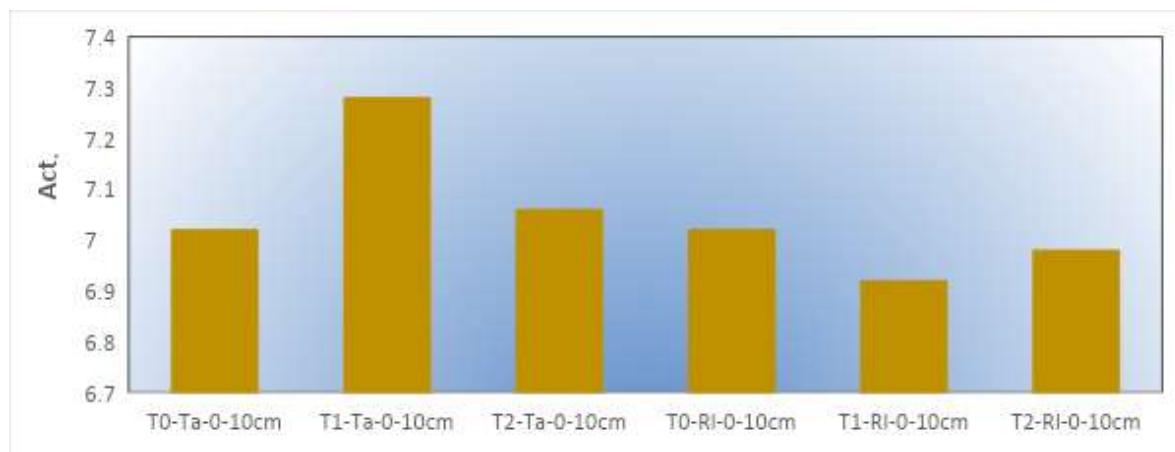


Figura 13: Resultados de Potencial Hidrógeno (pH)en los distintos suelos

Los resultados de pH obtenidos en suelo nos indican que para ambas variedades se mantuvo parámetros de neutralidad, no obstante la variedad Tainung tuvo un pequeño incremento hacia lo básico.

5.h Conductividad eléctrica (CE)

Norma IRAM – SAGPyA 21322:2006. Determinación del C.E. en suelo para uso agropecuario en solución acuosa relación suelo:agua 1:5.

La conductividad eléctrica es un parámetro importante utilizado para estimar el nivel de sales disueltas en el agua y el suelo. Las sales incluyen los nutrientes vegetales que se encuentran naturalmente en el agua y el suelo, fertilizantes aplicados y otros minerales disueltos.

El agua destilada no conduce la electricidad. Cuando las sales se disuelven en el agua, se disocian en iones cargados positivamente, llamados cationes, e iones cargados negativamente, llamados aniones. Esto le da al agua la capacidad de conducir la electricidad.

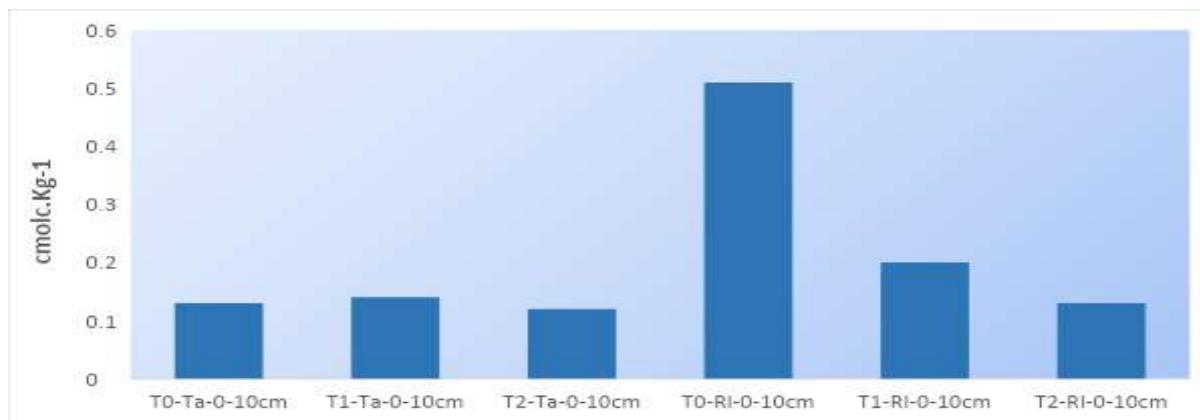


Figura 14: Resultados de Conductividad Eléctrica (CE) en los distintos suelos (cmolc.kg⁻¹)

En el gráfico de conductividad eléctrica (Figura 14) se puede observar mayor conductividad en la muestras de Red lady, en especial la muestra testigo. Una de las causas posibles que fundamentan estos valores se relacionan a la hora de aplicar sustancias en el sistema de riego, es muy importante manejar el pH del agua en el rango correcto, pues si se está trabajando con determinados fertilizantes que contengan calcio el mismo podría precipitar de la solución y ocasionar problemas de obstrucción de goteros. Es interesante observar que el problema podría haber estado en la línea de plantación de esta variedad, y que los suelos con tratamiento con bocashi tuvieron un efecto buffer mayor. A su vez la calidad de agua con la que se trabajó provenía de perforaciones, es ahí en donde podría existir otra posibilidad de que la conductividad de la solución del suelo se dispare.

5.i Fósforo

Método Bray y Kurtz N°1 modificado - Norma IRAM-SAGPYA 29570-1:2010

Fósforo, Método Bray Kurtz N°1. Norma IRAM-SAGPyA 29570-1

Se pesaron 2 gramos de suelo seco y tamizado por tamiz de 2 mm en un tubo Falcon de 50 mL. Luego se añadieron 35 mL de la solución extractora, se tapó y se procedió a agitar durante 5 minutos a 180 r.p.m. en el agitador horizontal a 25°C. Se filtró con el fin de lograr el clarificado del preparado.

El paso siguiente consistió en la etapa de “desarrollo de color”, para lo cual se tomó 1 mL de la muestra, se colocó en un tubo de ensayo y se agregó 9 mL de reactivo mezcla preparado en el momento. Se homogeneizó y se dejó reposar durante 30 minutos. Paso seguido se realizó la lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro a 882 nm. Paralelamente se realizaron los blancos, tratados de la misma forma que la muestra, pero sin el analito. Por último, se procedió a realizar los cálculos utilizando la fórmula que se encuentra en el anexo. Los resultados se encuentran en las tablas N° 4 y 6 del anexo

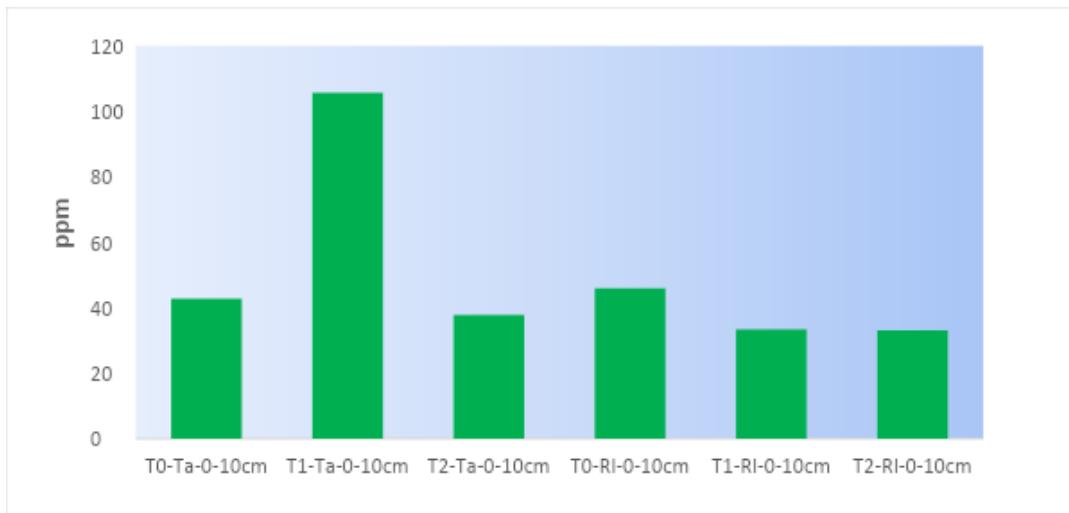


Figura 15: Resultados de Fósforo (P) en los distintos suelos muestreados (**ppm**)

En la Figura 15 se pueden observar los valores de fósforo en ppm que arrojaron análisis de las muestras a campo, los niveles de fósforo se mantienen estables en lo que se puede apreciar, pero en el T1-Ta se puede ver que hay un incremento significativo, esto se podría deber a algún desperfecto en los goteros del fertirriego.

6. CONCLUSIÓN

Según los datos recopilados sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo, se observan diferencias entre los distintos tratamientos aplicados con diversas dosis de bocashi. Se registraron condiciones más favorables en la situación de Red Lady, evidenciando valores superiores de materia orgánica y nitrógeno en comparación con el tratamiento de control. En cuanto al fósforo, la variedad Tainung exhibió niveles más altos que la Red Lady. Además, la conductividad fue mayor en el tratamiento cero de Red Lady. El pH mostró una ligera tendencia hacia la basicidad en la variedad Tainung. En este estudio, las diferencias más significativas se observaron en CO, Nt, AMG y fósforo.

7.COMENTARIOS FINALES

Desde el punto de vista profesional, las salidas y muestreos a campo fueron muy enriquecedores, la experiencia adquirida me ayudó a trasladar toda la teoría asimilada en la carrera de ingeniería agronómica a la práctica.

A su vez, aprendí a llevar a cabo las correspondientes articulaciones operativas con las demás instituciones, tales como INTA y Dirección de suelos y agua rural de la provincia del Chaco. Pude integrarme al equipo de trabajo del Instituto Agrotécnico.

Durante este periodo colaboré activamente en la recopilación de datos de datos en ensayos del cultivo de algodón utilizando bioinsumos como fertilizantes.

En mi experiencia, el sistema agroecológico incorpora conceptos claves como estabilidad, resiliencia y adaptabilidad desde el punto de vista del ecosistema. En materia de productividad se podría decir que la eficiencia y eficacia en la producción no se disparan significativamente, pero si se logra una estabilidad en el tiempo. Uno de los objetivos es lograr que las diferentes interacciones del ecosistema microbiano del suelo logren encontrar armonía favoreciendo el desarrollo vegetal.

Desde mi perspectiva, basada en mi experiencia en la plantación, producción e industrialización del cultivo de Mamón en el ámbito privado, puedo afirmar que en relación con las estrategias de desarrollo sostenible, el empleo de abonos orgánicos no solo conlleva una disminución de los costos, sino que también contribuye a mitigar los impactos ambientales asociados con el uso de insumos de síntesis química.

Desarrollé habilidades en el procesamiento de muestras de suelos y su posterior análisis mediante los métodos de laboratorio estandarizados a nivel nacional (Normas IRAM). Comprendí la importancia crucial de los análisis de laboratorio para evaluar con precisión la capacidad productiva de un suelo. Además, las diversas responsabilidades asumidas en el instituto agrotécnico fortalecieron mi eficiencia operativa, gracias a las rigurosas demandas organizativas y sistemáticas. Agradezco sinceramente la oportunidad brindada para colaborar en los laboratorios del instituto, participando activamente en los procesos operativos con el objetivo de mejorar la eficiencia de las metodologías empleadas en este trabajo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Araújo, E.A., j. C. Ker, J. C. Lima Neves, j. L. Lani. 2012. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia. V.5, Nº1. P. 187-206.
- Carina R. Álvarez y Helena Rimski- Korsakov. "Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos". 2015. Editorial: Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires
- Benintende *et al.*, 2012. "Caracterización de indicadores biológicos y bioquímicos en alfisoles, molisoles y vertisoles de Entre Ríos. Asociación Argentina Ciencias del Suelo (A.A.C.S.)".
- Bronson, KF; TM Zobeck; TT Chua; V Acosta-Martinez; RS Van Pelt & JD Booker. 2004. Carbon and nitrogen pools of Southern High Plains cropland and grassland soils. *Soil Sci. Soc Am. J.* 68:1695-1704.
- Cerrato *et al.* 2007 Potencial de mineralización de bokashi, compost y lombricompost producidos en la universidad hearth. Universidad EARTH Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica Recibido 21 de enero 2006. Aceptado 8 de junio 2007.
- Cantú *et al.*, 2007. Mario Pablo Cantú, Analía Becker, José Camilo Bedano y Hugo Francisco Schiavo. "Evaluación de la Calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices". Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 36 km 601, (X5804BYA) Río Cuarto, Córdoba. Cienc. suelo v.25 n.2 Buenos Aires ago./dic. 2007.
- Carpenter-Boggs, L., Pikul, J. L., Vigil, M. F., y Riedell, W. E. 2000. Soil nitrogen mineralization influenced by crop rotation and nitrogen fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, 64(6), 2038-2045.
- Carvalho, JLN; CE Pelegrino Cerri; BJ Feigl; MC Piccolo; V de P Godinho; U Herpin y CC Cerri. 2009. Conversion of Cerrado into agricultural Land in the south-western amazon: carbon stocks and soil fertility. *Sci. Agric.* 66 (2): 233-241.
- Dalal, 1998; Zoog *et al.*, 1997. José Pastor Mogollón y Alicia Martínez. "Variación de la actividad biológica del suelo en un transecto altitudinal de la sierra de San Luís, estado Falcón". *Agronomía Trop.* v.59 n.4 Maracay dic. 2009.
- Dalurzo *et al.*, 2005. "Indicadores de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados". Diana Marcela Toledo, Juan Alberto Galantini, Eugenia Ferreccio, Silvia Arzuaga, Laura Giménez y Sara Vázquez. Asociación Argentina Ciencia del Suelo (A.A.C.S.) Ciencia del Suelo 31(2):201-212.
- Dewis J. y Freitas F. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas, Boletín Nº 10, FAO, Roma. 36-57 pp.
- Diovisalvi *et al.*, 2008. Natalia Verónica Diovisalvi, Guillermo Alberto Studdert, Germán Franco Domínguez & Maximiliano Joaquín Eiza. "Fracciones de carbono y nitrógeno orgánicos bajo agricultura continua con dos sistemas de labranza". CI. SUELO (ARGENTINA) 26(1): 1-11, 2008.
- Dominguez *et al.*, 2016. Domínguez Jorge, González Innocenti Joaquín, y Pagliettini Liliana. "Análisis económico de la producción de arroz orgánico en Entre Ríos y Corrientes, Argentina. comparación con respecto a la producción convencional. Revista de la Facultad de Agronomía UBA "Agronomía y Ambiente" 2016.
- Doran, J. W., and T. B. Parkin. 1996. Quantitative Indicators of Soil Quality: A minimum data set, in J. W. Doran and A. J. Jones, editors. *Methods for assessing soil quality*. SSSA, Madison, WI.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO₂. Informes sobre recursos mundiales de suelos No.88. Roma 98 p.
- Galantini JA y L Suñer. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia* XXV (1):41-55.
- García y Herrán, 2014 Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales.
- German, DP; MN Weintraub; AS Grandy; CL Lauber; ZL Rinkes y SD Allison. 2011. Optimization of hydrolytic and oxidative enzyme methods for ecosystem studies. *Soil Biol. Biochem.* 43: 7e1397.
- Gliessman S.R. 1998. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. 359p. ISBN 9977-57-385-9.
- Govaerts, B; Sayre KD y Deckers J. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Till. Res.* 87: 163-174.
- Gregorich, EG; MH Beare; UF McKim y JO Skjemstad. 2006. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:975-985
- IRAM, S., 2006. Norma IRAM 21322:2006. Determinación de conductividad eléctrica en soluciones acuosas.
- IRAM, S., 2009. Norma IRAM- SAGPyA 29571-2:2009. Determinación de materia orgánica en suelos. Parte 2- Determinación de carbono orgánico oxidable por mezcla oxidante fuerte, escala semi-micro.

- IRAM, S., 2009. Norma IRAM- SAGPyA 29572:2009. Determinación de nitrógeno en suelo por el método Kjeldahl modificado.
- IRAM, S., 2009. Norma IRAM- SAGPyA 29574:2009. Determinación del pH en suelo para uso agropecuario.
- IRAM, S., 2010. Norma IRAM- SAGPyA 29570-1: -2010. Determinación de fósforo extraíble en suelos. Parte 1- Método Bray Kurtz 1 modificado (Extracción con solución de fluoruro de amonio-ácido clorhídrico
- Jackson M.L. 1964. Análisis químicos de los suelos. 2º Edición. Editorial Omega S. A., Barcelona, 666 p.
- Jandl, R; M Lindner; L Vesterdal; B Bauwens; R Baritez; R Dale; F Hagedorn; W Johnson; K Minkkinen y KA Byrne. 2007. How strongly can forest management in-fluence soil carbon sequestration? Review. *Geoderma*, Volume 137, Issues 3-4, Pp. 253-268. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.09.003>.
- Jenkinson, 1976 actividad biológica y biomasa microbiana en diferentes suelos. *ciencia del suelo* vol.3
- Joergensen RG, Brookes PC. 1990. Ninyhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5MK2SO4 soil extracts. *Soil Biol Biochem* 22:1023-1027
- Kaschuk, G; Alberton O. y Hungria M. 2011. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. *Plant Soil* 338: 467-481.
- Larson, WE y Pierce FJ. 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 677
- López N., U. y J. D. Etchevers B. (1995). La biomasa microbiana en suelos con distinta intensidad de explotación agrícola. En: *La Investigación Edafológica en México 1992-1995*. Tovar S., J. L., V. Ordaz Ch. y R. Quintero L. (eds.). Soc. Mex. Ciencia del Suelo. Cd. Victoria, Tamaulipas. México. p. 149.
- Marinari, S; Mancinelli R; Campiglia E y Grego S. 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecol. Indic.* 6: 701-711.
- Nannipieri, P. 1984. Microbial biomass and activity measurements in soil: ecological significance. *Curr. Persp. Microb. Ecol.*, Washington, DC. 515-521 pp.
- Powlson, D.S. y Jenkinson, D.S. 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19: 15-164.
- Ramírez-Builes, V. H. y Naidu, D. N. Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo Bokashi y fertilizante químico. *Acta Agronomica*, 2010, vol. 59, no. 2, p. 155-161.
- Ramos, D.; Terry, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bokashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales* 115:52-59.
- Rillig, M. C., Ramsey P. W., Morris S. y Paul E. A.. 2003. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. *Plant Soil* 253: 293-299.
- Helena Rimski-Korsakov, Carina R. Álvarez y Raúl S. Lavado. 2016. Cultivo de cobertura invernales en la región pampeana argentina. IAH 21-. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (FAUBA).
- Romero Lima, M. D., Trinidad Santos, A., García Espinosa, R., y Ferrera Cerrato, R. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*, 34(3), 261-269.
- Salazar, D. J y Pohlan, J. 2016. Alternativas agroecológicas para el manejo de plantaciones de papaya (*Carica papaya* L.) en Nicaragua. Guía Agropecuaria. Pág. 28 - 32
- Sarandón SJ (2002) Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable. (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata. 560 pgs. ISBN:987-9486-03-X
- Sarmiento, G.J.; Amézquita, M.A.; Mena, L.M. 2019. Uso de bokashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. *Scientia Agropecuaria* 10(1): 55-61.
- Guido Juan Sarmiento et al., 2019; Marco Antonio Amézquita Álvarez 2015. "Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas". *Scientia Agropecuaria*, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Arequipa, Perú.
- Ramos y Terry, 2014; "Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas." cultrop [online]. 2014, vol.35, n.4, pp.52-59. ISSN 0258-5936.
- Ramírez-Builes, Víctor Hugo; Duque, Nora Naidu. "Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico". *Acta Agronómica*, vol. 59, núm. 2, 2010, pp. 155-161 Universidad Nacional de Colombia Palmira, Colombia.
- Schinner, F. y R. Sonnleitner. 1996. En: *Bodenökologie: Microbiologie und Bodenenzymatic*. Springer Verlag. 450 pp.
- Shiralipour, A; W Mc Connell y WH Smith. 1992. Physical and chemical properties of soil as affected by municipal solid waste compost application. *Biomass Bioenerg* 3:195-211.

- Sparling, G.P. 1992. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic-carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil Res.* 30: 195-207.
- Vance, E.D., Brookes P.C., Jenkinson D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
- Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Klironomos, J.N., Setälä, H., Van der Putten, W.H. y Wall, D.H. (2004) Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, 304, 1629–1633.