



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**Efecto del residuo vegetativo de *Vigna unguiculata* sobre las propiedades edáficas de suelos cultivados con palma de Aceite**

**TESIS**

Para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS**

**PRESENTA**

I.A. Ephésien Zidor

**DIRECTOR**

Dr. César Márquez Quiroz

**CODIRECTOR**

Dr. Rufo Sánchez Hernández

Villahermosa, Tabasco. Abril de 2020



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ASUNTO:** El que se indica.

**OFICIO:** DACA-101

Villahermosa, Tabasco, a 9 de marzo de 2020

**C. EPHESIEN ZIDOR  
EGRESADO DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
PRESENTE**

Por este conducto y de acuerdo a su solicitud de autorización de impresión, informo a usted que sobre la base del Artículo 26 del reglamento de Posgrado de esta Universidad, esta Dirección a mi cargo, le **autoriza la impresión de su trabajo recepcional** bajo la modalidad de tesis titulada "**Efecto del residuo vegetativo de *Vigna unguiculata* sobre las propiedades edáficas de suelos cultivados con palma de aceite.**"

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un saludo cordial.

**ATENTAMENTE**

**PH.D. ROBERTO ANTONIO CANTÚ GARZA  
DIRECTOR**

U.J.A.T.



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DIRECCIÓN**

C.c.p.- Archivo.

Miembro CUMEX desde 2008

**Consortio de  
Universidades  
Mexicanas**  
UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Km 25, Carret. Villahermosa-Teapa  
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México  
Tel. (+52 993) 358-15-85 y 142-9150

Correos electrónicos: [direccion.daca@ujat.mx](mailto:direccion.daca@ujat.mx), [daca.direccion@gmail.com](mailto:daca.direccion@gmail.com)

[www.ujat.mx](http://www.ujat.mx)

[www.facebook.com/ujat.mx](https://www.facebook.com/ujat.mx) | [www.twitter.com/ujat](https://www.twitter.com/ujat) | [www.youtube.com/UJATmx](https://www.youtube.com/UJATmx)

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco que utilice tanto físico como digitalmente la tesis de grado denominada **“Efecto del residuo vegetativo de *Vigna unguiculata* sobre las propiedades edáficas de los suelos producidos con palma de aceite”**, de la cual soy autor y titular de los derechos de autor.

La finalidad del uso por parte de la universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesis antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa mas no limitada para subirla a la red abierta de bibliotecas digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la universidad tenga relación institucional.

Por lo antes mencionado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los .... días del mes de marzo del año 2020.

Autoriza



Ephesien Zidor

## AGRADECIMIENTOS

Al consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante el periodo de la maestría.

A los Doctores Cesar Márquez Quiroz y Rufo Sánchez Hernández como director y codirector de la tesis, por la acertada dirección en esta presente investigación. Por la motivación, por el apoyo incondicional y por compartir conocimientos que fueron parte esencial para concluir la tesis.

A cada uno de los integrantes del comité de revisor: Dr. Rodolfo Osorio Osorio, Dr. Aldenamar Cruz Hernández, Dr. Armando Gómez Vásquez, Dra Laura Mercedes Lagunes Gálvez por realizar la revisión de la tesis, por compartir conocimientos y por guiar este trabajo a buen camino.

A el Maestro Ulises López Noverola por la motivación, por el apoyo incondicional, por compartir conocimientos que fueron parte esencial para analizar las muestras. Pero sobre todo por la sincera amistad que me ha brindado.

A mis compañeros de generación: Jean Jacques Donatien, Jean Wildort Felix, Ignacio Brindis Concepción, Isaac Abraham Reyes Cruz quienes formaron parte en este arduo camino. A todos mis compañeros integrantes de la maestría en Ciencias Agroalimentarios: Felson Florvil, Elson Santo, David López Morales, entre otros por compartir momentos felices.

## DEDICATORIAS

### **A DIOS**

Por haberme permitido vivir hasta este día, guiarme a lo largo de mi vida, por permitirme sonreír ante todos mis logros que son resultados de su ayuda. Por haberme dado fortaleza para seguir adelante y terminar una escala más en mis estudios.

### **A MIS PADRES**

Ones Zidor y Maritane Janvier que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, la cual me ha ayudado a salir adelante en momentos más difíciles. Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constante; solo deseo que entiendan que el logro mío es logro suyo; que el esfuerzo está inspirado en ustedes y que el único ideal es ser una persona de provecho, excelente profesionista y como ser humano.

### **A MI ESPOSA**

Jacqueline Gabriel por formar parte importante en mi vida. Por tu amor, apoyo, comprensión, consejos, por sus palabras de aliento y sobre todo por estar siempre a mi lado en momentos buenos y momentos difíciles en esta trayectoria de la maestría. Te amo.

### **A MIS HERMANOS**

Odilus Zidor, Ing. Jonas Zidor, Occene Zidor, Chrismene Zidor, Onese Zidor, Ylene Zidor, por su apoyo incondicional y comprensión, me acompañaron en todo momento y sin ellos hubiera difícil realizar mis estudios. Mi triunfo es también suyo.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Justificación .....	3
2.1 Objetivo general .....	5
2.2 Objetivos Específicos .....	5
2.3 Hipótesis.....	5
III. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
3.1 Importancia de palma de aceite.....	6
3.2 Incorporación de leguminosas como abonos verdes al suelo. ....	6
3.3 Beneficios de la incorporación de residuos leguminosas sobre el suelo .....	7
3.4 La mineralización y su importancia.....	8
3.5 Métodos de incubación para el estudio de suelos.....	9
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
4.1 Localización geográfica del experimento .....	9
4.2 Caracterización de los suelos cultivados con palma de aceite.....	10
4.3 Obtención y procesamiento del residuo vegetativo de <i>Vigna unguiculata</i> ... ..	10
4.4 Mezcla de suelo: abono, incubación y seguimiento del experimento .....	10
4.5 Evaluación de Indicadores químicos de la fertilidad edáfica en las muestras incubadas.....	11
4.5.1 pH y conductividad eléctrica (CE).....	11
4.5.2 Materia orgánica del suelo .....	11
4.5.3 Determinación de nitrógeno .....	12
4.5.4 Determinación de fósforo.....	12
4.5.5 Determinación de cationes intercambiables (K, Ca, Mg).....	12
4.6 Análisis de datos .....	13

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
5.1 Características físicas y químicas de los suelos evaluados .....	14
5.2 Características químicas del residuo vegetativo de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) ..	15
5.3 Cambios en indicadores químicos de la fertilidad por el tratamiento con <i>Vigna unguiculata</i> en tres periodos de incubación .....	15
VI. CONCLUSIÓN.....	33
VII. LITERATURA CITADA .....	34
ANEXOS.....	45

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Características físicoquímicas de los suelos colectados en las plantaciones de palma de aceite. ....	14
<b>Cuadro 2.</b> Promedios de los parámetros del suelo colectado en Huimanguillo, Tabasco, al uso de <i>Vigna unguiculata</i> en tres fechas de muestreo. ....	45
<b>Cuadro 3.</b> Promedios de los parámetros determinados en el suelo colectado en Jalapa, Tabasco, al uso de <i>Vigna unguiculata</i> en tres fechas de muestreo. ....	46
<b>Cuadro 4.</b> Promedios de los parámetros realizados en el suelo colectado en Tacotalpa al uso de <i>Vigna unguiculata</i> en tres fechas de muestreo. ....	47
<b>Cuadro 5.</b> Resultados del ANVA para evaluar el efecto de la aplicación del residuo de <i>Vigna unguiculata</i> y del tiempo de incubación transcurrido sobre la variable pH y CE en los tres suelos colectados. ....	48
<b>Cuadro 6.</b> Resultados del ANVA para evaluar el efecto de la aplicación del residuo de <i>Vigna unguiculata</i> y del tiempo de incubación transcurrido sobre la variable MO y Nt en los tres suelos colectados. ....	49
<b>Cuadro 7.</b> Resultados del ANVA para evaluar el efecto de la aplicación del residuo de <i>Vigna unguiculata</i> y del tiempo de incubación transcurrido sobre la variable P y K en los tres suelos colectados. ....	50
<b>Cuadro 8.</b> Resultados del ANVA para evaluar el efecto de la aplicación del residuo de <i>Vigna unguiculata</i> y del tiempo de incubación transcurrido sobre la variable Ca y Mg en los tres suelos colectados. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cambios provocados en el pH por el aporte de diferentes dosis de abonos de <i>Vigna unguiculata</i> en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).....	17
<b>Figura 2.</b> Cambios provocados en la CE por el aporte de diferentes dosis de abonos de <i>Vigna unguiculata</i> en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).....	19
<b>Figura 3.</b> Cambios provocados en la MO por el aporte de diferentes dosis de abonos de <i>Vigna unguiculata</i> en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).....	21
<b>Figura 4.</b> Cambios provocados en el contenido de Nt por el aporte de diferentes dosis de abonos de <i>Vigna unguiculata</i> en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c). .....	23
<b>Figura 5.</b> Cambios provocados en el contenido de P por el aporte de diferentes dosis de abonos de <i>Vigna unguiculata</i> en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c). .....	26
<b>Figura 6.</b> Contenido de K en incubaciones de suelos tratados con aportes de diferentes dosis de abonos de <i>Vigna unguiculata</i> provenientes de plantaciones de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c). .....	28
<b>Figura 7.</b> Contenido de Ca en incubaciones de suelos tratados con aportes de diferentes dosis de abonos de <i>Vigna unguiculata</i> provenientes de plantaciones de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c). .....	30
<b>Figura 8.</b> Contenido de Mg en incubaciones de suelos tratados con aportes de diferentes dosis de abonos de <i>Vigna unguiculata</i> provenientes de plantaciones de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c). .....	32

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la incorporación del residuo vegetativo de *Vigna unguiculata* sobre los indicadores químicos de la fertilidad en muestras de suelo colectadas en plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) de tres municipios del estado de Tabasco, México, que pertenecían a los órdenes Acrisol, Fluvisol y Gleysol. En el experimento se utilizó las dosis equivalentes a 0, 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> de materia seca. Los suelos se incubaron durante 30, 60 y 90 días, entre 28 y 35 °C, y humedad de capacidad de campo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones para cada suelo y donde la unidad experimental fue un contenedor con 100 g de suelo seco. Se midió el contenido de materia orgánica del suelo (MO), pH, conductividad eléctrica (CE) y las concentraciones de nitrógeno total (Nt), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) a los 30, 60 y 90 días después de la incubación. Los resultados indicaron que la incorporación de *Vigna unguiculata*, a los suelos incubados, incrementó el contenido de MO, Nt, P, K, Ca y Mg a partir del día 30 de incubación, de igual manera se observó un incremento en el pH y CE a partir del día 30 de incubación. En las dosis equivalentes a 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> se registró el mayor incremento de los valores de las variables evaluadas, por lo que se concluye que la incorporación del residuo vegetativo de *Vigna unguiculata* fue una fuente de suministros de nutrientes a corto plazo, así como acondicionamientos favorables en los niveles de pH que, aunque son breves, significan mejoras para el abastecimiento de nutrientes en el cultivo de palma de aceite.

**Palabras claves:** Leguminosas, fertilidad química edáfica, mineralización, incubación edáfica, *Elaeis guineensis* Jacq.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of evaluating the effect of the incorporation of the vegetative residue of *Vigna unguiculata* on the chemical indicators of fertility in soil samples collected in oil palm plantations (*Elaeis guineensis* Jacq.) from three municipalities of the state from Tabasco, Mexico, who belonged to the orders Acrisol, Fluvisol and Gleysol. In the experiment, the doses equivalent to 0, 20, 30 and 40 t ha<sup>-1</sup> of dry matter were used. The soils were incubated for 30, 60 and 90 days, between 28 and 35 °C, and humidity of field capacity. A completely randomized experimental design was used, with three replications for each soil and where the experimental unit was a container with 100 g of dry soil. Soil organic matter content (MO), pH, electrical conductivity (EC), and total nitrogen (Nt), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), and magnesium (Mg) concentrations were measured at 30, 60 and 90 days after incubation. The results indicated that the incorporation of *Vigna unguiculata*, to the incubated soils, increased the content of MO, Nt, P, K, Ca and Mg from day 30 of incubation, likewise an increase in pH and EC was observed. From day 30 of incubation. In doses equivalent to 30 and 40 t ha<sup>-1</sup> recorded the greatest increase in the values of the evaluated variables, therefore it is concluded that the incorporation of the vegetative residue of *Vigna unguiculata* was a source of short-term supply of nutrients, as well which, although they are brief, mean improvements for the supply of nutrients in the oil palm crop.

**Key words:** Legumes, edaphic chemical fertility, mineralization, edaphic incubation, *Elaeis guineensis* Jacq.

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural susceptible de sufrir daños en sus características fisicoquímicas y biológicas a causa de un mal manejo agronómico, por lo que es importante adoptar técnicas y tecnologías adecuadas para su conservación. El uso de residuos vegetativos derivado de leguminosas es una práctica para recuperar o remediar suelos degradados (Martínez *et al.*, 2017), debido a la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y aportar materia orgánica al suelo (Binder, 1997), permitiendo preservar, rescatar y contribuir a la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo e incrementar la diversidad de microorganismos, de esta manera se mantiene la sostenibilidad y el incremento de la capacidad para la producción de las plantas y rendimiento de los cultivos (Prager *et al.*, 2012; Canellas *et al.*, 2004; Álvarez-Solís *et al.*, 2016).

Existe evidencia de cultivos como Canavalia (*Canavalia ensiformis*), mucuna (*Mucuna pruriens*), Cacahuatillo (*Arachis pintoï*), ibes (*Phaseolus lunatus*), frijol pelón (*Vigna unguiculata*) y frijol milpero (*Phaseolus vulgaris*) que se han utilizado para recuperaciones de suelo degradados donde se ha observado cambios benéficos en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo. Sin embargo, la eficiencia de estos abonos se muestra a partir de dos años a campo abierto (Altamirano y Garcia, 2007; Castillo-Caamal y Caamal-Maldonado, 2010), otros investigadores utilizando técnicas de simulación, de las reacciones químicas, físicas y biológicas en el suelo, han encontrado efectos benéficos a partir de la segunda semana de incubación (Masunga *et al.*, 2016), de igual manera a los 60 días (Abbasi *et al.*, 2014), esto demuestra que el uso de esta técnica ayuda a demostrar mejoras fisicoquímicas y biológicas en diversos suelos en corto tiempo.

Al respecto, Shindoi *et al.* (2012) mencionaron que la incorporación del frijol pelón (*Vigna unguiculata*) por su alto vigor de crecimiento y capacidad de adaptación en varios tipos de suelo se considera una alternativa para mejorar suelos cultivados con palma de aceite. El uso de abonos verdes de leguminosas disminuye el deterioro y la pérdida de fertilidad en suelos cultivados, que se refleja en incrementos del rendimiento de los cultivos (Rubido *et al.*, 2014), además de

fijar nitrógeno atmosférico, aportar materia orgánica al suelo (Schutter, 2000). Al respecto, Shindoi *et al.* (2012) mencionaron que la incorporación de *Vigna unguiculata* se considera una alternativa para mejorar al suelo y nutrir el cultivo a través de la liberación de nutrientes. Dichos aportes se consideran una práctica sustentable debido a los beneficios que tiene sobre el suelo y la nutrición del cultivo (Ruiz y Molina, 2014).

Diversas investigaciones han documentado los beneficios que aportan los abonos verdes al suelo, tales como la recuperación de la fertilidad al incrementar la disponibilidad del fósforo, elevar el pH, así como evitar enfermedades provocadas por agentes patógenos de los cultivos (Alves *et al.*, 2003; Pedroza y Samaniego, 2003). Aunque la incorporación de abonos no es una práctica general, se pretende que con esta práctica disminuya el uso de agroquímicos, y con ello reducir los costos de producción (Ellis y Freeman, 2004; Lemaire *et al.*, 2013).

## 1.1 Justificación

La producción de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) es una de las más relevantes para la economía del estado de Tabasco (SIAP, 2017), este cultivo se desarrolla en suelos fértiles con buen suministro de humedad (Comte *et al.*, 2012; Basiron, 2007). De acuerdo con Goh (2005), los suelos no suministran suficientes nutrientes para satisfacer la demanda de la planta, por lo que se requiere la aplicación de N, P, K y Mg como fertilizante. El suelo presenta algunos factores limitantes en sus propiedades, por lo que las interacciones bióticas pueden evitar que las plantas se adapten y absorban los nutrientes suficientes para realizar sus funciones (Bullock *et al.*, 2000). Debido a lo anterior se exige a los productores que apliquen buenas prácticas agrícolas que contribuyan a incrementar la economía sin afectar al ambiente.

El uso de coberteras leguminosas en suelos cultivados con palma africana es una práctica implementada para mejorar suelos con problemas de estructura, dicha cobertera se debe establecer al inicio de la plantación (Giller y Fairhurst, 2012; Broughton *et al.*, 1977), las leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, aportar materia orgánica y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Álvarez-Solís *et al.*, 2010; Borges *et al.*, 2011). La incorporación de leguminosas como abonos orgánicos minimiza el efecto de la erosión y mantiene la fertilidad del suelo. Estas prácticas son amigables con el medio ambiente, y podrían reducir el uso de fertilizantes minerales (Tan *et al.*, 2009). Sin embargo, la velocidad de descomposición y suministro de nutrientes al suelo a partir de los abonos depende de factores como humedad, textura, temperatura, poblaciones microbianas, cantidad y calidad de la biomasa vegetal, contenidos nutrimentales, así como la mineralogía del suelo (Silva *et al.*, 2008).

En este sentido, la incubación de suelos es una técnica de simulación de las reacciones químicas, físicas y biológicas que ocurren en el suelo, lo que permite estudiar la evolución de un elemento a través del tiempo (Bonomelli *et al.*, 2003). Al respecto, Curtin y Campbell (2008) indican que el uso de incubaciones de suelo bajo condiciones controladas permite determinar y acelerar los cambios

provocados por la descomposición de los abonos y evaluar sus efectos en periodos de tiempo relativamente más cortos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la incorporación del residuo vegetativo de *Vigna unguiculata* sobre los indicadores químicos de la fertilidad en muestras de suelos provenientes de plantaciones de palma de aceite, bajo condiciones controladas de laboratorio.

### 2.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar el suministro de macronutrientes a partir del aporte de *Vigna unguiculata* como abono a tres suelos cultivados con palma de aceite por técnicas de incubación.
- b. Evaluar el contenido de materia orgánica edáfica a través del aporte de abono de *Vigna unguiculata* a tres suelos cultivados con palma de aceite.
- c. Determinar los cambios en el pH y conductividad eléctrica provocados por el aporte de abono de *Vigna unguiculata* a tres suelos cultivados con palma de aceite, bajo condiciones controladas de incubación.

### 2.3 Hipótesis

La incorporación de abono de *Vigna unguiculata* muestra cambios en indicadores químicos de la fertilidad edáfica en muestras provenientes de plantaciones cultivadas con palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.).

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Importancia de palma de aceite.

La palma de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es un cultivo de gran importancia económica a nivel mundial, ya que genera empleos (Basiron 2007). En el año 2007 se establecieron en México 101,700 ha, de las cuales 21,047 ha se encuentran en nueve municipios de Tabasco (SIAP, 2017). A partir de esta oleaginosa, se deriva una diversidad de productos, entre los que destacan el aceite de palma, aceite de palmiste, torta de palmiste, biomasa, biocombustibles, glicerol, entre otros (Sierra-Márquez *et al.*, 2017). A menudo la palma de aceite se considera como un cultivo industrial, sin embargo, en muchas áreas, el cultivo representa una fuente de ingreso para pequeños productores (Feintrenie *et al.*, 2010). De acuerdo con Morcillo *et al.* (2013), a nivel mundial, tres millones de pequeños productores viven de la palma aceitera, los cuales aportan alrededor del 30 % de la producción de aceite de palma.

#### 3.2 Incorporación de leguminosas como abonos verdes al suelo.

El uso de coberteras leguminosas genera grandes beneficios al suelo, ya sea al mantenerlas en la superficie o al incorporarlas, conservan la fauna benéfica, reducen la entrada de insumos externos y mejoran las propiedades edáficas (Clark, 2007; Bustamante y Campos, 2004). Beltrán-Morales (2006) menciona que las coberteras permiten proteger, recuperar, aportar y mejorar las condiciones biológicas, físicas y nutricionales del suelo, minimizan su deterioro y restituyen la fertilidad perdida, lo que repercute en el aumento de los rendimientos agrícolas. El uso de leguminosas intercaladas con los cultivos forma parte de un sistema que brindan beneficios agronómicos y ambientales (Flores-Sánchez *et al.*, 2013). Desde hace varias décadas se utilizan diversas leguminosas en áreas agrícolas con múltiples objetivos, ya sean asociadas con los cultivos, como coberteras o en monocultivo (Douxchamps *et al.*, 2014), así como coberteras y abonos verdes (Beltran-Morales *et al.*, 2009), ya que presentan crecimiento rápido, alta producción de biomasa verde, y son capaces de fijar nitrógeno atmosférico (Alfonso-Linares y Monedero-García, 2004).

### 3.3 Beneficios de la incorporación de residuos leguminosas sobre el suelo

El uso de leguminosas como coberteras o abonos verdes juegan un papel importante como mejoradores de la estructura del suelo (Sanchol y Cervantes, 1997), por lo que se reduce la compactación del suelo, mejora la estabilidad estructural y mejora la porosidad (Karlen *et al.*, 1990); su incorporación contribuye a aumentar la disponibilidad de algunos nutrientes y la fertilidad (Stern, 1993). En sistemas de producción intercalados favorece la sanidad y la nutrición del cultivo asociado (Ruiz y Molina, 2014), además de mejorar la capacidad de captación, disponibilidad y eficiencia del agua por parte de los cultivos (Drury *et al.*, 1999), lo que repercute en una mejor y mayor productividad en los cultivos (Lyon *et al.*, 1997), además de que es una fuente de nutrientes y energía que necesita la micro fauna responsable de la mineralización para su crecimiento y metabolismo (Alarcón y Ferrera, 2001).

El aporte de enmiendas orgánicas es una fuente materia orgánica (MO), al ser degradados por los organismos, liberando nutrientes a través del proceso de mineralización, los cuales son requeridos para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Diacono y Montemurro, 2010), mientras que la síntesis de los compuestos más resistentes de la materia orgánica, dan paso a la formación del humus a través del proceso denominado humificación. De acuerdo con Jha (2014), una manera de evaluar la calidad del suelo es a través de la medición de carbono orgánico del suelo (COS), el cual, a través de procesos de transformación biológica entra en contacto con la fracción mineral del suelo como un mecanismo de protección ante la descomposición y agotamiento. El carbono orgánico del suelo es afectado por el tipo y cantidad de arcilla, el clima y la actividad de los microorganismos, por lo que suelos con mayor contenido de arcilla promueven un mayor almacenamiento de MO (Matus *et al.*, 2016). Por su parte, la precipitación y temperatura determinan la acumulación de MO debido a que una combinación de ambos factores promueve la producción de biomasa, la cual es reciclada e incorporada al suelo, favoreciendo el incremento del COS (Velásquez *et al.*, 2002). Pepper y Gerba (2006), resaltan también la importancia de los microorganismos como los encargados del reciclaje y descomposición de los restos orgánicos, ya

que dichos organismos utilizan los residuos como alimento o sustrato microbiano, es por ello que Schulten y Schnitzer (1998), definieron a la MO como un almacén y proveedor de nutrientes para los cultivos, debido a que mejora las propiedades físicas, propiedades químicas y biológicas de los suelos (Diacono y Montemurro, 2010), además de que favorece el crecimiento y la actividad microbiana del suelo, conduciendo a una eficiente mineralización de nutrientes del cultivo (Tejada *et al.*, 2009).

La aplicación de abonos verdes al suelo aumenta la MO, la cual, al descomponerse a través de procesos biológicos, liberan iones  $H^+$  que acidifican el pH (Ribeiro *et al.*, 2013). De acuerdo con Melero *et al.* (2007) el uso de leguminosa como abono verde constituye un suministro de MO, por lo que se ha convertido en una práctica común para regenerar y potenciar la fertilidad en áreas degradadas.

### **3.4 La mineralización y su importancia**

La mineralización edáfica es el proceso de conversión de elementos orgánicos en inorgánicos, el cual se lleva a cabo por microorganismos heterótrofos, que utilizan dichos compuestos orgánicos como fuentes de energía (Benbi y Richter, 2002). Según Gao *et al.* (2014), la tasa de mineralización se relaciona con propiedades edáficas como pH, temperatura y salinidad. Por su parte, Kristensen *et al.* (2000) señalan que el oxígeno es un factor limitante para la mineralización, por lo que, en la superficie del suelo, la descomposición aeróbica de los compuestos orgánicos es más rápida, al presentarse una mayor velocidad de difusión del oxígeno. En condiciones naturales la tasa de mineralización es sensible a la temperatura (Schütta *et al.*, 2014). De acuerdo con Menezes (2009), la importancia de la mineralización radica en que el 78 % de nitrógeno está en la atmósfera, y el 98 % de nitrógeno presente en el suelo no es aprovechable para las plantas, por lo que, a través del proceso antes mencionado, ocurre una transformación del nitrógeno en amoníaco ( $NH_4^+$ ) y nitrato ( $NO_3^-$ ), los cuales son aprovechados como nutrientes por las plantas. Este proceso requiere una acción sucesiva que inicia por el fraccionamiento realizado por la fauna y microorganismos descomponedores.

(Osler y Sommerkorn, 2007), donde el clima juega un rol muy importante, debido a que el inicio de la descomposición es la fragmentación, la cual puede ser abiótica o biótica, por lo que la fragmentación y mineralización en ambientes mésicos ocurre de manera simultánea, mientras que en ecosistemas desérticos puede estar separada temporal y espacialmente, asimismo, el viento, agua, calor y luz pueden interactuar con la descomposición de los compuestos de las plantas (Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011).

### **3.5 Métodos de incubación para el estudio de suelos**

La incubación es una metodología que permite a determinar cambios en las fracciones de nutrientes y en las propiedades edáficas, en cortos periodos de tiempo y en ambientes controlados. Según Curtin y Campbell (2008), esta metodología permite determinar la fracción del N del suelo que es susceptible de ser transformada a formas minerales, además que permite conocer la tasa de mineralización de los elementos del suelo (Cabrera, 1993). Este procedimiento subestima las cantidades de elementos mineralizados por los ciclos de re humedecimiento y secado al que se expone al suelo en condiciones naturales, y permite establecer los flujos de mineralización de elementos luego del rehidratado del suelo seco (Birch, 1958). Consiste en mezclar una cantidad de material con una masa constante de suelo, la mezcla suelo: residuo se lleva a una capacidad de campo o a un valor dado de energía, tomado de una curva de tensión de humedad, algunas veces, los recipientes se cubren con material plástico para evitar la pérdida de humedad o se le adiciona periódicamente el agua que pierde. Bajo estas condiciones la actividad microbiana y reacciones se aceleran, con respecto a condiciones de campo, por lo que el periodo de incubación puede ir desde una semana hasta varios meses (Zapata, 2004).

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Localización geográfica del experimento**

El experimento se realizó en el laboratorio de Suelos y Plantas (LSP) del Centro de Investigación de Ciencias Agropecuarias (CICA) de la División

Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) ubicado en la carretera Villahermosa-Teapa Km. 25, de la ranchería La Huasteca, municipio de Centro, Tabasco, México; a 17° 46' 56" de LN y 92° 57' 28" LO, a una altitud de 21 msnm.

#### **4.2 Caracterización de los suelos cultivados con palma de aceite**

Los suelos seleccionados son de uso agrícola y pertenecen al orden Acrisol, Fluvisol y Gleysol. El primero corresponde al muestreo realizado en el municipio de Huimanguillo, el segundo corresponde al muestreo realizado en el municipio de Jalapa y el tercero corresponde al muestreo realizado en el municipio de Tacotalpa. La clasificación se realizó de acuerdo al sistema de la base referencial mundial del recurso suelo (WRB por sus siglas en inglés) (IUSS Working Group WRB, 2015). Se tomaron muestras de cada suelo (0-30 cm) y se les realizó un análisis de laboratorio para determinar densidad aparente (DA), capacidad de campo (CC), materia orgánica (MO), bases intercambiables (Ca, Mg, K), fósforo (P), nitrógeno total (Nt), pH y conductividad eléctrica (CE), siguiendo los protocolos aceptados por la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000). En cada plantación se obtuvieron 60 kg de suelo, a partir de una muestra compuesta por 10 submuestras, dichos suelos se secaron, se molieron y tamizaron con malla del número 20.

#### **4.3 Obtención y procesamiento del residuo vegetativo de *Vigna unguiculata***

Se cosechó la biomasa de plantas completas de *Vigna unguiculata* a los 90 días después de la siembra. La biomasa en fresco se condujo al LSP del CICA, donde se secó a 65 °C durante 72 horas, para posteriormente ser triturada a un tamaño de partícula similar al que provoca una incorporación mecánica bajo condiciones de campo (fracciones menores a 1 cm).

#### **4.4 Mezcla de suelo: abono, incubación y seguimiento del experimento**

Las incubaciones de muestras de suelos se prepararon siguiendo la metodología propuesta por Masunga *et al.* (2016), la cual consiste en mezclar 100 g de suelo con el material vegetativo, en este caso, de residuos de *Vigna unguiculata* en dosis equivalentes a 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> de materia seca (MS). Para

ello se calculó la densidad aparente superficial de los suelos involucrados y se mezclaron con la biomasa seca del residuo. En el suelo de Jalapa, las dosis antes mencionadas se consiguieron al mezclar los 100 g de suelo con 0.66, 0.99 y 1.30 g de MS, en el suelo de Tacotalpa con 0.65, 0.98 y 1.30 g de MS, y en el suelo de Huimanguillo con 0.63, 0.95, 1.26 g; en todos los suelos se incluyó un testigo sin aportaciones de MS. Los recipientes que contenían la mezcla suelo: residuo, se pesaron, se humedecieron a capacidad de campo (CC) y se monitoreó la temperatura ambiental para intervenir en caso de que esta se saliera del rango entre 28-35 °C, tal como lo establece la metodología. Como parte del seguimiento y manejo del experimento, cada dos días se pesaron las muestras para reponer la cantidad de agua evaporada y mantener las muestras a CC durante los 90 días de incubación.

#### **4.5 Evaluación de Indicadores químicos de la fertilidad edáfica en las muestras incubadas**

A los 30, 60 y 90 días de iniciadas las incubaciones se analizaron lotes de muestras para determinar los indicadores: pH, CE, MO, N, P, K, Ca y Mg.

##### **4.5.1 pH y conductividad eléctrica (CE)**

Para determinar el pH y conductividad eléctrica de las muestras, se pesaron 10 g de suelo y se añadieron 20 mL de agua destilada, dicha suspensión se mantuvo en agitación durante 5 minutos y se dejó en reposo por una hora, transcurrido ese tiempo se procedió a tomar las lecturas correspondientes a través de un potenciómetro. A la mezcla suelo: agua se le agregaron 30 mL de agua, se dejó reposar por 24 horas y se procedió a tomar la lectura de la CE mediante un conductímetro.

##### **4.5.2 Materia orgánica del suelo**

La materia orgánica se determinó con el método de Walkley y Black, que contempla pesar 0.50 g de suelo y colocarlo en un matraz de Erlenmeyer de 500 mL. Se añadió 10 mL de dicromato de potasio 1 N y se agitó. Posteriormente se

añadió 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, se agitó durante 1 minuto. Se dejó reposar 20 minutos, y se añadió 200 mL de agua. Se agregaron 10 mL de ácido fosfórico y 20 gotas de indicador de difenilamina. Se tituló con sulfato de hierro 0.5 N.

#### **4.5.3 Determinación de nitrógeno**

La determinación de N se realizó por el método semimicro-Kjeldahl, se colocó una muestra de suelo de 1 g previamente tamizada en malla de N°. 20, se adicionó 1.1 g de mezcla catalizadora, se añadió 4 mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado, se calentó hasta que el digestado se tornó de color claro a 260 °C, se dejó enfriar los tubos y se agregó 4 mL de agua para colocar en suspensión mediante agitación del digestado. Se dejó decantar las partículas de sílice y se evitó la precipitación de sulfato de amonio. Para destilar se transfirió el contenido líquido a la cámara de destilación. Se colocó un matraz Erlenmeyer de 125 mL con 10 mL de solución de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) en el tubo de salida del aparato de digestión. Se adicionó cuidadosamente 10 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 10 N. Se conectó el flujo de vapor y se inició la destilación, aproximadamente 50 mL, y se procedió a realizar la titulación con ácido ferroso.

#### **4.5.4 Determinación de fósforo**

La determinación de fósforo se realizó con el método de Olsen modificado, se pesaron 2.50 g de suelo, se colocaron en tubos de polipropileno de 100 mL, se agregó 50 mL de bicarbonato de sodio ( $NaHCO_3$ ), se agitó por 30 minutos a 180 opm, se centrifugó durante 10 minutos, se filtró con carbón activado en un matraz Erlenmeyer sobre papel Whatman N° 42. Se tomó 5 mL de la solución filtrada con una pipeta volumétrica y se colocó en un matraz aforado de 50 mL, se adicionó agua y 5 mL de solución reductora y se aforó. Se procedió a leer la absorbancia después de 30 minutos a 882 nm.

#### **4.5.5 Determinación de cationes intercambiables (K, Ca, Mg)**

Los cationes intercambiables se determinaron por el método de espectrofotometría de absorción atómica. Se pesó 5 g de suelo en un tubo de

polipropileno de 100 mL, se agregó 33 mL de acetato de amonio ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 1 N, se agitó durante 10 minutos a 180 rpm, y se centrifugó durante 10 minutos, se filtró sobre papel Whatman N°. 42, en matraz aforado de 100 mL. Se repitió el proceso dos veces más. Se enrasó a 100 mL de  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  y se procedió a hacer una dilución de 1:25 para determinar los cationes intercambiables.

#### **4.6 Análisis de datos**

Los datos fueron agrupados por localidad, los resultados obtenidos de cada suelo con los tratamientos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías y las medias fueron separadas por la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), bajo un diseño completamente al azar, los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS (SAS, 2009).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Características físicas y químicas de los suelos evaluados

Los resultados de los análisis efectuados a los suelos del estudio se presentan en el Cuadro 1. En general, la clasificación textural de los suelos colectados en Huimanguillo, Jalapa y Tacotalpa fue areno franca, franca y franco arenoso respectivamente, mientras que la acidez fue moderadamente ácido, neutro y moderadamente ácido respectivamente.

**Cuadro 1.** Características físicoquímicas de los suelos colectados en las plantaciones de palma de aceite.

Variable	Unidad	Municipios de colecta		
		Huimanguillo	Jalapa	Tacotalpa
		Acrisol	Fluvisol	Gleysol
Arena		85	31	62
Limo	(%)	15	47	28
Arcilla		0	22	10
Da	g cm <sup>-3</sup>	1.06	1.01	1.02
CC	(%)	41.56	41.64	41.37
pH		5.0	7.1	6.1
CE	μS m <sup>-1</sup>	38	235	98
CO		4.65	1.97	1.91
MO	(%)	8.01	3.40	3.29
Nt		0.24	0.27	0.21
P	mg kg <sup>-1</sup>	3.8	4.1	3.4
Ca		1.24	51.30	15.37
Mg	cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup>	0.12	3.15	4.75
K		0.13	0.61	0.22

Da= Densidad aparente, CC= Capacidad de campo, pH= potencial de hidrógeno, CE= conductividad eléctrica, CO= carbono orgánico, MO= materia orgánica, Nt= nitrógeno total, P= fósforo, Ca= calcio, Mg= magnesio, K= potasio.

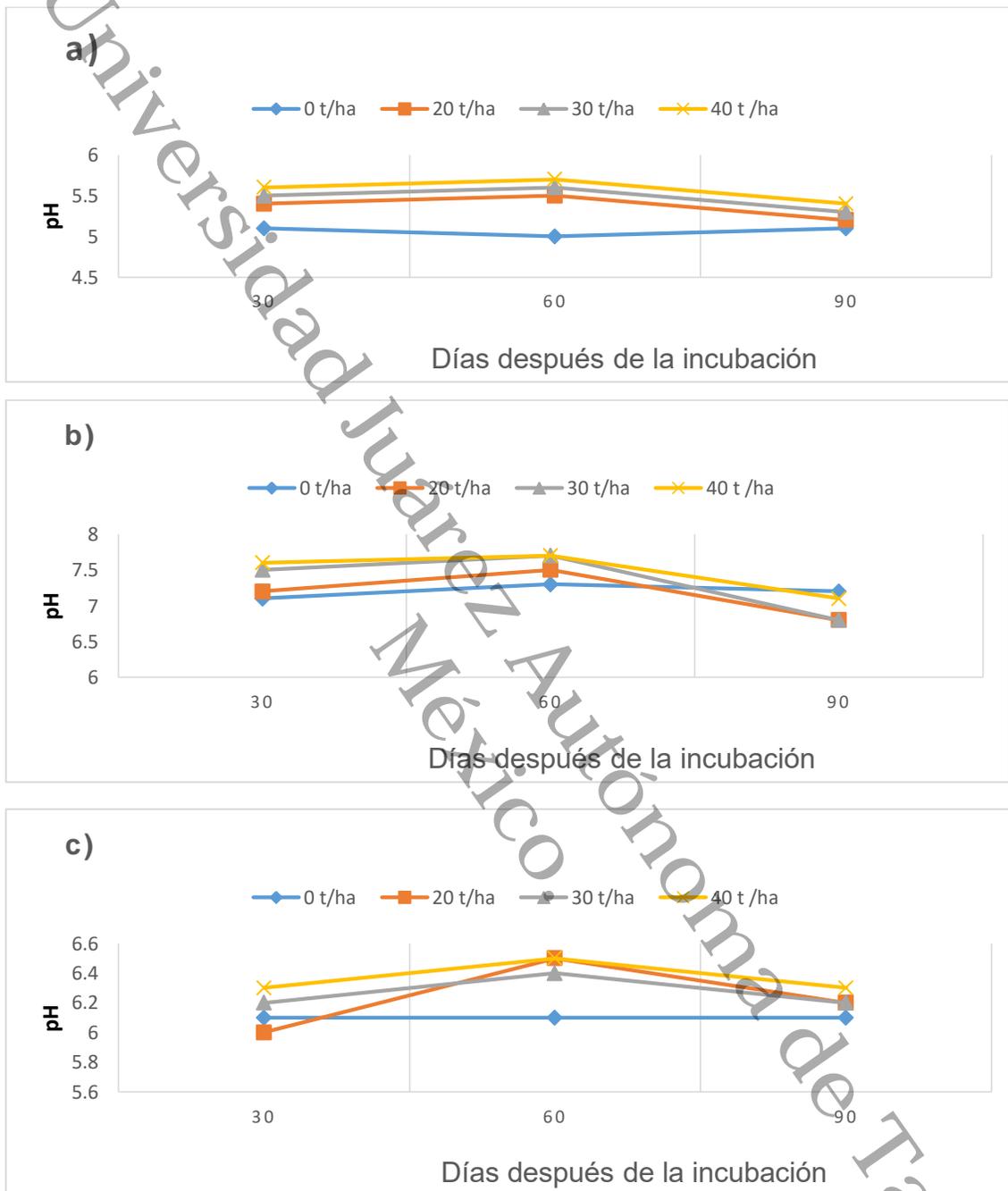
## 5.2 Características químicas del residuo vegetativo de *Vigna unguiculata* (L.)

El residuo presentó un contenido de N total de 2.88 %, de 5.14 mg kg<sup>-1</sup> de P y de 61.91, 45.59, 13.02 y de 0.30 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> de K, Ca, Mg y Na respectivamente.

## 5.3 Cambios en indicadores químicos de la fertilidad por el tratamiento con *Vigna unguiculata* en tres periodos de incubación

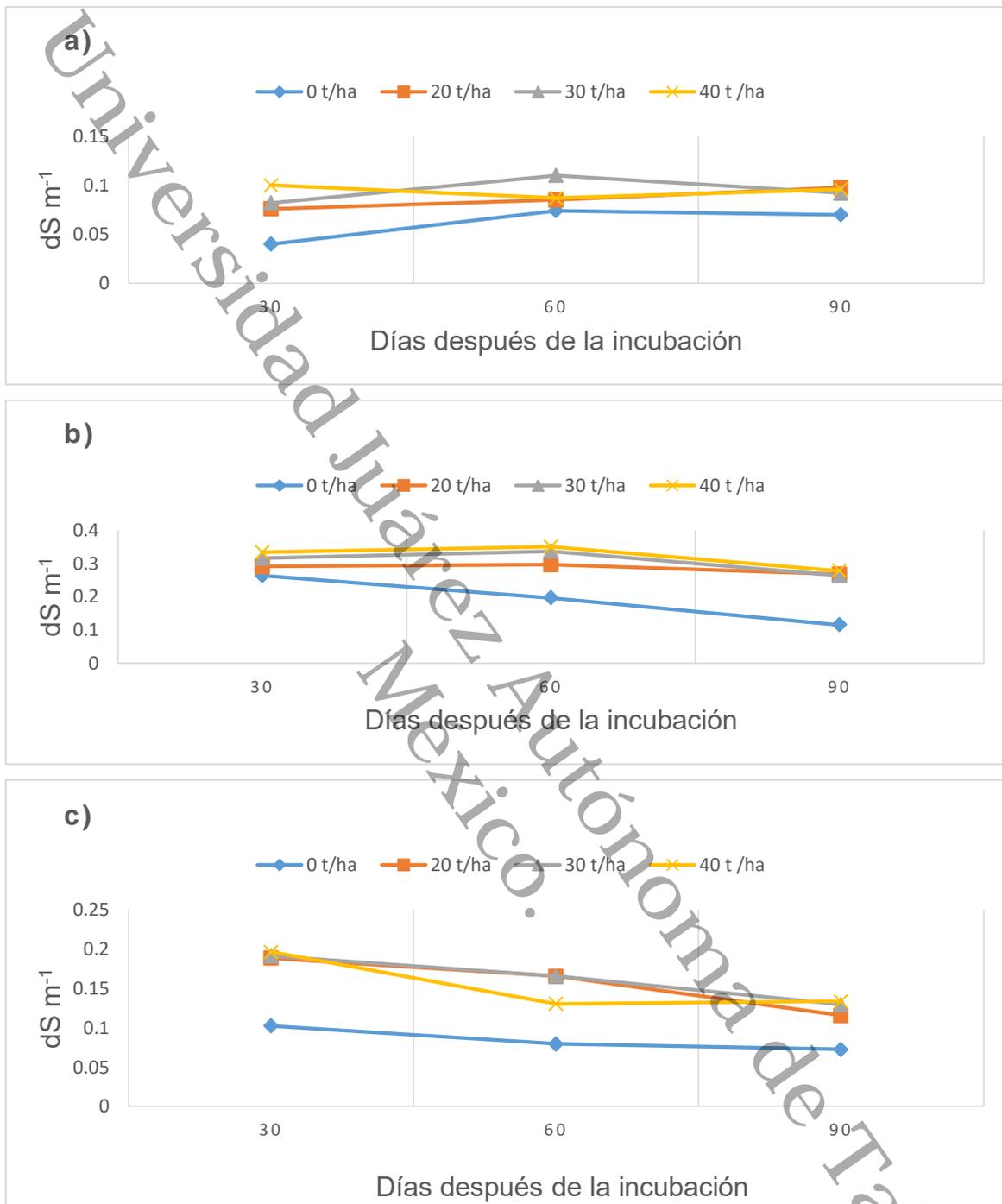
A los 30 días de incubación (DI) el pH del suelo colectado en Huimanguillo se incrementó (Cuadro 2), la aplicación 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> presentaron diferencias significativas (Cuadro 5) con respecto a la menor dosis de 20 t ha<sup>-1</sup> y al testigo (Figura 1). A los 60 DI solo la aplicación 40 t ha<sup>-1</sup> fue diferente estadísticamente con respecto a los demás tratamientos. A los 90 días de incubación, aunque fue menor la variación del pH, las aplicaciones de 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> se mantuvieron diferentes estadísticamente con respecto a los tratamientos de 0 y 20 t ha<sup>-1</sup>. El incremento de 0.7 unidades de pH con la aplicación de 40 t ha<sup>-1</sup> repercute significativamente en una mayor disponibilidad nutrimental y una mayor mineralización de la MO. Los mejores resultados se observaron a los 60 días de incubación, dichos resultados son congruentes con los presentados por Ochoa-Estrada *et al.* (2009), quienes reportaron un incremento de 0.6 unidades de pH a los 80 días de incorporación, utilizando como fuentes orgánicas residuos de verduras y frutas en un Typic Ustifluents a campo abierto. Al respecto, Novak *et al.* (2009) indican que los residuos de leguminosas tienen la capacidad de reducir la acidez intercambiable debido a que durante su degradación liberan bases que le dan un carácter alcalino al suelo, por lo que, sus incorporaciones pueden disminuir la toxicidad potencial que el aluminio causa a las plantas en suelos ácidos. El comportamiento del pH en el suelo de Jalapa presentó un comportamiento similar, aunque en este caso el cambio más importante se registró a tan solo 30 días de incubación, aumentando 0.5 unidades de pH. Estos resultados se respaldan con los reportes de Paul *et al.* (2001), Xu y Coventry, (2003) quienes señalan que, al incorporar un material orgánico al suelo, el pH puede cambiar en el corto plazo, aunque dicho efecto puede ser breve, ya que al

liberarse el CO<sub>2</sub> como resultado de la mineralización, ocurre una acidificación que tiende a estabilizar el pH rápidamente, sin embargo este breve incremento del pH puede significar una mayor mineralización de la MO y con ello una mayor disponibilidad nutrimental, así lo menciona Nascimento *et al.* (2003) quienes observaron un incremento de 0.5 unidad de pH al incorporar abonos de *Cajanus cajan* a un Luvisol, aunque bajo condiciones de campo esta variación solo se observó después de transcurrir 31 meses del aporte de la enmienda. En el suelo de Tacotalpa esta variable presenta la misma tendencia, aunque en este caso el incremento en el pH es de 0.4 a los 60 días de incubación. Según Pocknee y Sumner (1997), el incremento de pH después de aportar abonos orgánicos obedece a la liberación y mineralización de bases intercambiables contenidas en dichos abonos orgánicos, así como por el contenido inicial del nitrógeno total. Al respecto, Wong *et al.* (2000) señalan que, durante la incubación de un suelo, uno de los factores que influyen en los cambios de pH es el contenido total de bases que contienen los residuos orgánicos, algo que también mencionaron Nascimento *et al.* (2003), aunque bajo condiciones de campo el aumento de 0.4 unidades solo se percibe hasta los 31 meses de incorporar leguminosas como *Mucuna pruriens* a un suelo Luvisols.



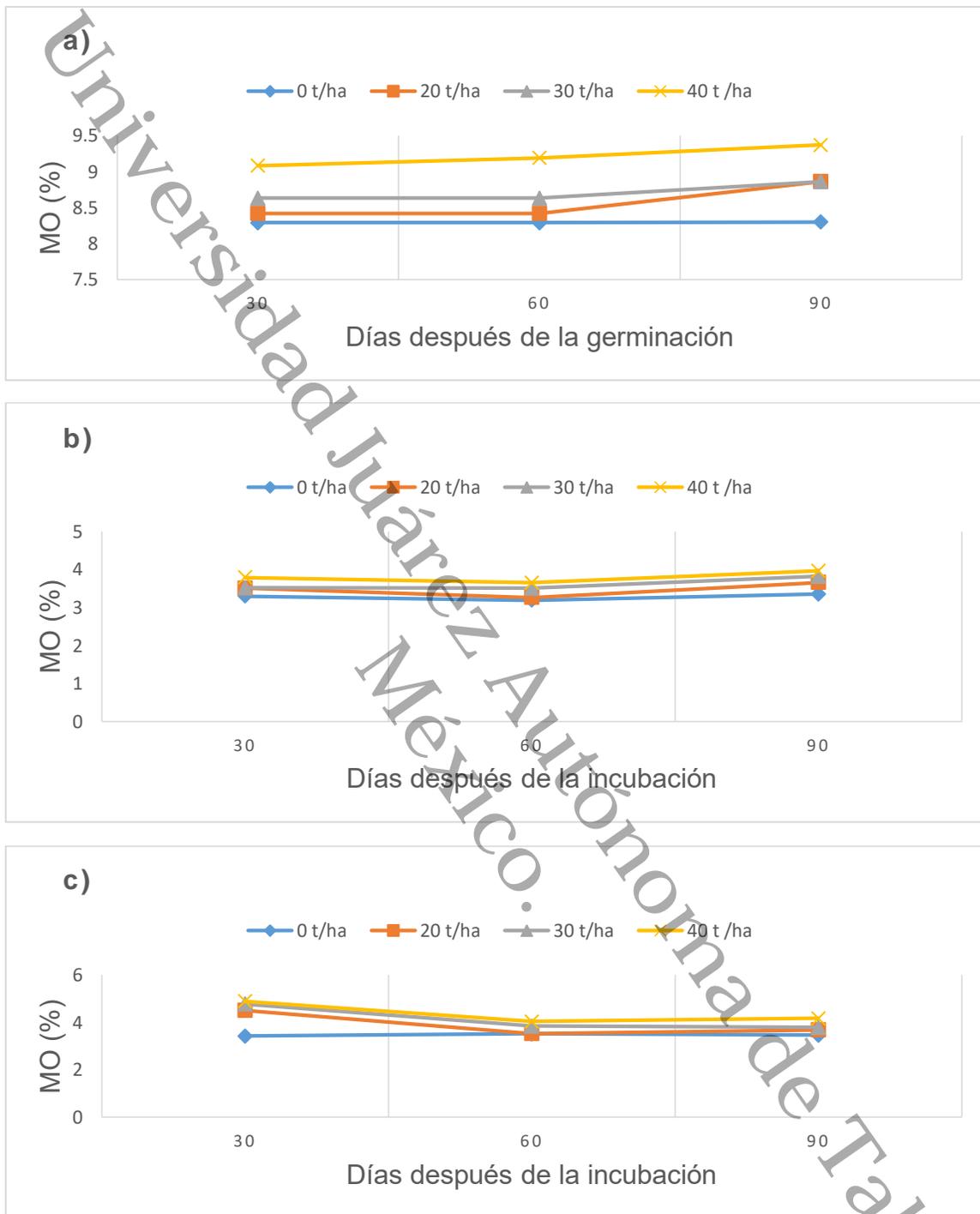
**Figura 1.** Cambios provocados en el pH por el aporte de diferentes dosis de abonos de *Vigna unguiculata* en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).

Los cambios en la CE se observan a los 30 días después de la incubación de las muestras, en el suelo de Huimanguillo, la aplicación 40 t ha<sup>-1</sup> presentó diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, a los 60 días, ninguno de los tratamientos presentó diferencias significativas, una situación que se prolonga hasta los 90 días de incubación, en donde al igual que en el caso anterior, todos los tratamientos son estadísticamente iguales, una evidencia que la descomposición de los abonos provoca un efecto claro pero muy breve sobre el incremento de la CE. Al respecto, los resultados hallados por Simón *et al.* (2013), señalan que el cambio de la CE del suelo se debe al aumento del contenido de MO, los cuales al descomponerse liberan sales minerales que se suman a las concentraciones iniciales de la solución del suelo. Como se puede observar en la Figura 2, el mayor incremento de la CE se registró a los 30 días después de la incubación, aunque con un aumento marginal de apenas 0.060 dS m<sup>-1</sup>, dicho resultado es similar a lo reportado por Sarwar (2008), quien logró aumentar 0.050 dS m<sup>-1</sup> al aportar residuos agrícolas en campos cultivados con arroz en tan solo 150 días la aplicación. En el suelo de Jalapa los cambios fueron similares, el incremento en la CE fue de 0.153 dS m<sup>-1</sup> a los 60 días de incubación. Según Al-Busaidi *et al.* (2014), cuando se aplican periódicamente enmiendas orgánicas al suelo, la CE se incrementa debido a las sales que contienen los abonos y que se liberan durante su mineralización. En el suelo de Tacotalpa, el incremento en la CE fue de 0.061 dS m<sup>-1</sup> a los 90 días de incubación, resultados que son similares a los que presentaron Fontalvo y Andrade (2018), quienes observaron incrementos de 0.074 d Sm<sup>-1</sup> a los 90 días después de incorporar enmiendas orgánicas a un suelo Inceptisols bajo condiciones de campo.



**Figura 2.** Cambios provocados en la CE por el aporte de diferentes dosis de abonos de *Vigna unguiculata* en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).

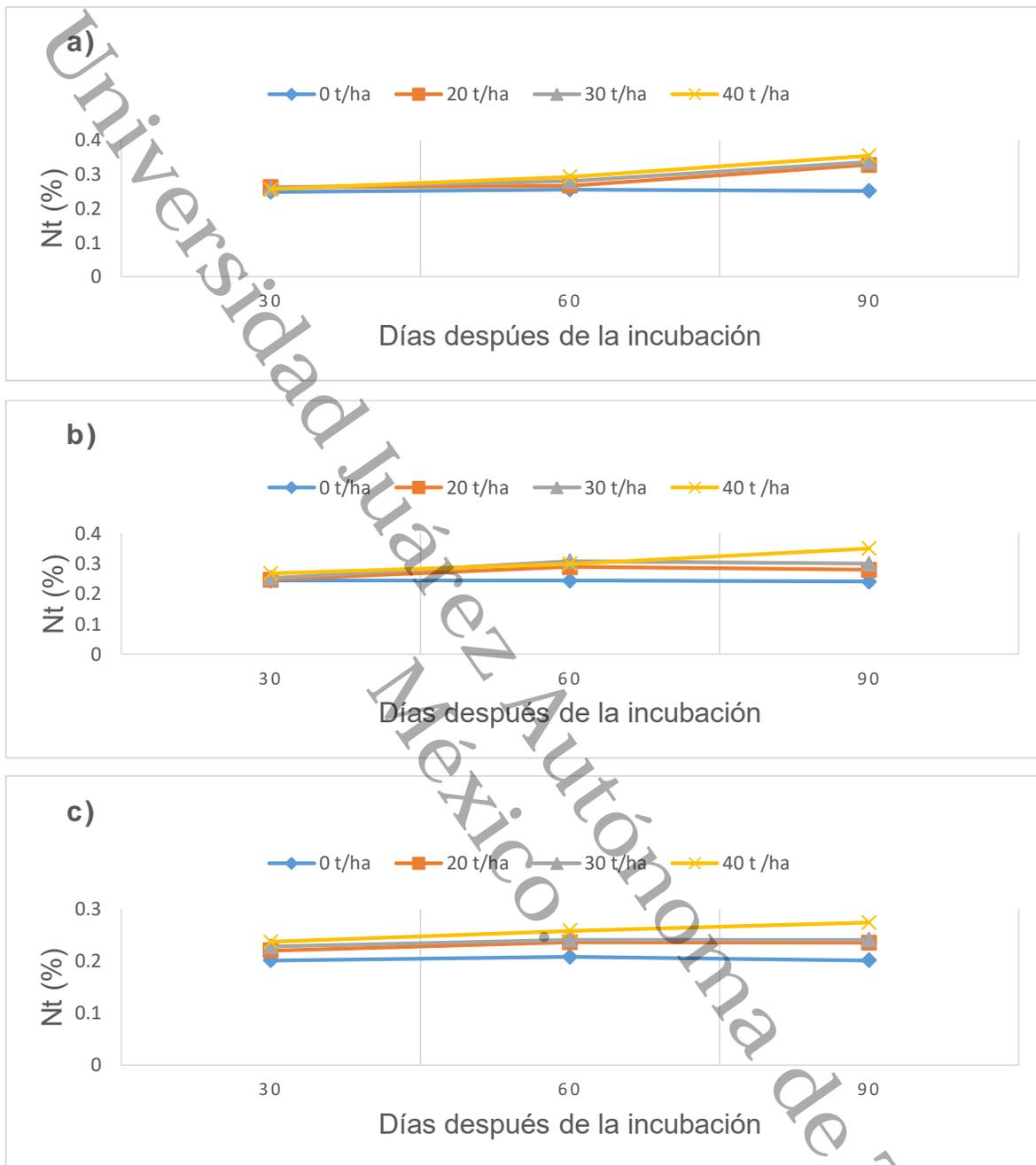
La MO fue otra de las variables que sufrieron modificaciones por el aporte de la enmienda. A los 90 días de incubación, en el suelo de Huimanguillo, los tratamientos de 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> registraron un mayor contenido de MO con respecto a los tratamientos de 0 y 20 t ha<sup>-1</sup>, aunque la aplicación 20 t ha<sup>-1</sup> fue diferente significativamente con respecto al testigo (Figura 3). Esos resultados concuerdan a los presentados por Clark *et al.* (2007), según ellos, la descomposición de las enmiendas orgánicas es afectada por la textura y el pH de suelo, ya que, en un ambiente edáfico, la actividad microbiana se ve disminuida. Al respecto, Zwart *et al.* (2005), reportaron aumentos en la MO, por la aplicación de residuos de tres leguminosas incorporadas como cobertura durante 8 años de muestreo. Por su parte, Sarwar (2008) logró aumentos de 0.69 y 1.32 % a los 249 días de la incorporación de residuos agrícolas en los suelos cultivados con trigo bajo condiciones de campo abierto. En el suelo de Jalapa, los cambios se registraron a partir de 30 días de incubación, debido a que las condiciones de textura y acidez fueron las más favorables, tal como lo señalan Clark *et al.* (2007), quienes documentaron que la descomposición de las enmiendas orgánicas depende entre otros factores, de la textura y el pH del suelo. Otra investigación que hace referencia a los aumentos de la MO por los aportes de abonos orgánicos fue publicada por Zwart *et al.* (2005), ellos detectaron diferencias significativas en la MO por el aporte de residuos de *Flemingia macrophylla* y *Desmodium ovalifolium*. En el suelo de Tacotalpa el incremento de la MO fue de 0.61 %.



**Figura 3.** Cambios provocados en la MO por el aporte de diferentes dosis de abonos de *Vigna unguiculata* en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).

El contenido de N por efecto del aporte del residuo de *Vigna unguiculata* varió según el tipo de suelo (Cuadro 2, Cuadro 3, Cuadro 4), en caso del suelo de Huimanguillo, los tratamientos no provocaron incrementos a los 30 días, en tanto que a los 60 días de incubación la aplicación de 40 t ha<sup>-1</sup> presentó diferencias significativas (Cuadro 6) con respecto al resto de los tratamientos (Figura 4); a los 90 días incubación los tratamientos que recibieron alguna cantidad de MS fueron diferentes estadísticamente con respecto al testigo. Según Delin y Lindén (2002) la textura y pH del suelo influyen la degradación de la MO, lo que genera una mayor liberación de N, por lo que, en suelos ácidos, la descomposición de la MO y la mineralización de N es lenta (Monsalve *et al.*, 2017). Es por ello que el suelo de Jalapa, al presentar mejores condiciones edáficas registró aumentos de N desde los 30 días de incubación. Sumado a los argumentos anteriores, Thomsen y Olesen (2000) y Matus *et al.* (2007), plantearon que la mineralización de N se libera más rápido y en mayor cantidad, cuando la textura del suelo presenta una proporción adecuada de arcilla. Watts *et al.* (2007) propone que la secuencia de descomposición de la MO y la mineralización de N ocurre en la secuencia: franco limoso > franco > franco arenoso.

Los resultados de esta investigación muestran una tendencia de aumento en el contenido de N, tanto a mayor tiempo de incubación, como a dosis de residuo aplicado, dichas tendencias son congruentes a las presentadas por Masunga *et al.* (2016), quienes incubaron residuos de trébol durante 93 días.



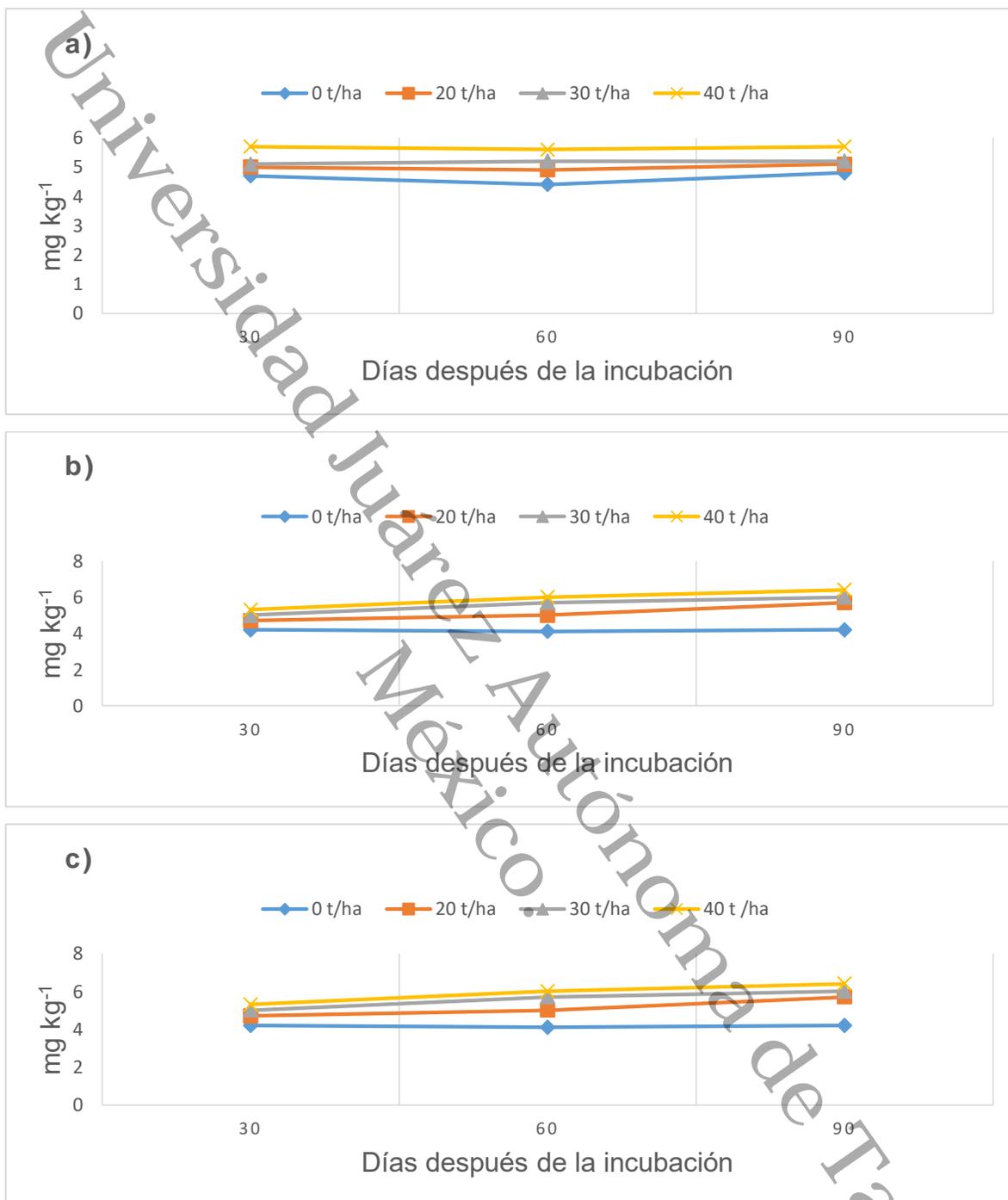
**Figura 4.** Cambios provocados en el contenido de Nt por el aporte de diferentes dosis de abonos de *Vigna unguiculata* en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).

Como se puede observar en la Figura 4, el suelo de Tacotalpa presentó una tendencia similar al de Jalapa, a los 30 días de incubación, los contenidos de N en los tratamientos que recibieron abonamiento fueron superiores al del tratamiento control. Varios investigadores como Heng y Goh (1984), Clay y Clapp (1990) y Costa *et al.* (1990), señalaron que la mineralización de N se debe al grado de labilidad del tejido vegetal que se incorpora al suelo. Campbell y Zentner (1993) indican que una buena suplencia de residuo vegetativo al suelo reduce la pérdida de nitrógeno, logrando mejorar la eficiencia en el uso de N. Si bien se observa que hay un incremento en la concentración de N a mayor tiempo de incubación, al agotarse los niveles de mineralización, dicho incremento se detiene, así lo señala Rivero y Paolini (1995) quienes indican que hay una disminución brusca en la concentración de N en la incorporación de residuo de *Canavalia ensiformis* después de 110 días de incubación.

En la Figura 5, se observa que, a los 30 días de incubación en el suelo de Huimanguillo, el P se incrementó en aquellos suelos que recibieron algún nivel de abonamiento con respecto a al testigo, un comportamiento que se replica tanto a los 60 como a los 90 días de incubación. En este suelo, el mayor contenido de P se registró a los 90 días de incubación en el tratamiento  $40 \text{ t ha}^{-1}$ , dicho aumento fue de  $1.9 \text{ mg kg}^{-1}$ , un resultado que es similar a los que presentó Morón (1994), quien indica que la MO es fuente de P, por lo que una incorporación de residuos de leguminosas permite incrementar tanto los contenidos de MO como de P. Por lo anterior, los tratamientos que aumentaron los niveles de MO fueron los que también incrementaron el contenido de P en todos los tiempos de incubación, resultados que ya habían sido documentados por Sandra *et al.* (2003), quienes al aplicar abonamientos a base de *Macroptilium atropurpureum* (siratro), *Neonotonia wightii* (glycine), *Stylosanthes guyanensis* (estilosantes), mejoraron las propiedades edáfico-químicas de un suelo ferrálico cálcico en un tiempo similar al que se reporta en la presente investigación. En el caso del suelo de Jalapa se obtuvieron resultados estadísticamente significativos a los 30 días de incubación, sin embargo, el mayor contenido de P se presentó hasta los 90 días, con un

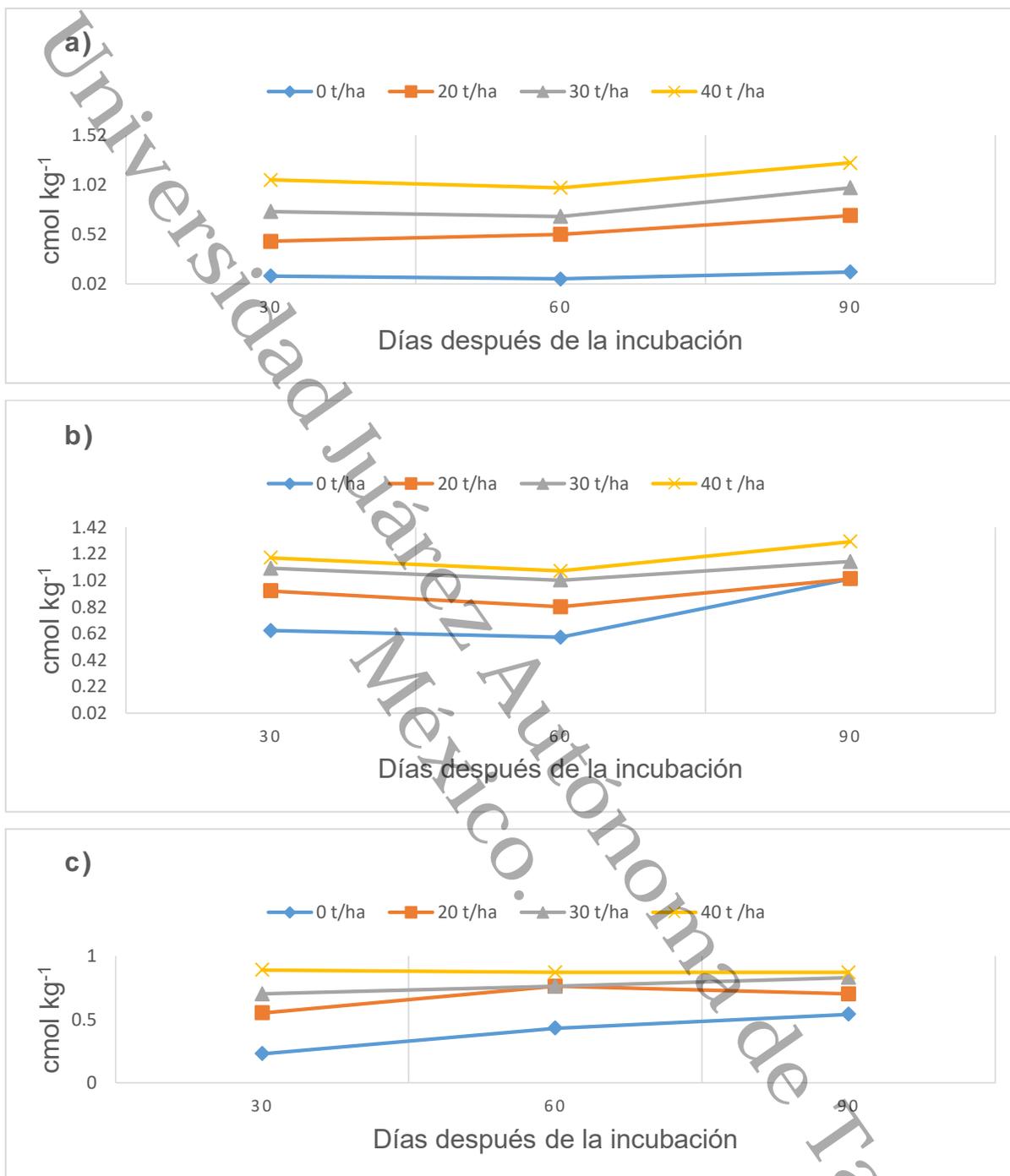
incremento de  $2.2 \text{ mg kg}^{-1}$  en comparación del testigo. De acuerdo con Singh *et al.* (2002), el incremento y la disponibilidad de fósforo en el suelo puede mejorarse mediante el uso de residuos orgánicos. Madejón *et al.* (2001) incrementaron en  $3.3 \text{ mg kg}^{-1}$  con respecto al testigo después de 210 días de haber aplicado residuos de caña de azúcar a un Cambisols. En el suelo de Tacotalpa, los incrementos de P ocurren después de 60 días de incubación, dichos incrementos se relacionan con la descomposición de la MO y pueden llegar a ser hasta  $2.6 \text{ mg kg}^{-1}$  a los 90 días. Ogbodo (2011), reportó incrementos de  $1.51$  y  $2.7 \text{ mg kg}^{-1}$  a los 12 y 24 meses respectivamente, al incorporar residuos de la leguminosa *Centrocema pubensis* a un Ultisols cultivado con arroz bajo condiciones de campo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.



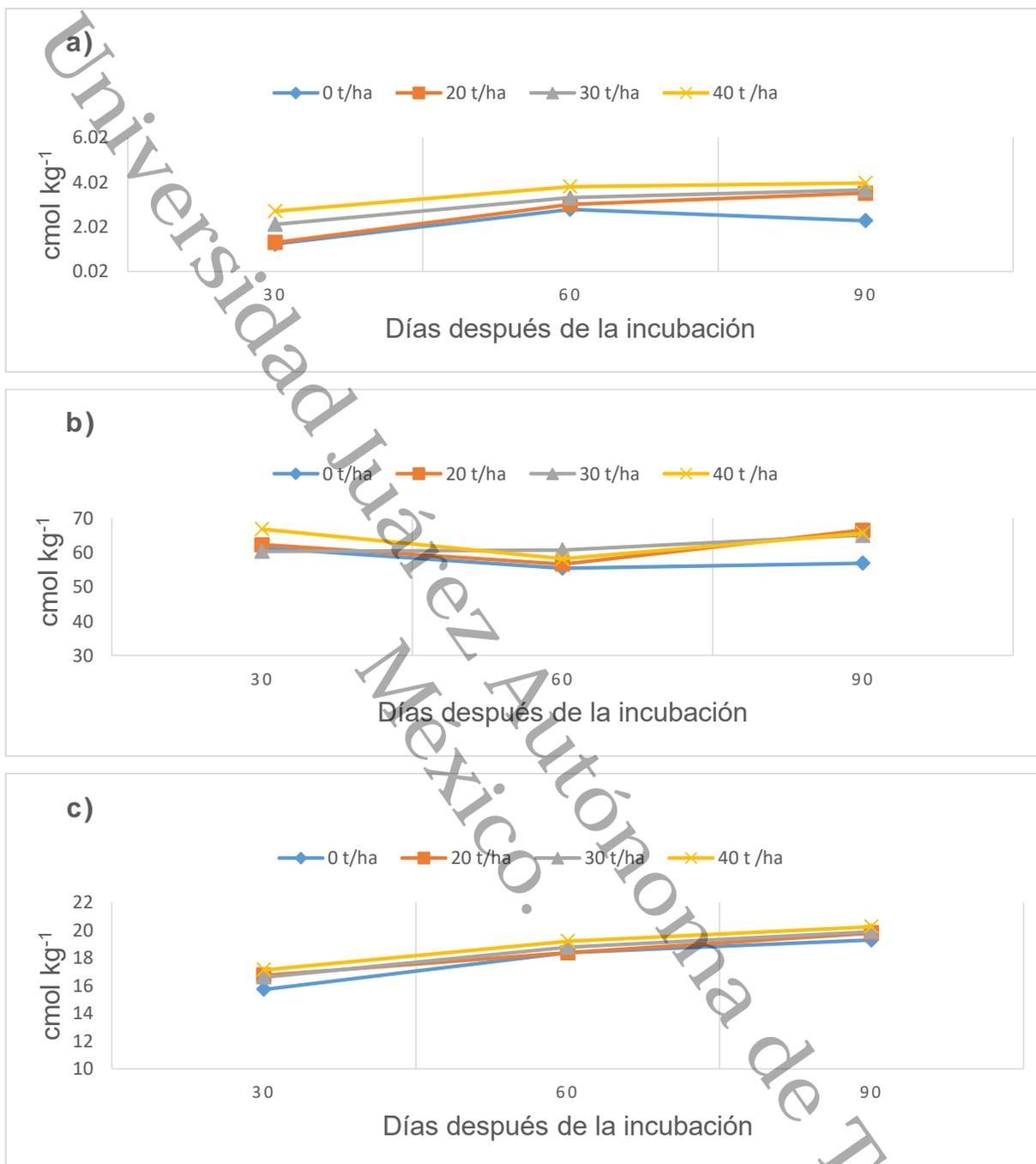
**Figura 5.** Cambios provocados en el contenido de P por el aporte de diferentes dosis de abonos de *Vigna unguiculata* en incubaciones de suelos de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).

A 30 días de incubación en el suelo de Huimanguillo, se observa que la aplicación de 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> del residuo de *Vigna unguiculata* presentó diferencias con respecto al resto de los tratamientos. A los 60 días de incubación, los tratamientos que recibieron abonamientos fueron diferentes estadísticamente con respecto al testigo, mientras que, a los 90 días de incubación la aplicación 40 t ha<sup>-1</sup> presentó diferencia significativa (Cuadro 7) con respecto a todos los demás tratamientos; la aplicación de 30 t ha<sup>-1</sup> presentó diferencia significativa con respecto al tratamiento de 20 t ha<sup>-1</sup> y al testigo, mientras que la aplicación de 20 t ha<sup>-1</sup> presentó diferencia significativa con respecto al testigo. El mayor aumento de K fue de 1.1 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>, observado a los 90 días de incubación, otros investigadores han reportado menores aumentos a este resultado, es el caso del que registró Garcia *et al.* (2000), quienes encontraron un incremento de 0.15 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> con la incorporación de *Canavalia ensiformis* sobre un suelo Ferralítico a campo abierto durante un año. En el suelo de Jalapa, el mejor resultado se obtuvo a los 30 días de incubación, un resultado que es superior a los 0.28 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> que Madejón *et al.* (2001) alcanzó a los 36 meses de haber incorporado residuos orgánicos de caña de azúcar a un Cambisols. Al igual que el suelo de Jalapa, en el suelo de Tacotalpa, el mejor resultado se obtuvo a los 30 días de incubación con un aumento de 0.66 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>, un resultado que se mantiene por debajo a los 0.83 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> que Beyra *et al.* (2014) logró con la aplicación de residuos de café (*Coffea arábica* L.) en incubaciones de suelos. Pese a lo anterior, aunque la disponibilidad de este elemento depende más de la textura y mineralogía del suelo, hay evidencias que la adición de residuos orgánicos pueden incrementar los contenidos de K<sup>+</sup> (Ribón *et al.*, 2003; Oo *et al.*, 2013). Wiart (1994), observó aumentos en los contenidos de calcio con la aplicación de materia orgánica.



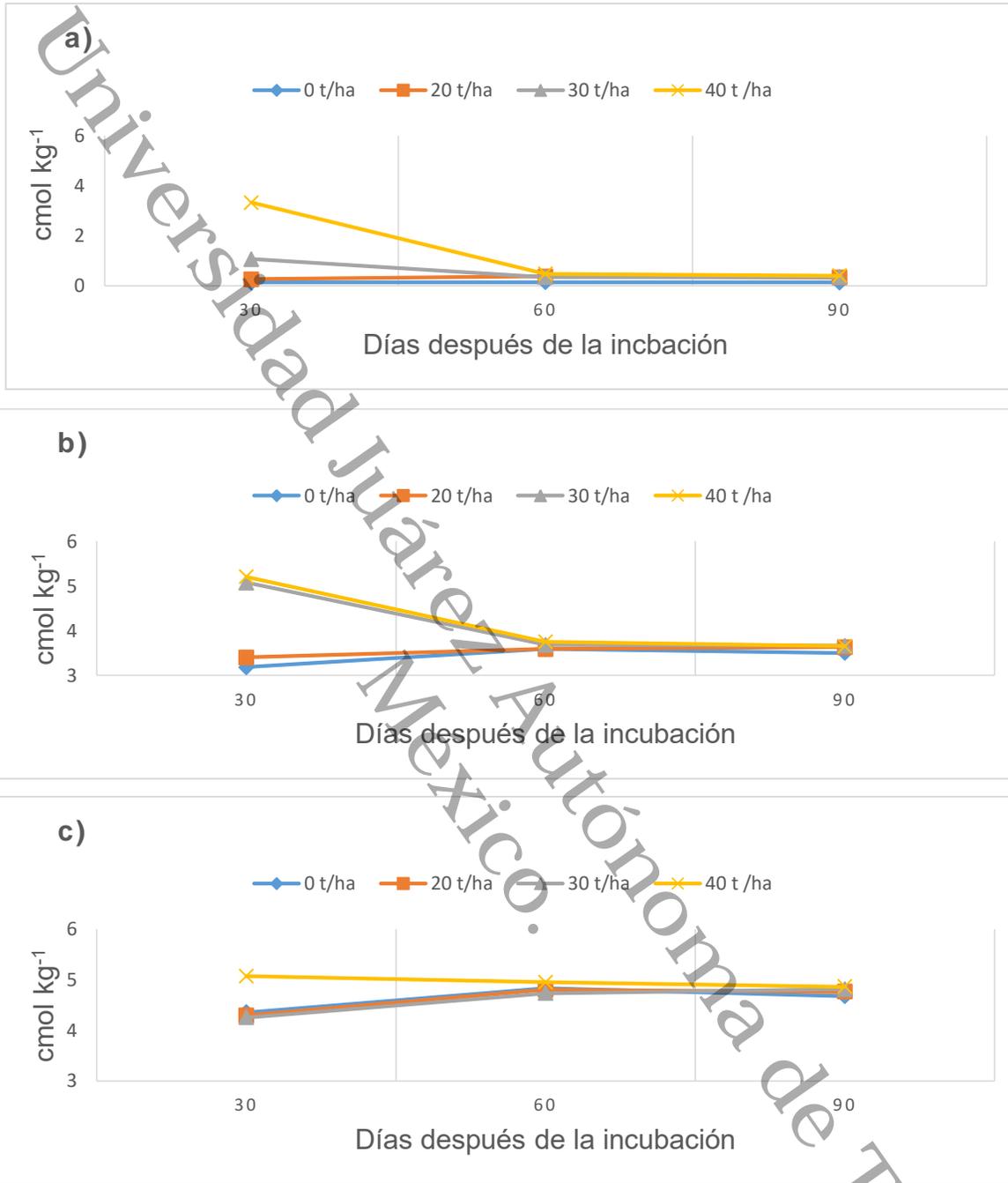
**Figura 6.** Contenido de K en incubaciones de suelos tratados con aportes de diferentes dosis de abonos de *Vigna unguiculata* provenientes de plantaciones de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).

Los contenidos de Ca se incrementaron en el suelo de Huimanguillo a los 30 días de incubación, en particular las aplicaciones de 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> fueron diferentes estadísticamente (Cuadro 8) con respecto a la aplicación de 20 t ha<sup>-1</sup> y al testigo. Esas variaciones se repiten a los 60 y a los 90 días, y se observan incrementos en los contenidos de este elemento. El mejor resultado se observó a los 90 días de incubación con un aumento de 1.69 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>, un resultado similar al obtenido por Ogbodo (2011), quien registró acrecentamientos de 1.51 y 1.69 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> a los 12 y 24 meses respectivamente, al incorporar residuos de *Centrocema pubensis* a un Ultisol. En el suelo de Jalapa el incremento de Ca ocurre hasta los 90 días de incubación, con un aumento de 8.7 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>, un resultado superior al publicado por García *et al.* (2000), quienes después de incorporar *Canavalia ensiformis* sobre un suelo Ferralítico, a un año se lograron aumento entre 1.3 cmol<sup>+</sup>kg<sup>-1</sup>. Sin embargo, en el suelo de Tacotalpa hubo diferencia significativa desde los 30 días de incubación, registrando 0.97 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> como el mayor incremento, mismo que se obtuvo a los 90 días de incubación. Beyra *et al.* (2014) aumentaron a 2.12 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> de Ca al aplicar residuos de café (*Coffea arábica* L.) a muestras de suelos bajo condiciones controladas. Las concentraciones de Ca presentaron diferencias significativas tanto para las dosis como para los tiempos de incubación, se observó que las incorporaciones de los abonos de *Vigna unguiculata* incrementan la concentración de este elemento en los suelos, tal a como lo propone Borrás *et al.* (2017).



**Figura 7.** Contenido de Ca en incubaciones de suelos tratados con aportes de diferentes dosis de abonos de *Vigna unguiculata* provenientes de plantaciones de Huimanguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).

Respecto a las variaciones del Mg, Lok *et al.* (2003) plantean que existe una relación directamente proporcional entre el contenido del elemento y el pH, de modo tal que al aumentar o disminuir la acidez del suelo, el Mg también cambia. Si las adiciones de residuos orgánicos ocasionan variaciones al pH del suelo, pueden ocasionar también cambios en el contenido del Mg. En la Figura 8 se observa que el Mg en el suelo de Huimanguillo se incrementó a los 30 días de incubación, en particular la aplicación 40 t ha<sup>-1</sup> presentó diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos; a los 60 días de incubación, los tratamientos que recibieron alguna dosis de abonamiento incrementan sus contenidos de Mg con respecto al testigo, una dinámica que también se observa a los 90 días de incubación. El mayor nivel de Mg se obtuvo a los 30 día de incubación, con un aumento de 3.2 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>, un resultado que es contrario a Adesoji *et al.* (2014), quienes encontraron una disminución de 0.03 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>, al incorporar el frijol *Mucuna pruriens* en suelo a campo abierto durante un año. En el suelo de Jalapa el Mg se incrementó a 2.02 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> a los 30 días de incubación el Mg, una cantidad superior a la reportada por Ogbodo (2011), en su caso, obtuvieron 0.77 y 0.95 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> a los 12 y 24 meses respectivamente, al incorporar residuos de leguminosas de *Centrocema pubensis* a suelos Ultisols. El suelo de Tacotalpa también vio registrado un incremento de 0.70 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> a los 30 días de incubación, similar a los 0.95 y 0.77 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> que reportó Ogbodo (2011) a los 12 y 24 meses respectivamente, después de aplicar residuos de leguminosas de *Centrocema pubensis* a suelos Ultisols. En los tres suelos evaluados el contenido de Mg disminuyó conforme transcurrieron los tiempos de incubaciones, como un reflejo del decrecimiento paulatino del pH.



**Figura 8.** Contenido de Mg en incubaciones de suelos tratados con aportes de diferentes dosis de abonos de *Vigna unguiculata* provenientes de plantaciones de Huianguillo (a), Jalapa (b) y Tacotalpa (c).

## VI. CONCLUSIÓN

La incubación de mezclas de suelos con residuos de *Vigna unguiculata* bajo condiciones controladas de humedad y temperatura, reflejan la tendencia de una rápida descomposición del abono, que permite el incremento en el contenido de MO, la cual, al degradarse en el corto plazo, mejora las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg. Esa descomposición rápida de la MO se refleja en incrementos rápidos y breves en el pH y CE, por lo que, dado que las condiciones ambientales de las zonas productoras de Tabasco en cuanto a humedad y temperaturas son similares a las que se mantuvieron durante las incubaciones en el laboratorio, se infiere que las incorporaciones de residuos vegetativos a partir de leguminosas como *Vigna unguiculata*, prometen suministros de nutrientes en el corto plazo, así como acondicionamientos favorables en los niveles de pH, que aunque son poco duraderos, significan mejoras para el abastecimiento de nutrientes para el cultivo de palma de aceite. Aunque las mejoras en las variables edáficas evaluadas se observan a partir de la incorporación de 20 t ha<sup>-1</sup> de *Vigna unguiculata*, los mejores resultados en el suministro de MO y nutrientes, así como en el acondicionamiento del pH, se observan al incorporar dosis de 40 t ha<sup>-1</sup> del abono, por lo que se recomienda integrar dicho abonamiento como una buena práctica agrícola en el cultivo de *Elaeis guineensis* (Jacq.). Por la velocidad de degradación del abono de *Vigna unguiculata*, las mejoras son rápidas y breves, por lo que los abonamientos deben ser frecuentes.

## VII. LITERATURA CITADA

- Adesoji, A. G., Abubakar, I. U., and Labe, D. A. (2014). Soil chemical properties as affected by incorporated legumes and nitrogen in soil with maize (*Zea mays* L.) in a semi-arid environment. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 3(3): 888-894.
- Alarcón, A. y Ferrera, R. (2001). Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de frutícolas. *Terra Latinoamericana*. 17(3): 179-191.
- Al-Busaidi, K.T.S., A. Buerkert y R.G. Joergensen. (2014). Carbon and Nitrogen mineralization at different salinity levels in Omani low organic matter soils. *J. Arid Environ*. 100: 106-110. Doi: 10.1016/j. jaridenv.2013.10.013.
- Alfonso-Linares, C. A. y Monederos-García, M. (2004). Uso, manejo y conservación de suelos. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. 71PP.
- Álvarez-Solís, J. D., Díaz-Pérez, E., León-Martínez, N. S., Guillén-Velásquez. J. (2010). Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana*. 28(3): 239-245.
- Álvarez-Solís, J.D., Muñoz-Arroyo, R., Huerta-Lwanga, Nahed-Toral, E.J. (2016). Balance parcial de nitrógeno en el sistema de cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con cobertura de leguminosas en Chiapas, México. *Agronomía Costarricense*. 40(1): 29-39.
- Alves, S., Yang, C.H., Buerkert, A., Crowley, D.E. (2003). Cereal legume rotation effects on rhizosphere bacterial community structure in west african soils. *Biology and Fertility of Soils*. 37(2): 73-82.
- Basiron, Y. (2007). Palm oil production through sustainable plantations. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 109: 289-295.
- Beltrán-Morales, F.A., García-Hernández, J.L., Valdez-Cepeda, R.D., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., Larrinaga-Mayoral, J.Á. and Beltrán-Morales, L.F. (2006). Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*Lablab purpureus* L.) sobre la respiración edáfica en un yermosol háplico. *Interciencia*. 31(3): 226-230.

- Beltran-Morales, F. A., Garcia-Hernandez, J. L., Ruiz-Espinoza, F. H., Fenech-Larios, L., Murillo-Amador, B., Palacios-Espinoza, A., & Troyo-Diequez, E. (2009). Nutritional potential of red dolichos, brown dolichos and cowpea for green manure produced under three tillage Systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10(3): 487-495.
- Benbi, D.K., y Richter, J. (2002). A critical review of some approaches to modelling nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils*. 35(3): 168–183.
- Beyra, R.C., Lizazo, I.C., Cabrera, J.R.A., Valdés, D.F. (2014). Efecto de la pulpa de cafeto (*Coffea arabica* L.) variedad arábica sobre propiedades químicas de tres suelos del macizo montañoso Guamuhaya. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 23 (3): 17-21.
- Binder, U. (1997). Manual de leguminosas de Nicaragua. Tomo I. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Estelí, Nicaragua. 528 p.
- Birch, H.F. (1958). The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil*. 10: 9-31.
- Bonomeli, C., Bonilla, C., y Valenzuela, A. (2003). Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 38(10): 1179-1186.
- Borges, R.T., Oliveira, F.L., Silva, D.M.N., Fávero, C., y Lima, A.Q.M. (2011). Leguminosas herbáceas perennes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. *Revista Ciência Agronômica*. 42(2): 292-300.
- Borras, L.M., Rodríguez, C.E. y Rodríguez, Á. (2017). Evaluation of calcium carbonate inclusion in solid-state kinetic fermentation of *Solanum tuberosum* postharvest waste. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 11(1): 143-150.
- Broughton, W.J., Earp, D.A., Newall, W. (1977). Effect of various covers on the performance of *Elaeis guineensis* (Jacq.) on different soils. *International developments in Oil Palm*. 501–525.

- Bullock, J.M., Edwards, R.J., Carey, P.D. and Rose, R.J. (2000). Geographical separation of two *Ulex* species at three spatial scales: does competition limit species ranges. *Ecography*. 23: 257–271.
- Bustamante, U.M., y Campos, T.R. (2004). Contaminación por plaguicidas en la región Maule, Chile. *Panorama Socioeconómico*. 28: 1-16.
- Cabrera, M.L. (1993). Modeling the flush of nitrogen mineralization caused by drying and rewetting soils. *Soil Science Society of America Journal*. 57: 63-66.
- Campbell, C. y Zentner, R. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotation and fertilization. *Soil Science Society American Journal*. 57:1034-1040.
- Canellas, L.P., Azevedo, E.J.A., Rezande, C.E., de Camargo, P.B., Zandonadi, D.B., Rumjanek, V.M., Marinho, G.J.G., Teixeira, M.G., and Braz-Filho, R. (2004). Organic matter quality in a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. *Scientia Agricola*. 61(1): 53–61.
- Celaya-Michel, H. y Castellanos-Villegas, E.A. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*. 29(3): 243-356.
- Clark, A. (2007). Managing cover crops profitability. Sustainable Agriculture network. United States. 244 pp.
- Clark, G.J., Dodgshun, N. Sale, P.W.G. y Tang, C. (2007). Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. *Soil Biol. Biochem.* 39: 2806-2817. Doi: 10.1016/j.soilbio.2007.06.003.
- Clay, D. y Clapp. (1990). Mineralization of low Carbon to nitrogen ratio corn residue in soil fertilized with  $\text{NH}_4^+$  fertilizer. *Soil Biology. Biochem.* 22: 255-360.
- Comte, I., Colin, F., Whalen, J.K., Grünberger, O., Caliman, J.P. (2012). Agricultural practices in oil palm plantations and their impact on hydrological changes, nutrient fluxes and water quality in Indonesia. *Advances in Agronomy*. 116: 71-124.
- Costa, F., Bouldin, D. y Suhet, A. (1990). Evaluation of N recovery from mucun placed on the surface or incorporation in a Brazilian oxisol. *Plan and Soil*. 124: 91-96.

- Curtin, D & Campbell, C.A. (2008). Mineralizable nitrogen. Soil sampling and methods of analysis. 2nd ed. CRC Press. Boca. Raton, USA. 599-606 p.
- Delin, S., y Lindén, B. (2002). Relations between net nitrogen mineralization and soil characteristics within an arable field. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*. 52(2): 78-85.
- Diacono, M., y Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 30(2): 401–422.
- Douxchamps, S., Rao, I. M., Peters, M., Van der Hoek, R., Schmidt, A., Martens, S. & Quintero, M. (2014). Farm-scale tradeoffs between legume use as forage versus green manure: The case of *Canavalia brasiliensis*. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 38(1): 25-45.
- Drury, C. F., Tan, C. S., Welacky, T. W., Oloya, T. O., Hamill, A. S., & Weaver, S. E. (1999). Red clover and tillage influence on soil temperature, water content, and corn emergence. *Agronomy Journal*. 91(1): 101-108.
- Ellis, F. and Freeman, H.A. (2004). Rural livelihoods and poverty reduction strategies in four African counties. *Dev Stud*. 40: 1-3.
- Feintrenie. L, Chong. W.K, and Levang, P. (2010). Why do farmers prefer oil palm? Lessons learnt from Bungo district, Indonesia. *Small Scale Forestry*. 9: 379–396.
- Flores-Sanchez, D., A. Pastor, E.A. Lantinga, W.A.H. Rossing, and M.J. Kropff. (2013). Exploring maize-legume intercropping systems in southwest Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 37(7): 739-761.
- Fontalvo, R.M.S. and Andrade, J. L.C. (2018). Efecto de enmiendas orgánicas y azufre en propiedades químicas y biológicas de un suelo sódico. *Spanish Journal of soil Science*. 8 (3): 347-362.
- Gao, H. F., Bai, J.H., He, X.H., Zhao, Q.Q., Lu, Q.Q. (2014). High temperature and salinity enhance soil nitrogen mineralization in a tidal freshwater marsh. *Plos One*. 9(4): 1-9.

- García, M., Treto, E. y Álvarez, M. (2000). Los abonos verdes: una alternativa para la economía del nitrógeno en el cultivo de la papa. Efecto de la interacción abono-verde-dosis de nitrógeno. *Cultivos tropicales*. 21(1):13-19.
- Giller, K. y Fairhurst, T. (2012). Plantas leguminosas de cobertura en palma de aceite: Manejo para rendimientos altos y sostenibles. *International Plant Nutrition Institute (IPNI)*.173-184.
- Goh, K.J. (2005). Fertilizer recommendation systems for oil palm: estimating the fertilizer rates. In: Soon CP, Pau TY *Proceedings of the MOSTA best practices workshops on agronomy and crop management*. Malaysia. MOSTA, Malaysia, pp 235–268.
- Heng, s. y Goh, K. (1984). Organic matter in forest soil and the mineralization of soil carbon and nitrogen. *Soil Biology. Biochem.* 16: 201-207.
- IUSS Working Group WRB. (2015). Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. *Informes sobre recursos mundiales de suelos*. FAO, Roma. 106 p.
- Jha, P., Biswas, A. K., Lakaria, B. L., Saha, R., Singh, M., and Rao, A. S. (2014). Predicting total organic carbon content of soils from Walkley and Black analysis. *Communications in soil science and plant analysis*. 45(6): 713-725.
- Karlen, D. L., Erbach, D. C., Kaspar, T. C., Colvin, T. S., Berry, E. C. & Timmons, D. R. (1990). Soil tillth: a review of past perceptions and future needs. *Soil Science Society of America Journal*. 54(1): 153-161.
- Kristensen E., Andersen F., Holmboe N., Holmer M., Thongtham N. (2000). Carbon and nitrogen mineralization in sediments of the Bangrong mangrove area, Phuket, Thailand. *Aquatic Microbial Ecology*. 22(2): 199–213.
- Lemaire, G., Franzluebbers, A., de Faccio Carvalho, P.C. and Dedieu, B. (2013). Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 190: 4-8.
- Lok, S., Fraga, S. y Díaz, H. (2003). Efecto de la duración de la preparación del suelo y del uso de mezclas de gramíneas y leguminosas en algunos

- indicadores agroquímicos del suelo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37(4): 445-451.
- Lyon, D. J., Monz, C. A., Brown, R. E., Metherell, A. K., Paul, E. A., Paustian, K. & Cole, C. V. (1997). Soil organic matter changes over two decades of winter wheat–fallow cropping in western Nebraska. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL. Soil organic matter changes over two decades of winter wheat–fallow cropping in Western Nebraska. 343-351.
- Madejón, E., López, R., Murillo, M.J., Cabrera, F. (2001). Agricultural use of three (sugar-beet) vinasse composts: effect on crops and chemical properties of a Cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 84: 55–65.
- Martinez, F., García, C., Gómez, A.L., Aguilar, Y Viera. R., Castellanos, N., Riverol, R. (2017). Manejo sostenible de suelos en la agricultura cubana. *Agroecología*. 12(1): 25-38.
- Masunga, H.R., Uzokweb, N.V., Mlaya, D.P, Odehc, I., Singhd, A., Buchane, D., De Neve, S. (2016). Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture. *101*: 185–193.
- Matus, F.J., Lusk, C. H. y Maire, C.R. (2007). Effects of soil texture, carbon input rates, and litter quality on free organic matter and nitrogen mineralization in Chilean rain forest and agricultural soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal*. 39: 187-201. Doi: 10.1080/00103620701759137.
- Matus, F., Garrido, E., Hidalgo, C., Paz, F., Etchevers, J. and Merino, C. (2016). Carbon saturation in the silt and clay particles in soils with contrasting mineralogy. *Terra Latinoamericana*. 34(3): 311-319.
- Melero, S., Madejon, E., Ruiz, J.C, Herencia J.F. (2007). Chemical and biochemical properties of a clay soil under dryland agriculture system as affected by organic fertilization. *European Journal of Agronomy*. 26: 327–334.
- Menezes, S.A.C. (2009). Aislamiento y caracterización de bacterias diazótroficas asociadas a maíz (*Zea mays*) variedad PAU. 871 p.

- Monsalve, C. O. I., Gutiérrez-D, J. S., y Cardona, W. A. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*.11(1): 200-209.
- Morcillo. F. Cros. D, Billotte. N, Ngando-Ebongue. G. F, Domonhédó. H, Pizot. M. (2013). Improving palm oil quality through identification and mapping of the lipase gene causing oil deterioration. *Nature Communications*. 4: p. 2160.
- Morón, A. 1994. Fósforo: disponibilidad y dinámica en el suelo. En *Manejo y fertilidad de suelos*. Ed. INIA. Montevideo, Uruguay. p. 27.
- Nascimento, J.T., da Silva, I. de F., Santiago, D.R y da Silva, N.L de F. (2003). Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 7(3): 457-462.
- NOM.021-RECNAT-2000. (2000). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis, 2nd Sect. México Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Ahmedna, M., Watts, D.W., Niandou, M.A.S. (2009). Impact of organic waste amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Science*. 174 (2): 105–112. doi:10.1097/SS.0b013e 3181981d9a
- Ochoa-Estrada, S., Ortiz Solorio, C. A., Gutiérrez Castorena, M., Quintero Lizaola, R., y Silva Garcia, T. (2009). Aplicación directa de residuos sólidos orgánicos municipales a suelos volcánicos. *Terra Latinoamericana*. 27(1): 53-62.
- Ogbodo, E.N. (2011). Effect of Crop Residue on Soil Chemical Properties and Rice.
- Oo, A.N., Iwai, C.B., Saenjan, P. (2013). Soil properties and maize growth in saline and nonsaline soils using cassava industrial waste compost and vermicompost with or without earthworms. *Land Degradation and Development*. 26(3): 300-310.
- Osler, G. H. R. and Sommerkorn, M. (2007). Toward a complete soil C and N cycle incorporating the soil fauna. *Ecology*. 88: 1611-1621.

- Paul, K.I., Black, A.S. y Conyers, M.K. (2001). Influence of fallow, wheat and subterranean clover on pH within an initially mixed surface soil in the field. *Biol. Fertility Soils* 33. 41-52. Doi: 10.1007/s003740000288.
- Pedroza, S.A., Samaniego, G.J.A. (2003). Efecto del subsoleo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21: 272-277.
- Pepper I.L. and C.P. Gerba. 2006. Land Application of Biosolids and Animal Wastes. pp: 451-467. In: Pepper, I., C. Gerba and M. Brusseau (Ed.). *Environmental and Pollution Science*. 2a Edition. California, EEUU. Academic Press. 553p.
- Pocknee, S., Sumner, M.E (1997). Carbon and nitrogen contents of organic matter determine its soil liming potential. *Soil Science Society America Journal*. 61: 86-92.
- Prager, M.M., Sanclemente, R.O.E., Sánchez de P., Miller, G.J., Sánchez, Á., Iván, D. (2012). Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología*. 7 (1): 53–62.
- Ribeiro, B. T., Lima, J.M.D. Curi, N., Oliveira G.C.D. (2013). Aggregate breakdown and dispersion of soil samples amended with sugarcane vinasse. *Scientia Agricola*. 70: 435–441.
- Ribón, M. A., García, S. S., López, D. J. P. y Espinoza, L. D. C. L. (2003). Propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar. *Interciencia*. 28(3): 154-159.
- Rivero, C. y Paolini, J. (1995). Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades químicas de dos suelos en Venezuela. *Venesuelos*. 3(1): 24-29.
- Rubido, M.G., de Leon, D.P., Aguiar, Y. A., Acosta, L.M. (2014). Influencia de la *Canavalia ensiformis* (L.) en la actividad biológica y distribución de los agregados del suelo en un área dedicada al cultivo del tabaco. *Investigación y Saberes*. 3(3): 47–55.
- Ruiz, E. y Molina, D. (2014). Beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite y otros cultivos permanentes: Una revisión de literatura *Palmas*. 35(1): 53-64.

- Sanchol, F., y Cervantes, C. (1997). El uso de plantas de cobertura en sistemas de producción de cultivos perennes y anuales en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 2(1): 111-120.
- Sandra, L., Fraga, S. Díaz, H. (2003). Efecto de la duración de la preparación del suelo y del uso de mezclas de gramíneas y leguminosas en algunos indicadores agroquímicos del suelo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37(4): 445-451.
- Sarwar, G., Schmeisky, H., Hussain, N., Muhammad, S., Ibrahim, M. and Safdar, E. (2008). Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. *Pak. J. Bot.* 40(1): 275-282.
- SAS (2009). *SAS/STAT 9.2 User's Guide*. Second Edition. Cary, NC, USA. SAS Institute Inc. 7869p.
- Schulten, H.R., y Schnitzer, M. (1998). The chemistry of soil organic nitrogen: a review *Biology and Fertility of Soils*. 26(1): 1–15.
- Schütta. M., Borkena, W., Spottb, O., Stange, C.F., Matzner, E. (2014). Temperature sensitivity of C and N mineralization in temperate forest soils at low temperatures. *Soil Biol Biochem*. 69:320–327
- Schutter, M.E. (2000). Determinants of microbial community structure and substrate utilization potential in soils of vegetable cropping systems. Oregon State University, OR, USA.
- Shindo, M., Prause, J., Jover, P. L. (2012). Descomposición de *Vigna unguiculata* (caupí) en un Argiudol típico de Colonia Benítez, Chaco. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 38(1): 86-90.
- SIAP. (2017). Atlas agroalimentario. (2017). Primera edición. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Disponible en: [Http://online.Pubhtml5.Com/clsi/ibhs/#p=116](http://online.Pubhtml5.Com/clsi/ibhs/#p=116) . Fecha de consulta: 25/5/2018.
- Sierra-Márquez. J, Sierra-Márquez. L, Olivero-Verbel. J. (2017). Potencial económico de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq). *Agronomía Mesoamericana*. 28(2): 523-534.

- Silva, G.T.A., Matos, L.V., Nobrega, P., Campello, E.F.C., Resende, A.S. (2008). Chemical composition and decomposition rate of plants used as green manure. *Science Agriculture*. 65(3): 298-305.
- Simón, M., Peralta, N., Costa, J.L. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Ciencia del Suelo*. 31(1): 45-55.
- Singh, S., Singh, R.N., Prasad, J. and Kumar, B. (2002). Effect of green manuring, FYM and Biofertilizer in relation to fertilizer nitrogen on yield and major nutrient uptake by upland rice. *Journal Indian Society Soil Science*. 50(3): 313-314.
- Stern, W. R. (1993). Nitrogen fixation and transfer in intercrop system. *Field crops Research*. 34: 335-356.
- Tan, K. T., Lee, K. T., Mohamed, A. R., and Bhatia, S. (2009). Palm oil: Addressing issues and towards sustainable development. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 13: 420–427.
- Tejada, M., Hernandez, M.T., Garcia, C. (2009). Soil restoration using composted plant residues: effects on soil properties. *Soil and Tillage Research*. 102: 109–117.
- Thomsen, I.K. y Olesen, J.E. (2000). C and N mineralization of composted and anaerobically stored ruminant manure in differently textured soils. *The Journal of Agricultural Science*. 135 (2): 151-159.
- Velázquez G, J. de J., Salinas G, J.R.; Potter, K.N., Gallardo, V. M., Caballero, H.F. (2002). Cantidad, cobertura y descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra Latinoamericana*. Chapingo, México. 20 (2):171-182.
- Watts, D.B., Torbert, H. y Prior, S.A. (2007). Mineralization of nitrogen in soils amended with dairy manure as affected by wetting/drying cycles. *Comm. Soil Science. Plant Anal*. 38: 2103-2116. Do10.1080/00103620701548860.
- Webber, D. (2013). Mesa redonda de aceite de palma sostenible (RSPO) como nuevo estándar de acceso al mercado. *Palmas*. 34: 78-84.
- Wiar, J. 1994. Qualité et commercialisation des composts de déchets verts. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Angers Cedex, France.

- Wong, M.T.F., Gibbs, P., Nortcliff, S., Swift, R.S. (2000). Measurement of the acid neutralizing capacity of agroforestry tree prunings added to tropical soils. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 134: 269-276.
- Xu, R.K. y Coventry, D.R. (2003). Soil pH changes associated with lupin and wheat plant materials incorporated in a red brown earth soil. *Plant Soil*. 250: 113-119.
- Zapata, H. R. (2004). Química de la acidez del suelo: recuperado desde [http://www.academia.edu/5664470/Acidezdel\\_Suelo](http://www.academia.edu/5664470/Acidezdel_Suelo) 159 p.
- Zwart, M.A, Rojo, J.M, de la Cruz, R. Yeomans, J. (2005). Coberturas y la salud del suelo. *Tierra Tropical*. 1(1): 9-20.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## ANEXOS

**Cuadro 2.** Promedios de los parámetros del suelo colectado en Huimanguillo, Tabasco, al uso de *Vigna unguiculata* en tres fechas de muestreo.

Trat (t ha <sup>-1</sup> )	pH 1:2	CE dS m <sup>-1</sup>	MO .....(%).....	Nt .....(%).....	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K .....	Ca cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> .....	Mg .....
<b>30 días</b>								
40	5.6±0.05 <sup>a*</sup>	0.100±0.003 <sup>a</sup>	9.08±0.54 <sup>a</sup>	0.256±0.002 <sup>a</sup>	5.7±0.20 <sup>a</sup>	1.07±0.04 <sup>a</sup>	2.71±0.11 <sup>a</sup>	3.33±0.04 <sup>a</sup>
30	5.5±0.03 <sup>ab</sup>	0.082±0.006 <sup>b</sup>	8.63±0.29 <sup>a</sup>	0.260±0.007 <sup>a</sup>	5.1±0.30 <sup>ab</sup>	0.75±0.04 <sup>b</sup>	2.12±0.13 <sup>ab</sup>	1.07±0.07 <sup>b</sup>
20	5.4±0.07 <sup>b</sup>	0.076±0.003 <sup>b</sup>	8.42±0.06 <sup>a</sup>	0.262±0.019 <sup>a</sup>	5.0±0.50 <sup>ab</sup>	0.45±0.14 <sup>c</sup>	1.31±0.41 <sup>bc</sup>	0.26±0.01 <sup>c</sup>
0	5.1±0.04 <sup>c</sup>	0.040±0.004 <sup>c</sup>	8.29±0.24 <sup>a</sup>	0.248±0.011 <sup>a</sup>	4.7±0.15 <sup>b</sup>	0.10±0.01 <sup>d</sup>	1.24±0.47 <sup>c</sup>	0.13±0.01 <sup>d</sup>
<b>60 días</b>								
40	5.7±0.03 <sup>a*</sup>	0.087±0.028 <sup>a</sup>	9.19±0.47 <sup>a</sup>	0.292±0.009 <sup>a</sup>	5.6±0.35 <sup>a</sup>	0.99±0.01 <sup>a</sup>	3.81±0.50 <sup>a</sup>	0.48±0.50 <sup>a</sup>
30	5.6±0.05 <sup>b</sup>	0.110±0.010 <sup>a</sup>	8.63±0.31 <sup>a</sup>	0.279±0.013 <sup>ab</sup>	5.2±0.45 <sup>ab</sup>	0.70±0.01 <sup>a</sup>	3.31±0.29 <sup>a</sup>	0.35±0.01 <sup>b</sup>
20	5.5±0.04 <sup>b</sup>	0.085±0.004 <sup>a</sup>	8.42±0.07 <sup>a</sup>	0.266±0.020 <sup>ab</sup>	4.9±0.40 <sup>ab</sup>	0.52±0.02 <sup>a</sup>	3.02±0.38 <sup>a</sup>	0.37±0.07 <sup>ab</sup>
0	5.00±0.03 <sup>c</sup>	0.074±0.012 <sup>a</sup>	8.29±0.42 <sup>a</sup>	0.255±0.004 <sup>b</sup>	4.4±0.30 <sup>b</sup>	0.07±0.02 <sup>b</sup>	2.80±0.33 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>c</sup>
<b>90 días</b>								
40	5.4±0.01 <sup>a*</sup>	0.096±0.008 <sup>a</sup>	9.37±0.04 <sup>a</sup>	0.354±0.031 <sup>a</sup>	5.7±0.30 <sup>a</sup>	1.24±0.01 <sup>a</sup>	3.98±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0.01 <sup>a</sup>
30	5.3±0.08 <sup>ab</sup>	0.092±0.004 <sup>a</sup>	8.89±0.01 <sup>ab</sup>	0.336±0.033 <sup>a</sup>	5.2±0.51 <sup>a</sup>	0.99±0.01 <sup>b</sup>	3.67±0.24 <sup>ab</sup>	0.35±0.01 <sup>b</sup>
20	5.2±0.07 <sup>bc</sup>	0.098±0.003 <sup>a</sup>	8.86±0.02 <sup>b</sup>	0.327±0.012 <sup>a</sup>	5.1±0.01 <sup>b</sup>	0.71±0.07 <sup>c</sup>	3.52±0.45 <sup>b</sup>	0.33±0.01 <sup>b</sup>
0	5.1±0.04 <sup>c</sup>	0.07±0.013 <sup>b</sup>	8.30±0.02 <sup>c</sup>	0.251±0.008 <sup>b</sup>	4.8±0.01 <sup>c</sup>	0.14±0.01 <sup>d</sup>	2.29±0.04 <sup>c</sup>	0.13±0.01 <sup>c</sup>

Trat= tratamientos, pH= potencial de hidrógeno, CE= conductividad eléctrica, MO= materia orgánica, Nt= nitrógeno total, P= fósforo, K= potasio, Ca= calcio, Mg= magnesio.

\*Las medias seguidas por las Letras diferentes de la misma columna muestran diferencias significativas (p≤0.05).

**Cuadro 3.** Promedios de los parámetros determinados en el suelo colectado en Jalapa, Tabasco, al uso de *Vigna unguiculata* en tres fechas de muestreo.

Trat (t ha <sup>1</sup> )	pH 1:2	CE dS m <sup>-1</sup>	MO .....(%).....	Nt .....(%).....	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K .....cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> .....	Ca	Mg
<b>30 días</b>								
40	7.6±0.01 <sup>a*</sup>	0.333±0.002 <sup>a</sup>	4.88±0.10 <sup>a</sup>	0.267±0.011 <sup>a</sup>	5.3±0.25 <sup>a</sup>	1.19±0.00 <sup>a</sup>	66.76±0.23 <sup>a</sup>	5.20±0.02 <sup>a</sup>
30	7.5±0.05 <sup>a</sup>	0.315±0.010 <sup>a</sup>	4.77±0.08 <sup>a</sup>	0.252±0.008 <sup>ab</sup>	5.0±0.25 <sup>ab</sup>	1.11±0.11 <sup>ab</sup>	60.29±0.63 <sup>a</sup>	5.07±0.14 <sup>a</sup>
20	7.2±0.09 <sup>b</sup>	0.290±0.004 <sup>ab</sup>	4.50±0.29 <sup>a</sup>	0.246±0.007 <sup>b</sup>	4.7±0.50 <sup>ab</sup>	0.94±0.08 <sup>b</sup>	62.22±1.68 <sup>a</sup>	3.40±0.18 <sup>b</sup>
0	7.1±0.05 <sup>b</sup>	0.263±0.033 <sup>b</sup>	3.42±0.01 <sup>b</sup>	0.243±0.002 <sup>b</sup>	4.2±0.40 <sup>b</sup>	0.64±0.04 <sup>c</sup>	61.29±0.01 <sup>a</sup>	3.18±0.09 <sup>b</sup>
<b>60 días</b>								
40	7.7±0.01 <sup>a*</sup>	0.349±0.063 <sup>a</sup>	4.03±0.07 <sup>a</sup>	0.298±0.011 <sup>ab</sup>	6.0±0.11 <sup>a</sup>	1.09±0.02 <sup>a</sup>	58.10±5.95 <sup>a</sup>	3.75±0.04 <sup>a</sup>
30	7.7±0.07 <sup>a</sup>	0.336±0.010 <sup>ab</sup>	3.84±0.07 <sup>ab</sup>	0.308±0.007 <sup>a</sup>	5.7±0.21 <sup>a</sup>	1.02±0.07 <sup>a</sup>	60.70±2.62 <sup>a</sup>	3.68±0.03 <sup>a</sup>
20	7.5±0.17 <sup>ab</sup>	0.296±0.028 <sup>ab</sup>	3.52±0.21 <sup>b</sup>	0.288±0.004 <sup>b</sup>	5.0±1.25 <sup>ab</sup>	0.82±0.04 <sup>b</sup>	56.58±0.83 <sup>a</sup>	3.59±0.11 <sup>a</sup>
0	7.3±0.08 <sup>b</sup>	0.196±0.086 <sup>b</sup>	3.51±0.27 <sup>b</sup>	0.243±0.002 <sup>c</sup>	4.1±0.15 <sup>b</sup>	0.59±0.05 <sup>c</sup>	55.40±1.36 <sup>a</sup>	3.59±0.07 <sup>a</sup>
<b>90 días</b>								
40	7.1±0.02 <sup>a*</sup>	0.277±0.017 <sup>a</sup>	4.16±0.08 <sup>a</sup>	0.350±0.003 <sup>a</sup>	6.4±0.32 <sup>a</sup>	1.31±0.03 <sup>a</sup>	65.57±1.25 <sup>a</sup>	3.65±0.00 <sup>a</sup>
30	6.8±0.06 <sup>b</sup>	0.263±0.005 <sup>a</sup>	3.78±0.22 <sup>ab</sup>	0.299±0.045 <sup>ab</sup>	6.0±0.28 <sup>a</sup>	1.16±0.01 <sup>b</sup>	65.00±1.91 <sup>a</sup>	3.66±0.01 <sup>a</sup>
20	6.8±0.04 <sup>b</sup>	0.267±0.019 <sup>a</sup>	3.68±0.25 <sup>b</sup>	0.279±0.009 <sup>b</sup>	5.7±0.73 <sup>a</sup>	1.03±0.01 <sup>c</sup>	66.47±2.27 <sup>a</sup>	3.63±0.02 <sup>a</sup>
0	7.2±0.13 <sup>a</sup>	0.115±0.031 <sup>b</sup>	3.46±0.06 <sup>b</sup>	0.240±0.005 <sup>b</sup>	4.2±0.15 <sup>b</sup>	1.03±0.01 <sup>c</sup>	56.87±1.60 <sup>b</sup>	3.50±0.07 <sup>b</sup>

Trat= tratamientos, pH= potencial de hidrógeno, CE= conductividad eléctrica, MO= materia orgánica, Nt= nitrógeno, P= fósforo, K= potasio, Ca= calcio, Mg= magnesio.

\*Las medias seguidas por las Letras diferentes de la misma columna muestran diferencias significativas (p≤0.05).

**Cuadro 4.** Promedios de los parámetros realizados en el suelo colectado en Tacotalpa al uso de *Vigna unguiculata* en tres fechas de muestreo.

Trat (t ha <sup>-1</sup> )	pH 1:2	CE dS m <sup>-1</sup>	MO .....(%).....	Nt .....(%).....	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K .....	Ca cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> .....	Mg .....
<b>30 días</b>								
40	6.3±0.02 <sup>a*</sup>	0.196±0.027 <sup>a</sup>	3.79±0.07 <sup>a</sup>	0.237±0.002 <sup>a</sup>	3.9±0.15 <sup>a</sup>	0.89±0.09 <sup>a</sup>	17.13±0.18 <sup>a</sup>	5.07±0.15 <sup>a</sup>
30	6.2±0.06 <sup>ab</sup>	0.191±0.007 <sup>a</sup>	3.52±0.10 <sup>b</sup>	0.228±0.002 <sup>ab</sup>	3.7±0.20 <sup>a</sup>	0.70±0.02 <sup>b</sup>	16.61±0.40 <sup>a</sup>	4.25±0.00 <sup>b</sup>
20	6.0±0.02 <sup>c</sup>	0.188±0.067 <sup>a</sup>	3.51±0.00 <sup>b</sup>	0.220±0.005 <sup>b</sup>	3.7±0.15 <sup>a</sup>	0.55±0.01 <sup>c</sup>	16.74±0.06 <sup>a</sup>	4.29±0.01 <sup>b</sup>
0	6.1±0.04 <sup>b</sup>	0.102±0.002 <sup>a</sup>	3.30±0.02 <sup>c</sup>	0.201±0.006 <sup>c</sup>	3.6±0.20 <sup>a</sup>	0.23±0.01 <sup>d</sup>	15.72±0.32 <sup>b</sup>	4.35±0.05 <sup>b</sup>
<b>60 días</b>								
40	6.5±0.01 <sup>a*</sup>	0.130±0.036 <sup>ab</sup>	3.65±0.14 <sup>a</sup>	0.258±0.003 <sup>a</sup>	5.4±0.15 <sup>a</sup>	0.87±0.01 <sup>a</sup>	19.20±0.61 <sup>a</sup>	4.95±0.16 <sup>a</sup>
30	6.4±0.06 <sup>a</sup>	0.165±0.026 <sup>a</sup>	3.51±0.12 <sup>ab</sup>	0.241±0.002 <sup>ab</sup>	5.1±0.34 <sup>ab</sup>	0.76±0.02 <sup>a</sup>	18.75±0.01 <sup>a</sup>	4.73±0.10 <sup>a</sup>
20	6.5±0.08 <sup>a</sup>	0.165±0.026 <sup>a</sup>	3.26±0.09 <sup>b</sup>	0.236±0.008 <sup>b</sup>	4.6±0.11 <sup>b</sup>	0.76±0.12 <sup>a</sup>	18.36±0.29 <sup>a</sup>	4.80±0.00 <sup>a</sup>
0	6.1±0.06 <sup>b</sup>	0.079±0.019 <sup>b</sup>	3.19±0.16 <sup>b</sup>	0.208±0.011 <sup>c</sup>	3.5±0.15 <sup>c</sup>	0.43±0.02 <sup>b</sup>	18.36±0.31 <sup>a</sup>	4.83±0.04 <sup>a</sup>
<b>90 días</b>								
40	6.3±0.11 <sup>a*</sup>	0.133±0.010 <sup>a</sup>	3.96±0.07 <sup>a</sup>	0.274±0.003 <sup>a</sup>	6.0±0.15 <sup>a</sup>	0.87±0.04 <sup>a</sup>	20.25±0.06 <sup>a</sup>	4.86±0.02 <sup>a</sup>
30	6.2±0.03 <sup>a</sup>	0.129±0.007 <sup>a</sup>	3.82±0.04 <sup>ab</sup>	0.241±0.003 <sup>b</sup>	4.9±0.05 <sup>b</sup>	0.83±0.00 <sup>a</sup>	19.89±0.05 <sup>b</sup>	4.81±0.03 <sup>ab</sup>
20	6.2±0.01 <sup>a</sup>	0.115±0.031 <sup>ab</sup>	3.66±0.09 <sup>b</sup>	0.235±0.004 <sup>b</sup>	4.4±0.70 <sup>bc</sup>	0.70±0.01 <sup>ab</sup>	19.79±0.04 <sup>b</sup>	4.76±0.00 <sup>b</sup>
0	6.1±0.04 <sup>a</sup>	0.072±0.010 <sup>b</sup>	3.35±0.05 <sup>c</sup>	0.201±0.010 <sup>c</sup>	3.4±0.11 <sup>c</sup>	0.54±0.16 <sup>b</sup>	19.28±0.04 <sup>c</sup>	4.67±0.03 <sup>c</sup>

Trat= tratamientos, pH= potencial de hidrógeno, CE= conductividad eléctrica, MO= materia orgánica, Nt= nitrógeno, P= fósforo, K= potasio, Ca= calcio, Mg= magnesio.

\*Las medias seguidas por las Letras diferentes de la misma columna muestran diferencias significativas (p≤0.05).

**Cuadro 5.** Resultados del ANVA para evaluar el efecto de la aplicación del residuo de *Vigna unguiculata* y del tiempo de incubación transcurrido sobre la variable pH y CE en los tres suelos colectados.

Fuente de variación	GL	F	P
<b>pH</b>			
Huimanguillo			
Dosis	3	182.38	< 0.0001
Periodo	2	63.32	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	11.19	< 0.0001
Error	24		
Jalapa			
Dosis	3	182.38	< 0.0001
Periodo	2	63.32	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	11.19	< 0.0001
Error	24		
Tacotalpa			
Dosis	3	25.83	< 0.0001
Periodo	2	34.87	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	13.33	< 0.0001
Error	24		
<b>CE</b>			
Huimanguillo			
Dosis	3	19.30	< 0.0001
Periodo	2	7.68	0.0026
Dosis * Periodo	6	3.77	0.0087
Error	24		
Jalapa			
Dosis	3	22.17	< 0.0001
Periodo	2	14.19	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	2.83	0.0315
Error	24		
Tacotalpa			
Dosis	3	15.36	< 0.0001
Periodo	2	12.56	0.0002
Dosis * Periodo	6	0.89	0.5204
Error	24		

GL= grados de libertad, pH= potencial de hidrógeno, CE= conductividad eléctrica.

**Cuadro 6.** Resultados del ANVA para evaluar el efecto de la aplicación del residuo de *Vigna unguiculata* y del tiempo de incubación transcurrido sobre la variable MO y Nt en los tres suelos colectados.

Fuente de variación	GL	F	P
<b>MO</b>			
Huimanguillo			
Dosis	3	16.91	< 0.0001
Periodo	2	2.90	0.0744
Dosis * Periodo	6	0.41	0.8636
Error	24		
Jalapa			
Dosis	3	14.79	< 0.0001
Periodo	2	113.33	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	1.01	< 0.4425
Error	24		
Tacotalpa			
Dosis	3	47.17	< 0.0001
Periodo	2	27.94	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	1.64	0.1795
Error	24		
<b>Nt</b>			
Huimanguillo			
Dosis	3	20.69	< 0.0001
Periodo	2	58.38	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	6.92	0.0002
Error	24		
Jalapa			
Dosis	3	28.84	< 0.0001
Periodo	2	24.74	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	6.27	0.0005
Error	24		
Tacotalpa			
Dosis	3	129.07	< 0.0001
Periodo	2	27.96	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	5.71	0.0008
Error	24		

**Cuadro 7.** Resultados del ANVA para evaluar el efecto de la aplicación del residuo de *Vigna unguiculata* y del tiempo de incubación transcurrido sobre la variable P y K en los tres suelos colectados.

Fuente de variación	GL	F	P
<b>P</b>			
Huimanguillo			
Dosis	3	20.61	< 0.0001
Periodo	2	1.19	0.3219
Dosis * Periodo	6	1.16	0.3614
Error	24		
Jalapa			
Dosis	3	20.08	< 0.0001
Periodo	2	2.10	0.1441
Dosis * Periodo	6	1.69	< 0.1655
Error	24		
Tacotalpa			
Dosis	3	58.27	< 0.0001
Periodo	2	46.11	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	10.85	< 0.0001
Error	24		
<b>K</b>			
Huimanguillo			
Dosis	3	493.68	< 0.0001
Periodo	2	43.99	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	3.67	0.0100
Error	24		
Jalapa			
Dosis	3	169.77	< 0.0001
Periodo	2	35.24	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	0.59	0.7331
Error	24		
Tacotalpa			
Dosis	3	84.35	< 0.0001
Periodo	2	16.42	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	4.16	0.0053
Error	24		

**Cuadro 8.** Resultados del ANVA para evaluar el efecto de la aplicación del residuo de *Vigna unguiculata* y del tiempo de incubación transcurrido sobre la variable Ca y Mg en los tres suelos colectados.

Fuente de variación	GL	F	P
<b>Ca</b>			
Huimanguillo			
Dosis	3	13.69	< 0.0001
Periodo	2	36.93	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	1.16	0.3587
Error	24		
Jalapa			
Dosis	3	5.89	0.0037
Periodo	2	13.63	0.0001
Dosis * Periodo	6	2.82	0.0319
Error	24		
Tacotalpa			
Dosis	3	23.72	< 0.0001
Periodo	2	444.73	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	1.92	0.1182
Error	24		
<b>Mg</b>			
Huimanguillo			
Dosis	3	1939.04	< 0.0001
Periodo	2	2359.07	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	1578.80	< 0.0001
Error	24		
Jalapa			
Dosis	3	198.52	< 0.0001
Periodo	2	183.61	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	138.51	< 0.0001
Error	24		
Tacotalpa			
Dosis	3	45.09	< 0.0001
Periodo	2	55.48	< 0.0001
Dosis * Periodo	6	17.57	< 0.0001
Error	24		