

Recibido: 30/12/14; Aceptado: 06/2/15

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://www.revistacentros.com>

indexada en



http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficPais.html?opcion=1&clave_pais=33



DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD, DENSIDAD MICROBIANA Y FÍSICO-QUÍMICA EN TRES SUELOS, BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA, DURANTE LOS MESES DE ABRIL Y MAYO EN EL EJIDO, CORREGIMIENTO DE SANTA ANA, PROVINCIA DE LOS SANTOS

Adelaida Flores-López^a, Cristina Castro-De Frías^a, Alexis De La Cruz-Lombardo^b

^a Unidad de Investigación, Departamento de Microbiología y Parasitología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Centro Regional Universitario de Azuero. Estudiantes Tesistas. aderaquel0209@gmail.com, cristyn-07111989@hotmail.com

^b Unidad de Investigación, Departamento de Microbiología y Parasitología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Centro Regional Universitario de Azuero. Profesor Asesor. alexisdelac@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la actividad, densidad microbiana y físico-química de tres suelos, con distintos sistemas de manejo agrícola, durante los meses de abril y mayo en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, provincia de Los Santos, se efectuaron las técnicas de diluciones alternadas y difusión en placa para estimar la densidad microbiana. Se aisló *Escherichia coli*, mediante la técnica de cultivo de enriquecimiento y selección por medios específicos. Para estimar la actividad deshidrogenasa y respiración, empleamos las técnicas de Casida y Respirimetría. Se determinaron parámetros físico-químicos como: aluminio, calcio, cobre, conductividad eléctrica, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico, color, hierro, humedad, fósforo, magnesio, manganeso, materia orgánica, nitrógeno, potasio, pH, sodio, textura y

zinc. Los resultados encontrados en esta investigación, no arrojaron diferencias significativas ($p>0,05$), respecto a la densidad microbiana en los distintos manejos agrícolas (alternativa orgánica, convencional y casa de vegetación). En cuanto a la actividad microbiana, la enzima deshidrogenasa presentó significancia solamente para la alternativa orgánica con una $\bar{x}=1,54$, y respecto a la respiración no se presentaron diferencias entre los tratamientos agrícolas. El índice de actividad microbiana no cumplió con la Norma Ambiental de Suelo del ANAM (2009) en ninguno de los suelos. Estos suelos se caracterizaron como F.A., F.A.R.A. y A.R.C. respectivamente, entre muy ácidos y poco ácidos, presentando poca materia orgánica, niveles medios de N y P. El K presentó diferencia significativa para el manejo convencional con una $\bar{x}=2,0$, y relaciones entre bases, fuera de rango para este tratamiento. Se obtuvieron niveles altos de Ca, Mg y Mn. El Al, Cu, Fe, Na, y la saturación de Al estuvieron bajos; mientras, que el Zn presentó niveles medios en los tratamientos respectivos.

PALABRAS CLAVES: Actividad, densidad, alternativa orgánica, convencional, casa de vegetación.

ABSTRACT

In order to determine the activity, microbial density and physical-chemistry of three soils, with different agricultural management systems, during the months of April and May in El Ejido, township of Santa Ana, province of Los Santos, alternate dilution techniques and plate diffusion were made to estimate the microbial density. *Escherichia coli*, was isolated by the enrichment culture technique and selection by specific means. To estimate dehydrogenase activity and breathing, we employ Casida and Respirometry techniques. Physicochemical parameters such as: aluminum, calcium, copper, electrical conductivity, organic carbon, cation exchange capacity, color, iron, humidity, phosphorus, magnesium, manganese, organic matter, nitrogen, potassium, pH, sodium, texture and zinc were determined. The results found in this study did not show significant differences ($p>0.05$) for microbial density in different agricultural managements (organic alternative, conventional and vegetation house). About microbial activity, dehydrogenase enzyme showed significance only for organic alternative with $\bar{x}=1,54$, and for breathing no differences between agricultural treatments were presented. The index of microbial activity did not comply with the Ground's Environmental Standard of ANAM (2009) in any soil. These soils were characterized as F.A., F.A.R.A. and A.R.C. respectively, between high acid and low acid, presenting little organic matter, and average levels of N and P. The K showed significant difference for conventional management with $\bar{x}=2,0$, and relations between bases, out of range for this treatment. High Ca, Mg and Mn were obtained. Al, Cu, Fe, Na, and Al saturation were low; while, Zn showed average levels in the respective treatments.

KEYWORD: Activity, density, organic alternative, conventional, vegetation house.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos desarrollan en el suelo procesos de descomposición, mineralización de complejos orgánicos, translocación de bio-productos y elementos minerales que conllevan al desplazamiento de nutrientes en el ecosistema suelo-planta y su fertilidad. Pero las diversas prácticas agrícolas como la adición de materia orgánica, labranza excesiva y la aplicación de fertilizantes químicos alteran sus propiedades físicas, químicas y biológicas (*Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*, 2003).

El grave estado de degradación y empobrecimiento de los suelos en todo el mundo fue expuesto en 1991, por la *Global Assessment of Soil Degradation*: “Algunas de las causas de este problema, es la pérdida del horizonte fértil, ligando consigo una lenta mineralización de la materia orgánica debido a la degradación biológica, volviéndolos muy inestables a la erosión”, citado por *Launt* (1998). *Zagal y col.* (2002) sostienen que, para representar cambios en la fertilidad del suelo y en los contenidos de materia orgánica, el mejor índice es la actividad microbiana, que ha demostrado ser efectivamente sensible, presentando correlaciones significativas con las rotaciones de distintos cultivos en Chile. Algunos autores, han presentado estimaciones respecto a la carga microbiana, que pretende estandarizar la calidad de suelos fértiles; *Carrillo* (2003), expresó la distribución de los microorganismos en el suelo, como miles por gramo a la profundidad de 35 a 40 cm, colocando primero: las bacterias aerobias en 472, seguido por bacterias anaerobias con 98, los actinomicetos en 49, los hongos con 14 y las algas con 0,5.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F.A.O. (2007) publicó acerca de la productividad en algunos países de América Latina y el Caribe. Por ejemplo, coloca a Costa Rica y Panamá, mostrando oscilaciones considerables durante la última década con reducción de la productividad, por el deterioro acelerado de los factores físico-químicos y biológicos. En Panamá, *Him* (2003) concluyó que, al determinar las concentraciones microbiológicas (recuento de aerobios totales, actinomicetos, anaerobios totales y hongos) estuvieron por debajo de lo estipulado para un suelo fértil tropical, con valores muy por debajo de lo esperado, indicando el mal manejo de los suelos Veraguenses en épocas pasadas.

Villarreal (2010), detectó niveles muy bajos de materia orgánica, acelerado índice de mineralización y muy bajos niveles de actividad microbiana en fincas bananeras Panameñas; en donde la fertilización no se realizaba de acuerdo a resultados de análisis de suelo, registrándose deterioro acelerado de las propiedades físico, químicas y biológicas. La situación en la región de Azuero, fue expuesta en el Plan de Ordenamiento Territorial La Villa por la *Autoridad Nacional del Ambiente* (ANAM), el *Programa Nacional de Administración de Tierras* (PRONAT) y el *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza* (CATIE), sustentando que, parte de la problemática de la cuenca es por: uso extensivo de la tierra, predominio de suelos de las clases IV, VI, VII y un 1% de la VIII; lo cual significa que en realidad sólo el 6,3% de la superficie son adecuados para actividades agrícolas (ANAM y col., 2008).

PARTE EXPERIMENTAL

Área de Investigación y Diseño:

Para este estudio, de carácter descriptivo, longitudinal, se seleccionaron al azar, las muestras de tres diferentes sistemas de manejo agrícola, en etapa de rastrojo, representados en áreas rectangulares de 300 m² y sub-divididos en 15 cuadrantes de 4x5m. Se muestrearon 6 semanas, colectándose semanalmente 30 sub-muestras, por cada sistema de manejo; 15 para análisis microbiológico, de 100 g a 20 cm de profundidad, y 15 para análisis físico-químico, de 50 g en aproximadamente 30 cm. Se formaron muestras compuestas; mezclándose 5 sub-muestras para análisis microbiológico y todas las sub-muestras para el caso de la evaluación físico-química, por cada manejo. Finalmente, se obtuvieron 540 piques semanales y/o 72 muestras compuestas totales.

Nuestras variables constituyeron: cada uno de los sistemas de manejo agrícola del suelo, la actividad y la densidad microbiana, así como los parámetros físico-químicos.

Hipótesis de Investigación: para este estudio se planteó, determinar si al menos uno de los tres suelos con distintos sistemas de manejo agrícola presentaba diferencias estadísticamente significativas en la densidad y actividad microbiana.

La metodología de campo, consistió en lo establecido en el **Manual de Toma de Muestras de Suelo** (IDIAP, 2006), que implica la apertura de cada hoyo en forma de “V”, teniendo en cuenta las profundidades, para sacar una tajada de suelo de $\pm 1/2$

pulgada de espesor, a uno de los lados del hoyo, restándole los bordes y retirando elementos extraños.

La metodología de análisis microbiológico, para la determinación de la densidad microbiana, consistió en lo expuesto por **Ordóñez & Salazar (2013)**, quienes establecen las Técnicas de Diluciones alternadas y Difusión en placa; con una dilución madre de 10 gramos de suelo previamente colado en 90 ml de agua destilada estéril y la dispersión de las alícuotas mediante una varilla de cristal estéril, incubando las placas a temperaturas y tiempos diferentes: aerobios-coliformes a 37°C, por 24 horas; actinomicetos a 29°C, por 7 días; hongos y levaduras a 29°C, por 48 horas. La cuantificación final, se basó en el criterio de observar todas las colonias que crecieron, usando la siguiente fórmula:

Unidad Formadora de Colonia (UFC/100 ml): **Número colonias de bacterias contadas X 100 /volumen de muestra filtrada.**

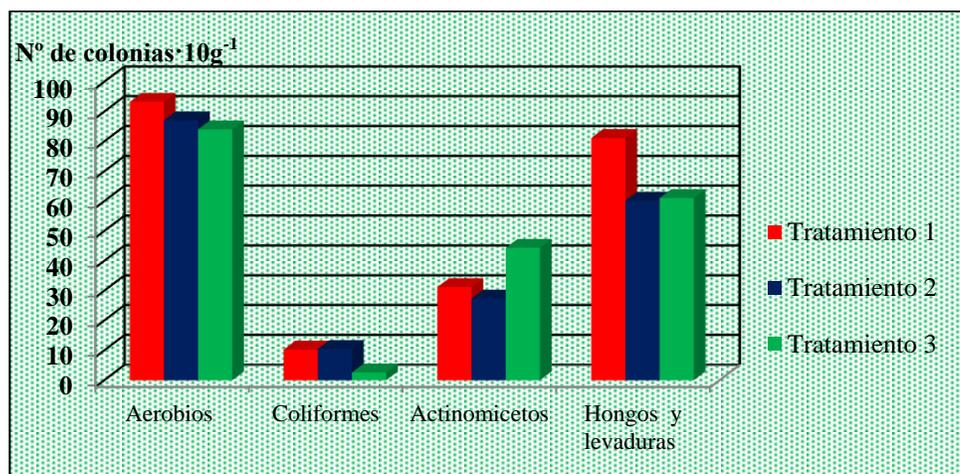
La metodología para la actividad microbiana, consistió en lo planteado por el procedimiento de **Zagal y col. (2012)**, en la Técnica de Respirometría, que consiste en la incubación a 29°C durante 6 días de 50 g de suelo en frascos herméticos estériles, ubicando un erlenmeyer con 15 ml de NaOH 1M en su interior, para recoger el CO₂ y HCl 0,1M, para efectuar la valoración. Además, del procedimiento de **Casida et al. (1984)**, que sustenta la Técnica de Casida, para la determinación de la actividad deshidrogenasa (ADH), empleando una sal soluble, cloruro 2,3,5-trifeniltetrazolio como aceptor final de electrones. Después de incubar las muestras de suelo a 37°C durante 24 horas, ésta sal es reducida, formando 2,3,5-trifenilformazan de color rojo, cuantificado por colorimetría mediante un disolvente, el metanol a una longitud de onda de 485 nm. También, determinamos el Índice de Actividad Microbiológica, indicador de calidad del suelo, mediante lo sustentado en la **Norma Ambiental de Calidad de Suelo para diversos usos** (ANAM, 2009), que consiste en la división de la actividad deshidrogenasa entre el porcentaje de materia orgánica, determinados por los métodos de Casida y Walkley-Black, legalmente establecidos.

La metodología para el análisis físico y químico, consistió en lo definido en el **Manual de Laboratorio de Suelo** (IDIAP, 2006), que establece los métodos de: Bouyoucos, para la definición textural; Conductimétrico, para el análisis de la C.E.;

Gravimétrico, para la humedad; Kjeldahl, para la determinación del N; Munsell para la coloración; Potenciométrico, para el pH; Walkley-Black, para el análisis de M.O. y la Espectrofotometría atómica, como técnica auxiliar, para el análisis de Al, Ca y Mg, mediante la solución extractora de KCl y Melich-1, para el análisis de P, Cu, Zn, K y Mn.

Análisis estadísticos: Para los análisis de los datos se corrieron las pruebas estadísticas ANOVA y correlación de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.



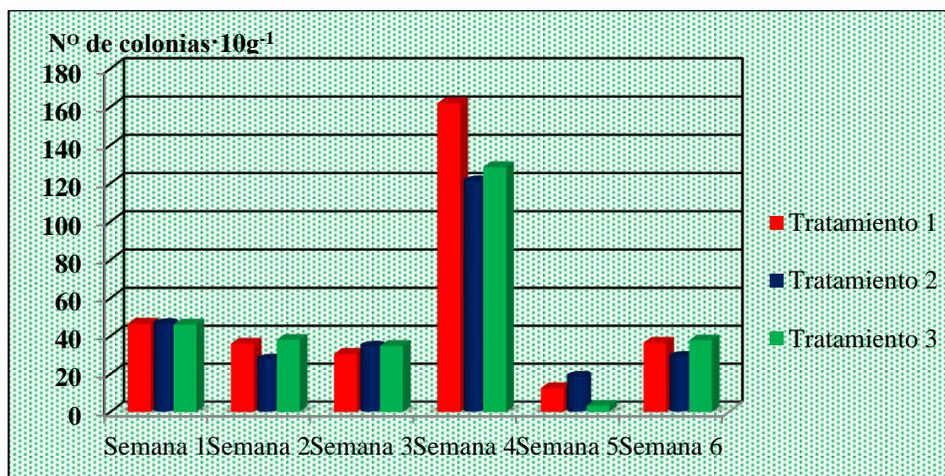
Gráfica 1. Comparación de la Densidad microbiana en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Fuente: Castro & Flores, 2014.

Nota: Tratamiento 1: alternativa orgánica; Tratamiento 2: convencional; Tratamiento 3; casa de vegetación.

Mediante el análisis de comparación múltiple de Duncan, se encontró que los niveles de aerobios totales, actinomicetos, coliformes, hongos y levaduras en los diferentes tratamientos aplicados al suelo, no presentaron medias significativas ($p > 0.05$); resultados parecidos reportó **Him (2009)** en su estudio en suelos Veraguenses, expresando que cada una de las variables estudiadas (hongos, aerobios, actinomicetos y anaerobios), al ser comparadas entre los diferentes manejos del suelo, resultaron estar en igual concentración, significando que las condiciones creadas no incidieron sobre la proliferación de estos microorganismos. En los diferentes suelos, los promedios de los microorganismos tuvieron fluctuaciones muy cercanas en su concentración, observándose el mayor recuento en los aerobios totales, seguido por los hongos y levaduras, actinomicetos y el menor recuento en los coliformes, aunque cabe destacar

que en este último, en el manejo casa de vegetación sólo presentó el 2,6% justificándose, debido a las altas temperaturas obtenidas en el invernadero; además que, en el caso de *Escherichia coli*, teóricamente el proceso de compostaje puede eliminar su presencia, pues su temperatura máxima de crecimiento es 42°C (CATIE & CANIAN, 2003).



Gráfica 2. Comparación de la Densidad microbiana en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos por semanas de muestreos, según Suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Fuente: Castro & Flores, 2014.

Nota: Tratamiento 1: alternativa orgánica; Tratamiento 2: convencional; Tratamiento 3: casa de vegetación.

Durante la semana 4 se obtuvieron los mayores recuentos; 160, 120 y 130 colonias·10 g⁻¹ en los tratamientos bajo alternativa orgánica, convencional y casa de vegetación, respectivamente. Presumimos aumentó, por algunas precipitaciones ocurridas días antes al muestreo, a sabiendas que existen factores que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos como la presencia de agua. Sin embargo, la semana sucesiva (semana 5), presentó los mínimos recuentos obtenidos, quizás porque los altos niveles de humedad limitan la buena oxigenación del suelo, ya que los poros se llenan de agua ocasionando una pobre actividad microbiana aeróbica (CATIE & CANIAN, 2003).

Cuadro 2. Comparación de la Actividad microbiana en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, por medias de Duncan, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

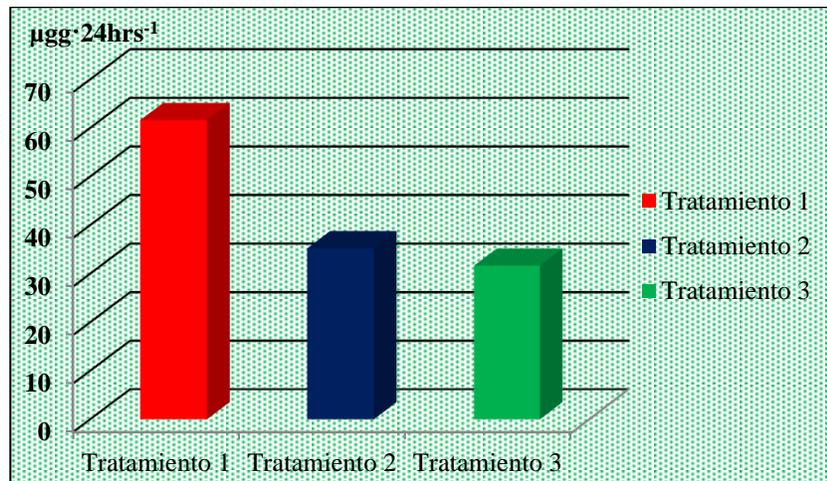
Tratamiento	Media	
2,00	0,56	A
		*Deshidrogenasa
3,00	0,96	A
1,00	1,54	B

Fuente: Castro & Flores (2014).

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

1,00: manejo con alternativa orgánica; 2,00: manejo convencional; 3,00: manejo en casa de vegetación.

La actividad deshidrogenasa presentó diferencia significativa en la alternativa orgánica con una $\bar{x}=1,54$. Sin embargo, el manejo casa de vegetación, al cual se le aplicó materia orgánica animal (cerdaza y gallinaza) no presentó significancia, pese a que autores como **Zacheis et al., (2002)** citado por **García et al., 2007**, encontraron incremento de las actividades enzimáticas por el suministro extra de materia orgánica (estiércol animal). Cabe destacar, que este suelo estaba bastante disgregado y movedizo, así otros autores han encontrado un claro descenso en la ADH, debido a la pérdida de M.O. que se mezcla con los horizontes inferiores del suelo. En cuanto al tratamiento convencional, vemos que tampoco presentó significancia, autores como **Mijangos et al., (2004.,)** citado por **García et al., 2007**, descubrieron resultados significativos relacionados con el uso de herbicidas, de tal forma, que los suelos que han sido sometidos a estos tratamientos muestran un valor más bajo de la actividad deshidrogenasa, probablemente, por causa a que los herbicidas inhiben la actividad biológica, y a pesar de que en los últimos años en estas parcelas convencionales se han utilizado herbicidas; principalmente el Glifosato, insecticidas como el Oxamil, el Imidacloprid, Clorfenapir, Indoxacarb y Abamectina, además de fungicidas como el Captan y Benomyl (**Guerra, 2014**).

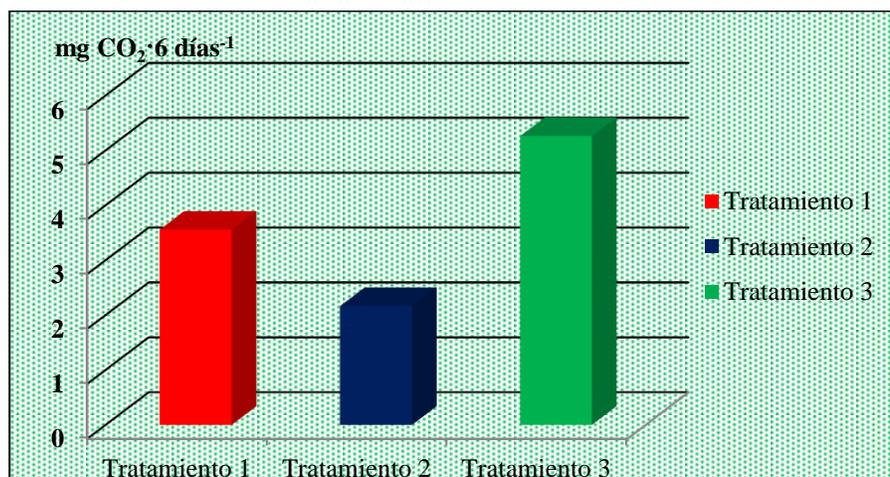


Gráfica 3. Comparación de la Actividad Deshidrogenasa en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Fuente: Castro & Flores, 2014

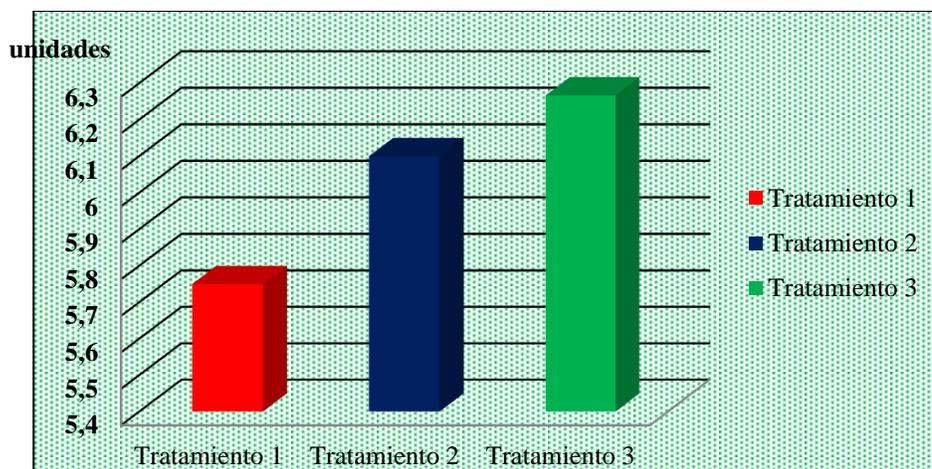
Nota: Tratamiento 1: alternativa orgánica; Tratamiento 2: convencional; Tratamiento 3: casa de vegetación.

El mayor promedio se obtuvo en el tratamiento alternativa orgánica con un 61,5%, seguido del tratamiento convencional con un 35,2% y el tratamiento casa de vegetación con un 31,6%. En la actualidad, existe una gran controversia, en cuanto a las enzimas como indicadores de calidad del suelo; no siempre valores mayores están asociados a manejos más respetuosos, puesto que muchos estudios de suelos convencional han arrojado valores más altos en comparación con suelos ecológicos (García et al., 2007).



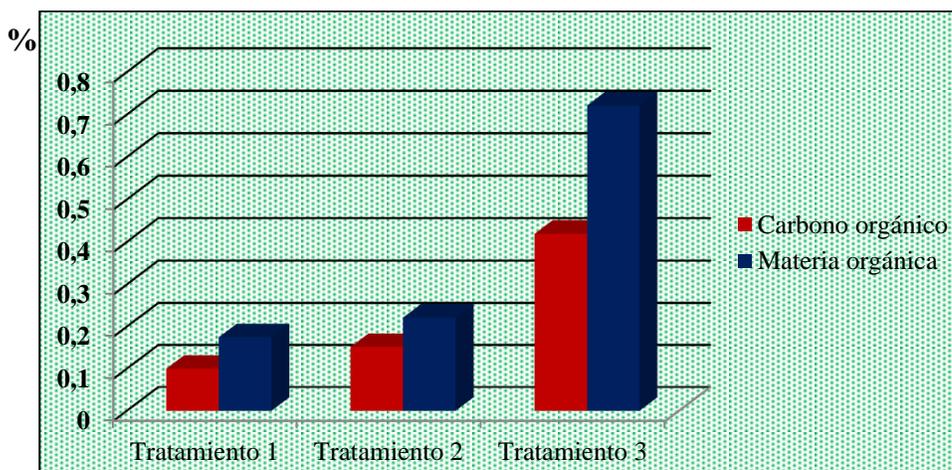
Gráfica 4. Comparación de la Respiración Microbiana en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según Suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014. **Fuente:** Castro & Flores, 2014.

El mayor porcentaje de respiración lo obtuvo el suelo bajo casa de vegetación, seguido del alternativa orgánica y el convencional; esto mismo encontró **Benedicto et al., (2012)** concluyendo que, el compost presentó la tasa más alta de mineralización relativa al final del ciclo de evaluación. Atribuimos, no se observaron amplias diferencias, por la evaluación post-cosecha, ya que los abonos orgánicos presentan distintas etapas en su descomposición, en donde el colapso físico y la transformación bioquímica complejos orgánicos de materiales muertos, se convierten en moléculas simples e inorgánicas, habiendo un rápido descenso en el número de organismos heterótrofos, acompañado por la emisión de poca cantidades de CO₂ y/o también por el tiempo de incubación, pues así lo demostró **Stott et al. (1986,** citado por **Benedicto et al., 2012)** en su estudio, quienes indicaron que la tendencia no es estable durante el período de incubación, por mostrar oscilaciones durante el mismo. Esto evidencia el agotamiento del sustrato carbonado más lábil en incrementos hacia el final de la incubación de aproximadamente 29 días. La existencia de hidratos de carbono disponible para la biota viva en los tratamientos en cuestión, mantuvo un proceso de conversión del carbono lábil a CO₂ muy semejante entre ellos, independientemente, del tipo de carbono orgánico añadido.



Gráfica 5. Comparación del pH en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Se exponen los rangos de pH en los distintos sistemas agrícolas. Suelo ácido presentando diferencia significativa en el manejo alternativa orgánica y suelos poco ácidos con pH de 6,1 y 6,2 unidades en los manejos restantes. Esto sustenta lo expuesto por el **IDIAP (2006)**, expresando que, en la región de Azuero, los suelos varían de muy ácidos a poco ácidos (**González et al., 2002** citado por **IDIAP, 2006**).

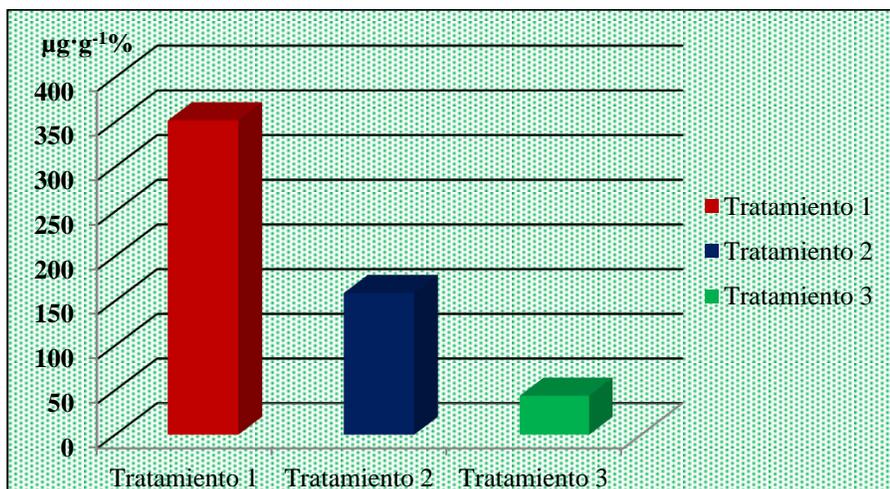


Gráfica 6. Comparación del carbono y materia orgánica en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Nota: Tratamiento 1: alternativa orgánica; Tratamiento 2: convencional; Tratamiento 3: casa de vegetación.

El tratamiento bajo casa de vegetación presentó niveles mayores de estos parámetros (0,4% y 0,7%) aunque no son significantes; ya que, rangos <2 son bajos y a pesar de la aplicación directa de M.O. (compost de cerdaza y gallinaza fermentada). Esto se justifica, debido a que es necesario mantener durante varios años un tratamiento regulado de M.O. bien preparada, para que un suelo presente características orgánicas (**Villarreal, 2014**); además se han practicado otros manejos agrícolas y mezclado con el arado. Esto refleja el estado de deterioro actual en que se encuentran la mayor parte de los suelos del país, sobretodo en áreas de mayor uso agrícola como Los Santos, con niveles bajos de M.O., lo que constituye un indicador de

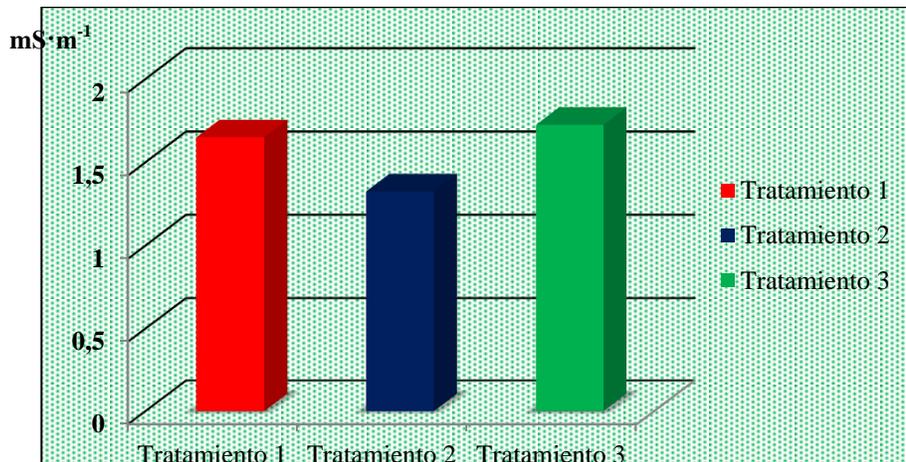
producción poco sostenible. Evidencia, la relación de la poca M.O. con la baja densidad y respiración obtenidas **Herencia et al. (2000)**.



Gráfica 7. Comparación del Índice de Actividad Microbiana en el Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Nota: Tratamiento 1: alternativa orgánica; Tratamiento 2: convencional; Tratamiento 3: casa de vegetación.

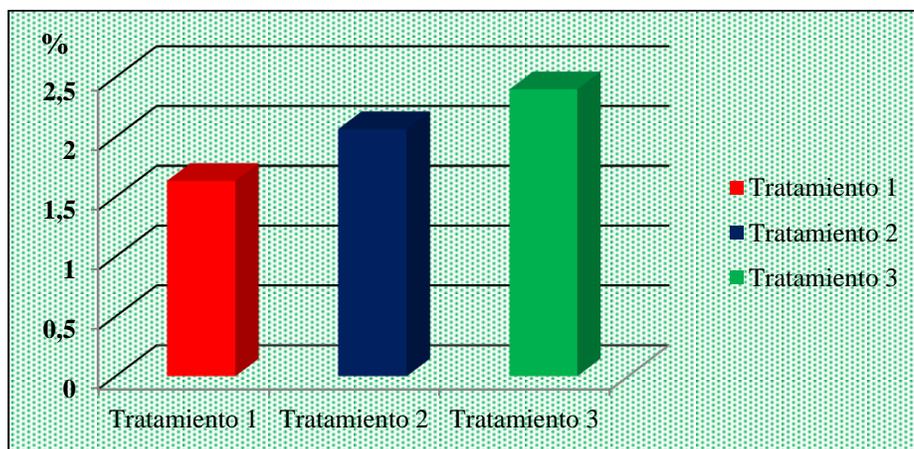
Según el Decreto Ejecutivo # 2 de 14 de enero de 2009 que rige a los Suelos de la República de Panamá, el rango permisible para el Índice de Actividad Microbiana (I.A.M.) está entre 0,5 a 22,0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\%$ como un indicador biológico de la calidad preliminar del suelo en indicios de contaminación o no contaminación; involucrando la actividad enzimática deshidrogenasa que es utilizada, para el monitoreo de suelos contaminados. Todos los tratamientos sobrepasan el LMP's; alternativa orgánica con 351 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\%$, convencional con 158 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\%$ y casa de vegetación con 43 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\%$. Acogiendo el fundamento de dicha normativa, valores fuera de este rango indican que el suelo está potencialmente contaminado, en este caso con agroquímicos, no cumpliendo con dichas normas (**Castillero, 2009**). Sin embargo, esto refleja una sobreactividad microbiana, por la degradación de estos compuestos que no resulta acorde con los bajos niveles de densidad y respiración microbiana obtenidos.



Gráfica 8. Comparación de la Conductividad Eléctrica en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

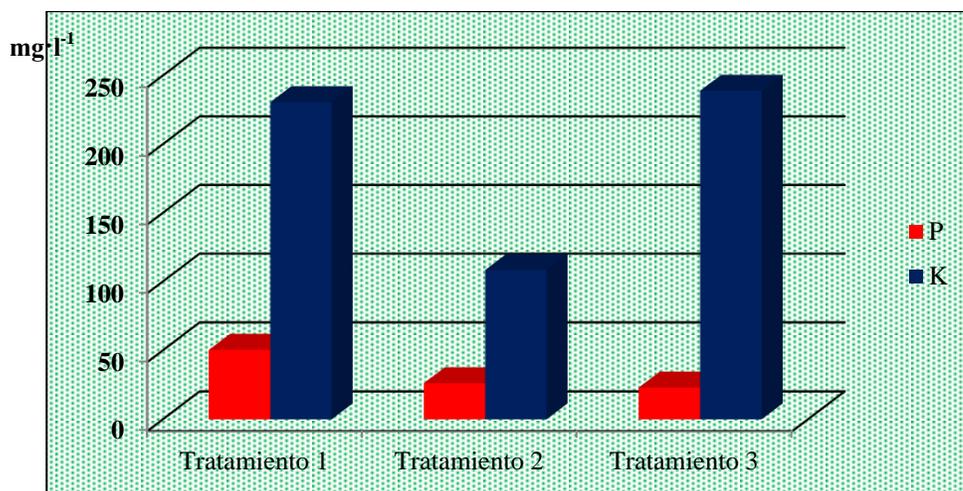
Nota: Tratamiento 1: alternativa orgánica; Tratamiento 2: convencional; Tratamiento 3: casa de vegetación.

La conductividad eléctrica no presentó diferencias significativas (0,47, 0,48 y 0,48) con niveles de $1,6 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$, $1,3 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ y $1,7 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$, en los tratamientos con alternativa orgánica, convencional y casa de vegetación respectivamente, estando en un rango entre 0 a $2,0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ clasificándose como no salinos, según **Vázquez & Bautista (1993)**, complementado los bajos niveles de Na^+ obtenidos. El tratamiento casa de vegetación, presentó un valor superior por las enmiendas orgánicas empleadas (**Campos et. al; 2013**).



Gráfica 9. Disponibilidad de Nitrógeno en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Los niveles de nitrógeno (N) obtenidos fueron niveles medios de 1,63, 2,06 y 2,4 % en los respectivos manejos; sin embargo, no hubo significancia en el test de Duncan. Las dosificaciones por hectárea fueron 103,6 kg, 70 kg, 7 ton. de cerdaza y 7 ton. de gallinaza en la alternativa orgánica, convencional y casa de vegetación, relacionándose con que el mayor nivel de M.O., también se presentó en el manejo casa de vegetación; pues la M.O. contiene cerca del 5% del N total, específicamente la gallinaza posee 1,7 % N y la cerdaza 0,5 % de N (**Graetz, 1997** citado por **Acevedo et al., 2008**; **Cerrato et al., 2005** cita a **Benzing, 2001**). Niveles medios, justificablemente, por la alta volatilización y lixiviación que sufre este elemento tras su mineralización. Además, pudo haberse perdido N en el tiempo de demora para el análisis de las muestras y/o bien por la edad del tratamiento mismo y/o por la demanda de los cultivos en su momento y/o por los bajos porcentajes de materia orgánica que en relaciones C:N muy bajas (>25), hacen que se pierda N por falta de estructuras de carbono que permiten retenerlo.



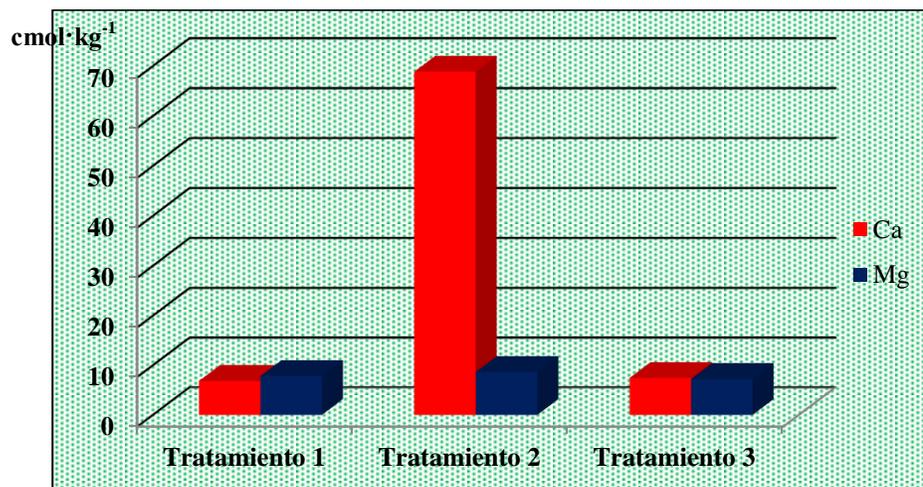
Gráfica 10. Disponibilidad de fósforo y potasio en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Nota: Tratamiento 1: alternativa orgánica; Tratamiento 2: convencional; Tratamiento 3: casa de vegetación.

Se obtuvieron niveles medios de fósforo (50,3; 26,1 y 23,0 mg·l⁻¹). Sin embargo, no estuvo acorde con los rangos de pH, pues en suelos ácidos este nutriente es inmovilizado (**IDIAP, 2006**). La casa de vegetación presentó menor disponibilidad de P,

siendo congruente por ser un suelo arcilloso; ya que, en los suelos de Panamá predomina la caolinita, la cual tiene una alta capacidad de fijar P, por lo cual el nivel predominante es bajo (**IDIAP, 2004**). Justificamos que se presentaron tales aumentos de P en los tratamientos #1 y #2, por los abonos aplicados, trayendo consigo su mineralización, además que la flora edáfica presentó mínimos recuentos, ligando consigo poca inmovilización del mismo.

El potasio (K^+), presentó niveles altos ($230,6$ y $238,9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) en los tratamientos bajo alternativa orgánica y casa de vegetación respectivamente, y nivel medio de $108,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el tratamiento convencional, con una significancia de $2,01$. Según **IDIAP (2006)** en Panamá predominan los niveles medios; además que el K^+ es un elemento muy móvil, además que a pH bajos como en estos suelos su contenido aumenta; debido a las lluvias sujetas a los últimos muestreos que conllevaron a una mayor cantidad de hidroxialuminio disminuyendo la fijación de K^+ (**Aguirre et al., 2007**). Por tal motivo, estos niveles no están acorde con las dosificaciones; puesto que el tratamiento convencional recibió $144 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a diferencia del tratamiento bajo alternativa orgánica que sólo se le aplicó $40,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ni ante el antagonismo existente entre el K^+ respecto al Ca^{++} y Mg^{++} .



Gráfica 11. Disponibilidad de Calcio y Magnesio en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

Nota: Tratamiento 1: alternativa orgánica; Tratamiento 2: convencional; Tratamiento 3: casa de vegetación.

El mayor nivel de calcio (Ca^{++}) se obtuvo en el tratamiento convencional; mientras que, en el caso del Mg^{++} , las oscilaciones fueron muy similares en todos los manejos. Por tal razón, ningún tratamiento presentó diferencias significativas. Los valores obtenidos están considerados como altos, sin resultar acordes con el pH, pues en suelos ácidos, aumenta la disponibilidad de micronutrientes y disminuye la disponibilidad de macronutrientes, como los son los antes mencionados. Tampoco hubo correlación con los niveles de N y K^+ obtenidos, pues según **Barbazán (1998)** la disponibilidad de Ca^{++} se ve afectada por estos macronutrientes e igualmente no existe sincronía en el antagonismo que existe entre sendos nutrientes (Ca^{++} vs. Mg^{++}), manifestándose ambos en niveles altos. Suponemos, que esto ocurrió, por motivo de las dosificaciones, la baja conductividad eléctrica presentada; en donde niveles bajos de sales no desplazarían a éstas bases intercambiables y por la formación geológica en Los Santos, que sustenta baja lixiviación de cationes intercambiables (**Molina, 2008**); ya que, según **IDIAP (2004)** el Ca^{++} y Mg^{++} se encuentran en niveles relativamente bajos en Azuero.

Cuadro 3. Caracterización físico-química en El Ejido, corregimiento de Santa Ana, prov. de Los Santos, según suelos con diferentes manejos agrícolas. Año: abril y mayo de 2014.

	Ca / Mg	Ca+M g/ K	K / Mg	Mg / K	Ca / K	Ca / CIC	K / CIC	Mg / CIC	Sat. de Al	Sat. d Bas es
Trat. 1	2,36	17,91	0,19	5,32	12,5	64,26	5,38	28,1 0	2,22	97,7 4
Trat. 2	61,6	287,2	0,13	20,5	266	70,93	2,35	24,8 7	1,84	98,1 5
Trat. 3	3,02	19,94	0,29	5,98	13,9	67,05	6,10	24,7 2	2,12	97,8 6

								Micronutrientes				
	Textura		Color	Hum	Cl	Na	Na*	Al	Cu	Zn	Fe	Mn
	% A Arc	L		%	cmol·kg ⁻¹			mg·l ⁻¹				
Trat. 1	70	20	4/4 5YR Pardo rojizo	16,9	2,9 5	0,38	0,08	0,2	1, 0	4,3	4,9	50,1
Trat. 2	48	20	4/6 7.5YR Pardo amarillento	8,4	3,4	0,29	0,07	0,2	1, 1	1,1	6,3	14,7
Trat. 3	34	16	4/4 5YR Pardo rojizo	9,5	4,1	0,51	0,08	0,2	1, 1	5,4	5,9	56,5

Nota:  Muy alto;  Medio;  Bajo;  Normal;  Fuera de rango

Trat. 1: alternativa orgánica; Trat. 2: convencional; Trat. 3: casa de vegetación. Na*: sodio en agua.

La caracterización textural y de color de los suelos estudiados, los clasificamos como: franco arenoso-pardo rojizo, franco arcilloso arenoso-pardo amarillento y arcilloso-pardo rojizo para los tratamientos #1, #2 y #3. El aluminio (Al), cobre (Cu) y hierro (Fe) obtuvieron niveles bajos en los tres manejos agrícolas a pesar de que se presentan en mayor disponibilidad en suelos ácidos, especialmente, por el hecho de que en la parte central de nuestro país existen grandes cantidades de óxidos de Fe y Al (**IDIAP, 2006**). Observándose, los bajos porcentajes de materia orgánica que arrojaron estos suelos, el

Cu suele ser bajo (**Molina, 2008**), como también es el caso del Zn, que se manifestó en valores medios para los tratamientos #1 y #3 y un nivel bajo para el tratamiento #2.

Esto es semejante a lo expresado por **IDIAP (2006)**: el Zn es deficitario en más del 90% del territorio Panameño. El manganeso (Mn) tuvo niveles muy altos en la alternativa orgánica y casa de vegetación, y medio en el tratamiento convencional, estando acorde con la abundancia del Mn en los suelos tropicales del país (**IDIAP, 2006**). La baja saturación de Al estuvo congruente con el pH, pues en zonas con menor volumen de precipitación ($100-1300 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1}$) aunado a la formación geológica en Los Santos, se tienen suelos con poca acidez y un nivel bajo de saturación de Al (**IDIAP, 2006**). Mientras que, las relaciones Ca/CIC, Mg/CIC y K/CIC fueron muy altas, con la excepción de este último en el segundo tratamiento con niveles medios. Ca/Mg, K/Mg, Mg/K, Ca/K y (Ca+Mg)/K estuvieron fuera de rango sólo en el tratamiento convencional, demostrando desproporción entre dichos elementos. Tanto para el análisis de sodio (Na^+) en bases intercambiables como sodio en agua (Na^*), los niveles obtenidos fueron bajos: 0,38, 0,29 y 0,51 $\text{cmol}\cdot\text{g}^{-1}$ en el primero y 0,08, 0,07 y 0,08 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ en el segundo, en los tratamientos con órdenes respectivos, demostrándose un mayor valor en la casa de vegetación, por las enmiendas orgánicas aplicadas y complementando el análisis de C.E.

CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias significativas de la densidad microbiana con relación al manejo de los suelos. La actividad deshidrogenasa resultó significativamente diferente en el suelo, bajo alternativa orgánica, conforme a los otros dos manejos.

Para cada uno de los suelos, bajo diferentes sistemas de manejo agrícola, no cumplieron con la Norma Panameña de Calidad Ambiental de Suelo. La materia orgánica fue baja para los tres manejos agrícolas durante la investigación y el pH resultó significativamente diferente en el manejo bajo alternativa orgánica respecto a los otros dos manejos agrícolas.

No se encontraron diferencias significativas en el análisis de fertilidad por N y P, para los tres tipos de manejos agrícolas. Sin embargo, el K resultó significativamente diferente, en el manejo convencional. Con relación a los macronutrientes Ca y Mg y los micronutrientes Cu, Fe, Mn y Zn, no presentaron diferencias significativas en los

diferentes manejos. Finalmente, la hipótesis de investigación es parcialmente aceptada, por sólo haber diferencia significativa al menos en el suelo bajo alternativa orgánica, resultando estadísticamente significativo, en cuanto a la actividad deshidrogenasa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Aguirre, S., Menjivar, J. y Piraneque, N., (2007). Evolución del contenido de elementos nutrientes en suelos cultivados con cebolla de bulbo. *Revista Científica de la Universidad Nacional de Colombia*, 56, 37-42.
2. Autoridad Nacional del Ambiente, Programa Nacional de Administración de Tierras y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2008). Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca del Río La Villa. *Revista Científica CATIE*, 3-19.
3. Autoridad Nacional del Ambiente y Ministerio de Economía y Finanzas. (2009). Norma Ambiental de Calidad de Suelos para diversos usos. Recuperado el 17 de marzo de 2014, de <http://www.cnpml.org.pa/images/nosotros/suelo/decrejecut2.pdf>
4. Barbazán, M., (1998). Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. *Revista Científica de la Universidad de Uruguay*, 7, 14-16.
5. Benedicto, G., Espinoza, V., Guerrero, P. y Quintero, R., (2012). Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos. *Revista científica de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 30 (4), 355-362.
6. Carrillo, L., (2003). Actividad Microbiana en Suelo. Microbiología Agrícola. México: AGT Ed.
7. Castillero, D., (2009). Actividad de la enzima deshidrogenasa. Recuperado el 2 de mayo de 2014, de <https://www.google.com/#q=Actividad+de+la+enzima+deshidrogenasa>
8. Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza & Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos. (2003). Abonos orgánicos. Costa Rica: Catié Ed.
9. García, Y., Lon, W. y Ortíz, E., (2008). Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Los Avicultores y su Entorno. Recuperado el 2 de diciembre de 2013,

de <http://www.engormix.com/MA-avicultura/manejo/articulos/efecto-residuales-avicolas-ambiente-t1732/p0.htm>

10. Herencia, J., Melero, S. y Ruiz, J., (2000). Status microbiano del suelo en parcelas nutridas orgánica versus mineralmente. *Revista Agraria*, 5(3), 4-5.
11. Him, J., (2003). Densidad microbiana en parcelas de suelos con diversos grados de productividad en el proyecto de reforestación con *Pinus caribaea* de la Yeguada. *Revista Tecnociencia*, 9(2), 31-41.
12. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (2004). *Revista Científica*, 15 (0258-6452), 7-8.
13. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (2006). Manual de Laboratorio de Suelo. *Revista Científica*, 27, 12-128.
14. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (2006). Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes. *Revista Científica*, 30, 1-10.
15. Launt, K., (1998). Degradación del suelo (compendio de informes). *Revista Environmental World*, 23, 7-21.
16. Molina, E. (2008). Análisis de suelo y su interpretación. *Revista Agronómica*, 9, 1-8.
17. Ordóñez, C. y Salazar, A., (2013). Aislamiento e identificación de actinomicetos fijadores de nitrógeno en suelo del jardín botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia: Pistar Ed.
18. Villarreal, J. y Name, B., (2014). Compendio de resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP: Estudio de suelos ultisoles y alfisoles realizados en las estaciones experimentales de Calabacito, Guarumal y Río Hato. *Revista Científica*, 1-207.
19. Villarreal, J., (2010). Determinación de un índice de calidad del suelo en áreas productoras de banano (*MUSA x paradisíaca L.*) de la vertiente del Pacífico de Panamá. España.

AGRADECIMIENTO

Queremos hacer nuestras extensivas consideraciones de agradecimiento al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), así como al Centro Regional Universitario de Azuero, en la Escuela de Biología, Unidad de Investigación.