

Recibido: 08/08/15; Aceptado: 06/11/15

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



Evaluación de las propiedades físicas y químicas de tres tipos de suelos procedentes de Guararé y Los Santos

Alexis De La Cruz L.¹, Jhoel Tuñón², Alex Cruz³, Pablo Mendoza⁴

¹ MSc. En Microbiología. Profesor, Tiempo parcial, Escuela de Biología, Departamento de Microbiología y Parasitología, C.R.U.A., Universidad de Panamá. E-mail: alexisdela@gmail.com. ² Ing. Agrónomo, Universidad de Panamá. E-mail: antoniojhoel03@gmail.com. ³ Lic. en Recursos Naturales, U.S.M.A. E-mail: acruz2508@yahoo.es ⁴ Lic. En Recursos Naturales. Universidad de La Paz.

Resumen

El objetivo de esta investigación, fue evaluar las propiedades físicas y químicas de tres tipos de suelos, se tomaron muestras al azar de suelos con actividad ganadera y agrícola en el distrito de Los Santos, y muestras de suelo forestal en el distrito de Guararé. Se determinaron los parámetros físicos como pH, conductividad, punto de carga cero, textura; mientras que los parámetros químicos analizados fueron: capacidad de intercambio catiónico, ácido húmicos, huminas, fulvicas, y la fertilidad de suelo en función de calcio, nitrógeno, fósforo magnesio, hierro, cobre, aluminio, zinc y molibdeno. Los datos fueron tabulados y comparados mediante la prueba estadística de diferencia de medias. Los resultados encontrados arrojaron que los suelos son de textura franco, en tanto que el forestal resulto franco arenoso, en función de la diferencia de media,

resulta que los suelo ganadero y forestal son ligeramente ácidos, y el agrícola cercano a la neutralidad, al relacionar los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC), con los porcentaje de materia orgánica, resultaron que todos tiene baja CIC, con la excepción del suelo ganadero, que presento un porcentaje de materia orgánica, por arriba del 2%, lo que no se relacionan; los valores de conductividad eléctrica, arrojaron resultados más alto para el suelo forestal, no obstante sus concentraciones de calcio y magnesio fueron bajas. Respecto al punto de carga cero para los tres tipos de suelo, el agrícola cumple con este parámetro. Se concluye que los tres suelos tienen iguales similitudes físicas y químicas.

Palabras claves: suelo, propiedad física, propiedades químicas, fertilidad, capacidad de intercambio catiónico

Introducción

El suelo, según la Secretaria Americana de la Ciencia del Suelo (1984), es considerado un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera y con los estratos que están debajo de él, que influye en el clima y en el ciclo hidrológico del planeta, sirviendo como medio de crecimiento para diversos organismos (**Normas Oficiales Mexicana, 2003**). Está compuesto por agua, aire, partículas minerales, materia orgánica y organismos vivos confiriéndole la capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso. Sin embargo, la cantidad de estos constituyentes no es la misma en todos los suelos. La condición y el funcionamiento del suelo es clave para la producción de alimentos y para el mantenimiento de la calidad ambiental a escalas local, regional y global. No sólo es la base para la agricultura y para los diferentes ecosistemas, sino que además de él depende toda la vida del planeta. Sin embargo, la aceptación de la degradación del suelo por diferentes usos y prácticas de manejo es reciente, posiblemente por su elevada capacidad amortiguadora y a pesar de varios intentos internacionales por establecer indicadores de calidad, aún no hay un conjunto definido principalmente por la dificultad en definir calidad del suelo y a la falta de estandarización de métodos analíticos (**García et al., 2007**).

La degradación del suelo es causada, principalmente por la sequía y causas antropogénicas que afecta al 28% de los suelos, la resistencia mineral y problemas químicos afecta a un 23%, mientras que la escasa profundidad es un problema que caracteriza a 22% de los suelos; el exceso de agua y las heladas son las limitaciones que afectan principalmente a 10% y 6%, respectivamente, de los suelos del mundo **(Normas Oficiales Mexicana, 2003)**.

En Panamá aproximadamente el 30% de las tierras han sido definidas como degradadas y este proceso aumenta de manera tangible. Una de estas regiones es el Arco Seco, cuya problemática ha sido inducida por el mal uso de los recursos naturales **(ver figura No. 1)**. Esto trae como consecuencia la pérdida de la capacidad productiva del suelo y la degradación de los mismos por causas antropogénicas con prácticas agrícolas no sostenibles **(A.N.A.M., 2007)**.

Gran parte de los suelos de la cuenca media del Rio La Villa no son aptos para la agricultura y en los casos en los que se puede hacer esta actividad se debe aplicar metodologías apropiadas. La existencia de erosión en pendientes por las metodologías que se aplican en los sectores agrícola y pecuario son ejemplos de ello **(A.N.A.M., 2008)**.

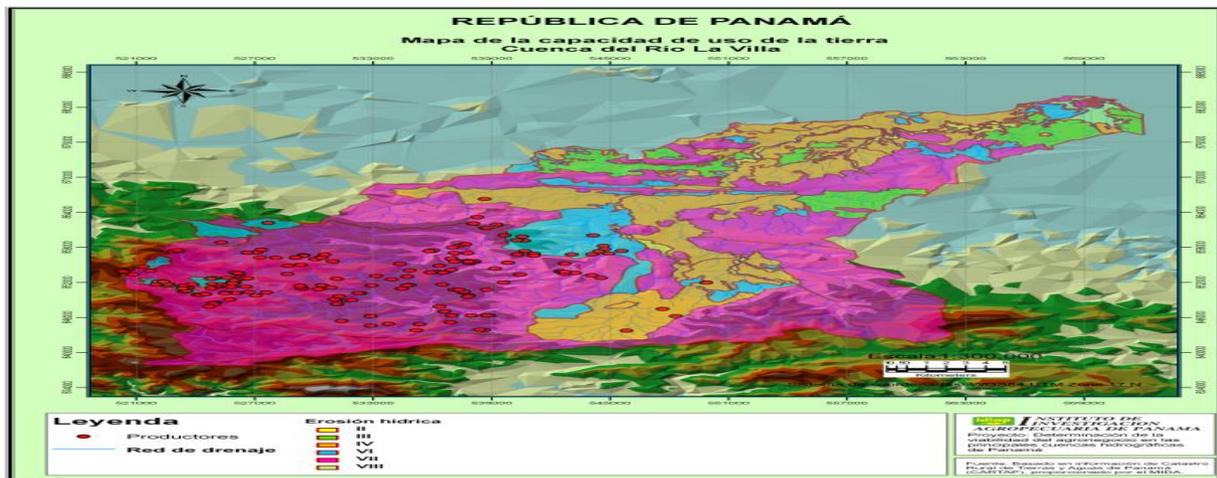


Fig. No.1 Mapa que muestra la capacidad de uso de la tierra en el Arco Seco de Azuero.

Fuente: Atlas de Tierras Secas y Degradadas, 2010

De allí que la importancia de mantener en el suelo un equilibrio químico (cantidad y proporción adecuada de nutrientes), físico (porosidad, capacidad de retención de agua, drenaje, temperatura y respiración) y biológico (todos los organismos visibles y no visibles del suelo), ha sido subestimada por los sistemas de producción convencional y su efecto ha traído como consecuencia suelos pobres y enfermos que no son capaces

de sostener un buen rendimiento (**Macías y Mosquera, 1993**). Estudios para cuantificar la degradación de los suelos en grandes áreas a través de la modificación de sus propiedades, pérdida de fertilidad y baja productividad en cultivos específicos han sido realizados por **Gómez et al., (2008)**, **Luters y Salazar. (2000)** y **Córdova et al. (2009)**.

Atendiendo al modo como se produce, existen cinco procesos de la degradación: biológica, eólica, física, hídrica y química (**Mélendez y Soto, 2003**).

Entre los principales indicadores del avance de la degradación de un suelo se pueden mencionar: cambios en el pH del suelo, disminución del contenido de nutrientes, pérdida de materia orgánica, incremento en la acidificación, aumento en la conductividad eléctrica, disminución en la capacidad de retención de humedad, vulnerabilidad a la erosión, formación de costras en la superficie del suelo, compactación y pérdida de la estructura (**Otero, 2011**).

El análisis de suelo, es una importante herramienta que bien usada sirve para el diagnóstico de suelo, para determinar las propiedades edáficas así como su estado de fertilidad, lo que permitirá recomendar sobre la fertilización y verificar avances en la degradación de los suelos (**Villareal y Name, 2012**).

Entre las propiedades que se pueden evaluar en una muestra de suelo están: pH, textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), porcentaje materia orgánica (% MO), densidad aparente (DA), el punto de carga cero (PCC), la fracción húmica y fúlvica. Para el caso de los componentes químicos están: Aluminio, calcio, cobre, fósforo, magnesio, manganeso, molibdeno, nitrógeno, y zinc.

El objetivo del presente trabajo fue determinar algunas de las propiedades físicas y químicas de suelos bajo actividades agrícolas y ganaderas y de corte forestal en la provincia de Los Santos.

Metodología

Diseño del Estudio:

Para este trabajo, se tomaron en cuenta tres suelos bajo las acciones ganaderas, agrícolas y forestales, cada uno de ellos, fue monitoreado al azar en cuatro puntos, con cinco réplicas (submuestras) por puntos.

Ubicación del Estudio:

Las muestras de suelo fueron tomadas en tres puntos, en la provincia de Los Santos, donde se describe su ubicación mediante georreferenciación como sigue en la siguiente tabla:

Cuadro No.1: Ubicación Geográfica de los tres tipos de suelo bajo estudio, en la provincia de Los Santos

Tipo de suelo	Coordenadas		Localidad
Agrícola (AG)	N:0569467	E:0874676	Finca Colegio Coronel Segundo de Villareal
Ganadero (GA)	N:0566525	E:0875408	Finca detrás del Hospital Regional-Los Santos
Forestal (FO)	N 0579634	E: 0868726	Guararé-La Enea

Fuente: De La Cruz, Tuñón, Cruz, Mendoza, 2014.

Variables: Fertilidad de suelo: parámetros físicos y químicos, tipo de suelo (agrícola, ganadero y forestal).

Hipótesis de Investigación:

Ho: No Existen diferencias entre los tres tipos de suelo (agrícola, ganadero y forestal en función de las propiedades de fertilidad.

Hi: si existen diferencias entre los tres tipos de suelo (agrícola, ganadero, forestal en función de las propiedades de la fertilidad.

Metodología

Monitoreo en Campo:

Para la toma de muestras de suelo, se ubicaron tres sitios, usando el método de muestreo al azar, se tomaron cuatro puntos de cada suelo con 5 réplicas (submuestras) de cada uno, a 30 cm de profundidad, con la ayuda de una pala y coa, las submuestras (muestras simples) fueron mezcladas de cada uno de los cuatros puntos por tipo de suelo, para completar una libra de suelo (muestra compuesta), las cuales fueron colectada en bolsas ziploc, la misma fueron rotulada y conservadas, hasta su posterior análisis .

De manera colateral se tomaron muestras para medir la densidad aparente (4 puntos de cada suelo), usando un cilindro de aluminio, con un volumen de 69.27 cm³, el cual se enterró a 30 cm de profundidad y lateralmente, con la ayuda de un mazo, la muestra de suelo proveniente del cilindro, se conservaron en bolsas ziploc, debidamente rotuladas, hasta su posterior análisis.

Manejo de las muestras en Laboratorio:

Las muestras tomadas en campo fueron secadas, principalmente las muestras que se usaron para evaluar densidad aparente, se colocaron en un horno a 105°, por 24 horas, el resto de las muestras fueron secadas bajo condiciones ambientales.

Análisis de Fertilidad

Las muestras de suelo, una vez secadas por 72 horas, fueron desmenuzadas, mediante mortero y pilón, y luego tamizadas, usando un colador de malla de 2 mm de diámetro, todas las muestras fueron almacenadas, para el análisis de fertilidad y nutriente, como se describe a continuación.

Análisis de densidad aparente: se realizó usando un cilindro metálico, de volumen conocido, el cilindro se enterró a 30 cm de profundidad en cada uno de los tres tipos de suelo, el cual fue retirado mediante una pala haciéndose un corte lo más horizontalmente posible, el conjunto cilindro más suelo fueron pesados usando una balanza sencilla, luego el suelo fue colocado en horno a 105°C, y después de 24 horas se retiró, dejándose enfriar, y posteriormente se pesó, y se calculó usando la siguiente fórmula:

Densidad aparente (g/cm³)= peso de la muestra seca a 105°C/volumen del cilindro.

Textura: usamos el método del Hidrómetro, donde se mide la densidad o cantidad de sólidos en suspensión por medio de un hidrómetro especial (densímetro), usando un hidrómetro calibrado a 26°C, en donde la muestra seca cuyo peso de 50 gramos, los cuales fueron colocada en una vaso mecánico con 20 ml de metafosfato de sodio al 10% y se llevó a 700 ml con agua destilada, se agito y se colocó en un cilindro de 1000 ml, completándose hasta 1100 ml con agua destilada. Se agito 20 veces con un agitador vertical, se dejó reposando por 40 segundo y se tomó la primera lectura con hidrómetro y termómetro. Luego se dejó reposando por dos horas y se hizo el mismo procedimiento

anterior, se hicieron las correcciones del valor del hidrómetro con la temperatura tomada, usando la escala descrita por el Manual de Técnica de Laboratorios de Suelo.

Potencial de Hidrogeno (pH): Se usaron las determinaciones de pH en suspensiones de suelo agua 1:2 (V/V), usando un pH metro de marca Orión, se tomaron 30 ml en pasta saturada, se agita por una hora y se procede a medir de manera directa. Igualmente se midió el pH con cloruro de potasio (KCl 1 N).

Conductividad eléctrica: Se prepara una pasta saturada, luego con una bomba se extrae con una bombita, a filtro de presión, el extracto que se El pH del suelo refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H+) que se da en la interface líquida, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos para finalmente clasificarlos por su acidez o por su alcalinidad (**Arce et al., 2006**).

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Se pesó, 5g de suelo seco al aire y pasado por tamiz < 2mm. Se colocó en un tubo de centrifuga de 50 ml, agrego 30 ml de acetato de amonio 1N pH 7.0, se Agitó durante 15 minutos. Se Centrifugó por 10 minutos y decante, (se guardó el decantado). Se repitió a 100 ml con acetato de amonio 1N pH 7.0, se agregó al tubo de centrifuga conteniendo el suelo, 20 ml de etanol al 95% y se agitó durante 10 minutos. Se tituló con HCl 0.2N (cambio del indicador es de verde a color salmón).

Cálculos:

$$\text{C.I.C.} = \frac{\text{ml de HCl en la titulación consumidos x N del ácido x100}}{\text{g de muestra}}$$

Materia Orgánica (%): Para la determinación de la materia orgánica, se usó el método de Walkle and Black, modificado, utilizando la volumetría, se pesó un gramo del suelo bajo estudio, de las muestras secadas y tamizadas, y mediante volumetría se añadió 10 ml de solución de dicromato de potasio 1N, con 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, agitándose, y dejándose en reposo por 30 minutos, , se le añadió 170 ml de agua destilada, se agito y adiciono 10 ml de ácido fosfórico al 85%, 0.2 gramos de fluoruro de sodio y 30 gotas del indicador, se procedió a titular con una solución ferrosa 0.5, notándose un cambio de color azul a verde brillante, anotándose el volumen consumido ,

y también se aprovechó, para calcular la normalidad del sulfato ferroso, la fórmula que se plasma:

$$\%CO = (N1 - V1 - N2 - T) / \text{peso del suelo} \times \text{factor}$$

$$\% \text{ M.O.} = \% \text{ CO} \times 1.724$$

Fracción Húmica y Fúlvicas: Esta composición del humus es:

- **Ácidos húmicos**

Fracción soluble en reactivos alcalinos y precipitables por los ácidos. Pudiendo distinguir ácidos húmicos pardos y ácidos húmicos grises.

- **Ácidos fúlvicos**

Fracción soluble en reactivos tanto ácidos como alcalinos y no precipitables en medio ácido

El estudio de metodología para las sustancias húmicas, se hizo en base a la aplicación de una técnica que consistió en cuatro o más extracciones sucesivas con diversos reactivos químicos. Primero se efectuó dos extracciones con pirofosfato de sodio: una a pH 7 y otra a pH 9.8. Esto nos permitió la extracción de sustancias húmicas, gracias a su acción complejante sobre cationes metálicos, tales como el calcio, hierro y aluminio, disociando los humatos calcáreos y aluminoférricos. En segundo lugar se llevó a cabo dos extracciones con NaOH., en frío, pH aproximado de 14 de acción mucho más drástica, lo cual permite la extracción de ácidos húmicos muy ligados a la arcilla.

Punto de Carga Cero (PCC): La metodología para este parámetros consistió en pesar 4 gramos de suelo tamizado en frasco de 100 ml, los cuales se adicionaron 20 ml de agua des ionizada para los tres tipos de suelo, luego se añadió HCl o NaOH al 0.1 N, hasta obtener valores de pH con aproximados de de pH de 3,4,5,6,7 y 8, con agitación, luego fueron llevados a un volumen final de 40 ml con agua des ionizada, durante cuatro días, se dejó que el suelo se equilibrara a temperatura ambiente y luego se midió el pH (pH1) de cada muestra, luego se aplica 1 ml de NaCl 2N, se agito por 3 horas y se midió el valor del pH (pH2), luego se calculó, el valor del delta pH , así: $\Delta pH = pH2 - pH1$ y se construyó una gráfica, para determinar el punto donde delta de pH es igual a 0.

Medición de la fertilidad química (Ca, P, N, Mn, Fe, Al, Cu, Zn, Mo, Mg): Para la evaluación de los componentes químicos, se usó el espectrofotómetro de marca **HACH, DR 5000,**

Los datos fueron tabulados y analizados mediante la prueba estadística SPSS, y la prueba de diferencia de medias.

Resultados y Discusión

Parámetros Físicoquímicos, Fraccionamiento Químico, Carbono Orgánico y Punto De Carga Cero.

El primero de los parámetros físico químicos evaluados fue la textura; sabemos que el suelo está constituido por partículas de diferente tamaño. Conocer la granulometría es esencial para cualquier estudio del suelo; el porcentaje de limo, arena y arcilla arrojados por la prueba de textura para los tres tipos de suelo bajo estudio fueron llevados al triángulo de texturas o diagrama textural obteniendo así los valores promedios presentado en el **Cuadro No. 2**.

Cuadro No. 2: Porcentajes Promedios De Arcilla, Limo y Arena Para Los Tipos De Suelo En Estudio.

SUELO	ARCILLA (%)	LIMO (%)	ARENA (%)	TEXTURA
<i>Agrícola</i>	24	40	36	Franca
<i>Ganadero</i>	15	35	50	Franca
<i>Forestal</i>	11	21	68	Franco arenoso

Fuente: Los autores, 2014.

El porcentaje de arcilla, limo y arena varía en los tres tipos de suelo, a pesar de ello los porcentajes que poseen los suelos ganadero y agrícola les permite entrar dentro del rango de valores predichos para suelos **Francos** según el triángulo de textura. La textura franca se considera la textura ideal ya que posee una mezcla equilibrada de los componentes, arcilla, limo y arena; lo que supone una facilidad media para la permeabilidad, retención del agua y disponibilidad de nutrientes, por su parte la aireación debe ser buena.

Cuadro No. 3: Comparaciones múltiples de las medias para DAP, pH, CE y CIC En Suelo Agrícola, Ganadero y Forestal.

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente	
					Límite inferior	Límite superior				
DAP	S.AGRICOLA	4	1.1975	.02363	.01181	1.1599	1.2351	1.18	1.23	
	S.GANADERO	4	1.3000	.08165	.04082	1.1701	1.4299	1.20	1.40	
	S.FORESTAL	4	1.2250	.12583	.06292	1.0248	1.4252	1.10	1.40	
	Total	12	1.2408	.09130	.02636	1.1828	1.2988	1.10	1.40	
	Modelo Efectos fijos Efectos aleatorios			.08767	.02531 .03063	1.1836 1.1090	1.2981 1.3726			.00089
pH	S.AGRICOLA	4	6.8000	.11547	.05774	6.6163	6.9837	6.70	6.90	
	S.GANADERO	4	6.3750	.28723	.14361	5.9180	6.8320	6.00	6.70	
	S.FORESTAL	4	6.1750	.23629	.11815	5.7990	6.5510	6.00	6.50	
	Total	12	6.4500	.33979	.09809	6.2341	6.6659	6.00	6.90	
	Modelo Efectos fijos Efectos aleatorios			.22485	.06491 .18428	6.3032 5.6571	6.5968 7.2429			.08924
CE	S.AGRICOLA	4	.4300	.00000	.00000	.4300	.4300	.43	.43	
	S.GANADERO	4	.4900	.00816	.00408	.4770	.5030	.48	.50	
	S.FORESTAL	4	8.5750	.09574	.04787	8.4227	8.7273	8.50	8.70	
	Total	12	3.1650	3.99595	1.15353	.6261	5.7039	.43	8.70	
	Modelo Efectos fijos Efectos aleatorios			.05548	.01602 2.70506	3.1288 -8.4739	3.2012 14.8039			21.95121
CIC	S.AGRICOLA	4	7.1750	.23629	.11815	6.7990	7.5510	7.00	7.50	
	S.GANADERO	4	8.8000	.16330	.08165	8.5402	9.0598	8.60	9.00	
	S.FORESTAL	4	5.6250	.05000	.02500	5.5454	5.7046	5.60	5.70	
	Total	12	7.2000	1.36248	.39332	6.3343	8.0657	5.60	9.00	
	Modelo Efectos fijos Efectos aleatorios			.16833	.04859 .91663	7.0901 3.2561	7.3099 11.1439			2.51354

Fuente: Los autores. 2014.

La textura de los suelos agrícolas, ganaderos indican, una presencia media de arenas, mientras que el forestal presenta textura franco con gran predominio de arenas, es decir que en él podemos encontrar partículas gruesas y por tanto la presencia de macroporos (Ferraris, 2003).. En el cuadro No. 3 podemos apreciar, que a pesar, que en los tres tipos de suelo la media en la densidad aparente tiende a variar, es poca la diferencia que existe y esto se corrobora en el cuadro No. 5, en donde los resultados arrojados por el SAS no indican diferencias significativas entre los suelos. La densidad aparente de los suelos está en un rango de 1.2 a 1.3 g/cm³ lo que concuerda con los valores de DAP para suelos francos y franco arenosos.

En cuanto a la materia orgánica, se puede mencionar que entre mayor sea el contenido de esta, menor será la densidad aparente por tener una menor densidad que la materia mineral (Gelantini et al, 1994). Los valores de MO para los tres suelos son aceptables en concordancia con los valores de textura y densidad aparente mencionados con anterioridad. A pesar de ello en el cuadro No. 4, vemos que el porcentaje de MO para suelo agrícola y forestal son bajos, mientras que para el suelo ganadero es alto, esto puede ser debido a que la actividad ganadera aporta materia orgánica al suelo pero

aumenta el grado de compactación del mismo (suelo ganadero, mayor % de MO y mayor valor de DAP). El bajo contenido de MO nos confirma la poca disponibilidad de ácidos húmicos (Ag-0.5mg/L; Ga-0.5mg/L; Fo-0.51 mg/L) y ácidos fúlvicos (Ag-8 mg/L; Ga-1.6 mg/L; Fo-1.5 mg/L).

Cuadro No. 4: Porcentaje De Materia Orgánica en Suelos Agrícola, Ganadero y Forestal.

Tipo de suelo	% DE CO	% MO
Suelo Ganadero	2.27	3.91
Suelo Agrícola	1.08	1.86
Suelo Forestal	0.86	1.49

Fuente: Los autores, 2014.

Cuadro No. 5: Comparación Múltiple De DAP, pH, CE y CIC en Suelos Agrícola, Ganadero y Forestal.

Variable dependiente	(I) SUELO	(J) SUELO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza		
						Límite inferior	Límite superior	
DAP	DMS	S.AGRICOLA	S.GANADERO	-.10250	.06199	.133	-.2427	.0377
			S.FORESTAL	-.02750	.06199	.668	-.1677	.1127
		S.GANADERO	S.AGRICOLA	.10250	.06199	.133	-.0377	.2427
			S.FORESTAL	.07500	.06199	.257	-.0652	.2152
		S.FORESTAL	S.AGRICOLA	.02750	.06199	.668	-.1127	.1677
			S.GANADERO	-.07500	.06199	.257	-.2152	.0652
pH	DMS	S.AGRICOLA	S.GANADERO	.42500*	.15899	.025	.0653	.7847
			S.FORESTAL	.62500*	.15899	.003	.2653	.9847
		S.GANADERO	S.AGRICOLA	-.42500*	.15899	.025	-.7847	-.0653
			S.FORESTAL	.20000	.15899	.240	-.1597	.5597
		S.FORESTAL	S.AGRICOLA	-.62500*	.15899	.003	-.9847	-.2653
			S.GANADERO	-.20000	.15899	.240	-.5597	.1597
CE	DMS	S.AGRICOLA	S.GANADERO	-.06000	.03923	.160	-.1487	.0287
			S.FORESTAL	-8.14500*	.03923	.000	-8.2337	-8.0563
		S.GANADERO	S.AGRICOLA	.06000	.03923	.160	-.0287	.1487
			S.FORESTAL	-8.08500*	.03923	.000	-8.1737	-7.9963
		S.FORESTAL	S.AGRICOLA	8.14500*	.03923	.000	8.0563	8.2337
			S.GANADERO	8.08500*	.03923	.000	7.9963	8.1737
CIC	DMS	S.AGRICOLA	S.GANADERO	-1.62500*	.11902	.000	-1.8943	-1.3557
			S.FORESTAL	1.55000*	.11902	.000	1.2807	1.8193
		S.GANADERO	S.AGRICOLA	1.62500*	.11902	.000	1.3557	1.8943
			S.FORESTAL	3.17500*	.11902	.000	2.9057	3.4443
		S.FORESTAL	S.AGRICOLA	-1.55000*	.11902	.000	-1.8193	-1.2807
			S.GANADERO	-3.17500*	.11902	.000	-3.4443	-2.9057

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Revis

Podemos decir que los suelos Forestales y Agrícolas tienen pH ligeramente ácido, mientras que el ganadero es prácticamente neutro. Por ello en el **cuadro No. 5**, se manifiesta una diferencia significativa en la media del suelo forestal con respecto al valor de pH de los otros dos tipos de suelos.

El hecho de medir el pH del suelo, en KCl 1 N se debe, a que así el pH resulta independiente de la dilución y la concentración salina inicial, la concentración de KCl 1N es casi equivalente a la concentración total de electrolito en la solución de un suelo no salino, el pH medido en KCl 1N refleja más el pH en torno a las raíces de las plantas y se disminuye el error por efecto de suspensión debido a que el ión K floclula el suelo (**Arce et al., 2006**)

La diferencia entre pH medido en KCl 1N (pH_{KCl}) y pH medido en agua (pH_{H_2O}) se define como delta pH (**cuadro No. 6**). $DpH = pH_{KCl} - pH_{H_2O}$.

Cuadro No. 6: Delta pH En Suelo Agrícola, Ganadero y Forestal

Tipo de Suelo	pH En Agua	pH En KCl	Diferencia (ΔpH)	Promedio
SUELO GANADERO	6.8	4.6	-2.23	5.71
SUELO AGRICOLA	6.4	5.4	-1.01	5.94
SUELO FORESTAL	6.2	5.5	-0.68	5.83

Fuente: Los Autores, 2014.

En los tres tipos de suelos evaluados el delta pH es inferior a cero, indicando que son suelos con predominio de cargas negativas. En suelos salinos y/o con $\text{pH} > 7$, el D pH tiene un significado distinto. Si pH_{KCl} es similar a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, indica que el suelo está saturado de bases.

Cuando un suelo tiene un exceso de sales solubles se le denomina suelo salino. El análisis de la CE en suelos se hace para establecer si las sales solubles se encuentran en cantidades suficientes como para afectar la germinación normal de las semillas, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua por parte de las mismas (**Luters y Salazar, 2000**). Los cuadros No. **3** y No. **5** presentan valores de CE ligera para el suelo agrícola y ganadero de (0.42 y 0.40 mmho/cm) y para el suelo forestal la CE es intensa. Los suelos AG y GA no presentan diferencias significativas en sus medias pero si una marcada diferencia al momento de compararlos con el suelo forestal (8 mmho/cm). Podemos referirnos a esta diferencia como el resultado de la posible e intensa acumulación de sodio, ya que el suelo forestal se encuentra en un área costera.

La CIC para el suelo Agrícola, Ganadero y Forestal en este estudio es baja 7.1, 8.8 y 5.6 cmol/100 g respectivamente (**Cuadro No. 3**). En cuanto a los **factores** que hacen que un suelo tenga una determinada capacidad de cambio de cationes son varios. El primero es el tamaño de las partículas; cuanto más pequeña sea la partícula, más grande será la CIC, si recordamos los suelos evaluados poseen partículas de tamaño medio a grande además poseen bajo porcentaje de materia orgánica, esto posiblemente ha influido en la baja CIC de los suelos. Naturaleza de las partículas, la composición y estructura de las partículas influirán en las posibilidades de cambio de sus cationes. La capacidad de Intercambio catiónico es una propiedad química que designa los procesos de: (a) Adsorción de cationes por el complejo de cambio desde la solución suelo y (b) Liberación de cationes desde el complejo de cambio hacia la solución suelo (**Villareal y Name, 2012**).

En el **cuadro No. 5** se observa diferencia significativa en la media de los tres tipos de suelo, a pesar de ello es importante recalcar que el suelo ganadero presenta la mayor CIC seguido por el AG y luego por el FO lo que concuerda con la disponibilidad o

porcentaje de MO de cada uno de ellos, la cual se presenta en ese mismo orden (Cuadro No.3).

Cuadro No. 8: Fraccionamiento Químico Del Suelo AG, GA y FO

SUELO	mg/L	CMOL(+)/L			mg/L								
	P	K	Ca	Mg	N NH ₃	N- NO ₃	S	B	Al	Cu	Fe	Mn	Zn
Agrícola	4.6	—	0.13	0.38	0.02	1	24	—	0.6 6	0.0 2	0.5 3	0.1	0.1 1
Ganadero	1.5	—	0.15	0.32	0.05	3.5	8	—	0.4 9	0.1 3	0.2 3	0.1	0.1 5
Forestal	5.5	—	0.13	0.4	0.04	1.1	28	—	0.5 6	0.1 6	0.4 2	0.1	0.1 2
<i>Nivel crítico</i> NC=	(5)	(0,13)	(2,0)	(0,6)			(12)	(0,2)		(2)	(25)	(15)	(4)
<i>Óptimo=</i>	(20-50)	(0.5-0.8)	(6-15)	(3-6)			(20-50)	(0.5-1)		(1-20)	(10-50)	(10-50)	(3-10)

Fuente: Los autores, 2014

En el presente estudio no se pudo determinar la disponibilidad de potasio y sodio por ello los resultados presentados no harán referencia de los mismos.

Cuadro No. 9: Relación De Bases En Suelo AG, GA y FO

RELACIONES DE BASES (CMOL+)/L				
	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/K
S.Agrícola	0.3			
S.Ganadero	0.5			
S. Forestal	0.4			
	NC= (2-5)	(2.5-15)	(10-40)	(5-25)

Fuente: Los autores, 2014.

La mayoría de los valores para cada elemento (**cuadro No. 8**) se encuentran cercanos e incluso sobrepasan el valor mínimo (nivel crítico) de disponibilidad en el suelo para los tres tipos de suelos evaluados. en el caso del P solo el suelo FO se posee un valor un poco superior al nivel crítico, en cuanto al Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn todos los valores obtenidos son inferiores al nivel crítico de disponibilidad. El único sobresaliente es el S en donde los valores para suelo Fo y Ag se encuentran dentro del nivel óptimo de disponibilidad. La relación Ca/Mg (**Cuadro No. 10**) obviamente se encuentra también muy por debajo del NC.

Podemos entonces considerar que tanto la baja CIC como la poca disponibilidad de nutrientes en el suelo se debe a que los tres suelos evaluados están formado por partículas de origen caolinitico que según la literatura presentan CIC en un rango de 3 a 15 cmol/100g.

Para determinar el **pH en** donde la **carga neta de la superficie de los coloides es 0** (donde la suma de cargas negativas es igual a la suma de cargas positivas) hicimos los análisis pertinentes para obtener el llamado Punto **de Carga Cero**.

Cuadro No. 10: Punto De Carga 0, En suelo GA, AG y FO

	pH 1	pH 2	Δ pH (pH2-pH1)
G1pH3	4.51	6.98	2.47
G2pH4	7.36	7.01	-0.35
G3pH5	7.57	7.08	-0.49
G4pH6	7.58	7.11	-0.47
G5pH7	7.5	7.12	-0.38
G6pH8	7.3	7.17	-0.13
A1pH3	3.34	6.14	2.8
A2pH4	3.97	6.26	2.29
A3pH5	4.81	6.68	1.87
A4pH6	6.4	6.84	0.44
A5pH7	6.87	6.95	0.08
A6pH8	8.97	7.03	-1.94

F1pH3	8.57	4.4	-4.17
F2pH4	7.28	6.35	-0.93
F3pH5	5.86	6.85	0.99
F4pH6	6.2	7.16	0.96
F5pH7	6.58	7.34	0.76
F6pH8	6.74	7.39	0.65

A un valor de pH por encima del **PCC**, el coloide presentará carga neta negativa y valores por debajo de este pH, el coloide presentará carga neta positiva. Conociendo esto y observando el cuadro No.3 para la media en pH, podemos decir que el suelo agrícola al presentar pH de 6.8 contiene coloides con carga neta positiva ya que para su PCC el pH correspondió a 7, lo mismo sucede con el suelo ganadero. En el caso del suelo forestal hay un predominio de coloides con cargas netas negativas al presentar pH de 6.1 el cual es más alto que valor pH de su PCC que fue de 4.

Finalmente podemos decir que no hay diferencias entre los tres tipos de suelo (agrícola, ganadero y forestal), en función de su fertilidad.

Conclusiones

- Evidentemente son suelos con características fisicoquímicas similares, no presenta problemas de acidez.
- Poseen un bajo porcentaje de materia orgánica y esto se refleja en su valor medio de densidad aparente, que a su vez es influenciado por la textura formadora de estos suelos, en donde encontramos mayor predominio de partículas de arenas y limo.
- Valores bajos de capacidad de intercambio catiónico en la solución de suelo y por ende una baja disponibilidad de los nutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos.
- La diferencia de pH medido en suelo y pH medido en agua arrojaron resultados conocidos como delta pH cuyo valor para los tres tipos de suelo fue inferior a cero dándonos a conocer que en éstos predominan las cargas negativas.

- La salinidad de los suelos evaluados fue rectificada mediante la conductividad eléctrica que en el caso del suelo forestal mostró valores indicadores de una alta presencia de sales solubles.;
- Los niveles para potasio en los tres suelos son bastante elevados llevando al Ca y Mg a su deficiencia por antagonismo.

Agradecimientos

Al Laboratorio de la Unidad de Investigación del Centro Regional Universitario de Azuero, Escuela de Biología, por el apoyo brindado con el equipos y los reactivos

Literatura Citada

1. Aciego, J. (2012). Indicadores microbianos de la calidad del suelo. Tesis de Licenciatura, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología. El Limón, Venezuela.
2. Albiach, M., Bonmantí, M; Canet, B., García, C; García, A; Gíl, F; González, S; Hernández, M; Jiménez, p; leirós, m; lobo, m; rad, c; sastre, i. y trasar, c. (2006). Sobre las enzimas del suelo y sus técnicas de medida. Centro de Edafología y Biología Aplicada de la Segura (CEBAS). Murcia, España. Pp.1-8.
3. Arce, J., Avelizapa, N., Fernández, L., Hernández, R., Hernández, D., Ramírez, M., Reyes, R., Roldán, T. y Zegarra, H. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo. México, D. F. Pp. 19-80, 117-153.
4. Autoridad Nacional del Ambiente. Programa Nacional de Administración de Tierras y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 2007. Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca del Río La Villa (Producto 1-Characterización). Panamá.
5. Autoridad Nacional del Ambiente. (2008). Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca del Río La Villa (Propuesta de Plan de Ordenamiento). Herrera, Panamá. Pp.: 132
6. Ferraris, G. (2003). Muestreo y Análisis de Suelo: Punto de Partida hacia un Diagnóstico de Fertilidad. Buenos Aires, Argentina.

7. Galantini, J., Iglesias, J. y Rosell, M. (1994). Determinación de materia orgánica empleando el método de Walkley y Black y fracciones granulométricas del suelo. Laboratorio de humus (LAHBIS), Departamento de Agronomía. Bahía Blanca, Argentina.
8. Huerta, H. (2010). Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Qro., y su relación con el crecimiento bacteriano. Tesis de Licenciatura, Universidad de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Querétaro, México.
9. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (2006). Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes. Panamá. Pp. 1-10.
10. Lutters, A. y Salazar, J. 2000. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos de Norteamérica, Área de Cartografía de Suelos y Evaluación de Tierras. Argentina.
11. Macías, F. y Mosquera M. (1993). Modificaciones físicas en suelos de invernadero en Galicia. Departamento de Edafología y Química Agrícola y Departamento de Enseñanza Agroforestal e Producción Vegetal, Universidad de Santiago. España.
12. Meléndez, G. y Soto G. (2003). Abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos. Sabanilla, Costa Rica.
13. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT (2003). Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
14. 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. Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Tecnología Química. Colombia.
15. Otero, V. 2011. Aislamiento, Selección e Identificación de Actinomicetos, Bacterias Fotosintéticas No Sulfurosas y Bacterias Ácido Lácticas con Potencial Biofertilizante, a Partir de Suelos Asociados al Cultivo de Plátano en la Costa Atlántica Colombiana. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Biotecnología. Bogotá, Colombia. Pp. 11-81.

16. Villareal-Nuñez, J., Name-Tuñón, B., García, R.A. 2012. Monitoreo de Cambios en la Fertilidad de Suelos por Medio de Análisis de Laboratorio. *Revista Agronomía Mesoamericana* 23 (2)301-309.