

NOTA TECNICA

ESTUDIOS DE SALINIDAD EN LA PROVINCIA DE GUANACASTE (COSTA RICA) Y CARACTERIZACION DE ALGUNOS SUELOS CON INFLUENCIA SALINA ¹

*Paulina Montes de Oca*², *Rafael Mata*³, *Marco A. Chaves*⁴

RESUMEN

Estudios de salinidad en la provincia de Guanacaste (Costa Rica) y caracterización de algunos suelos con influencia salina. Los suelos afectados por sales se desarrollan preferentemente en regiones donde la precipitación es limitada, la temperatura es alta y las condiciones de avenamiento son restringidas como sucede en algunos suelos del área de Guanacaste, Costa Rica. Con el objetivo de caracterizar algunos suelos con contenidos salinas altos se realizó una revisión bibliográfica sobre estudios de salinidad en Guanacaste, Costa Rica, se muestrearon dos suelos provenientes del Ingenio Taboga en Cañas clasificados como: Typic Haplustert y Fluventic Ustropept; los cuales son analizados mediante métodos que caracterizan la salinidad en los suelos junto con las técnicas de análisis rutinarios.

ABSTRACT

Salinity studies in the Guanacaste province (Costa Rica) an characterization of some soils under saline influence. The soils wich are affected by salts are developing preferently in regions where the precipitation is limited, the temperature is high and the conditions of drainage are restricted like in some soils of Guanacaste's area. A bibliography review about some soils with high salts contents was made in Ing. Taboga, Guanacaste's area. Two soils samples was taking classified in Typic hapluster and Fluventic ustropept. There are analized with methods that characterize the salinity of soils jour with the technics of rutinary analysis.

Por definición, un suelo salino es aquel cuya conductividad eléctrica, medida en el extracto de saturación a 25°C es mayor de 4 dS/m (Richards, 1980). Dicho valor se ha utilizado tradicionalmente, para determinar si un suelo es salino o no; sin embargo, muchos cultivos sufren disminuciones significativas en el rendimiento cuando los valores de conductividad son menores, razón por la cual, el comité de terminología de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo, sugiere disminuir dicho valor a 2 dS/m (Bohn, 1979).

Los suelos afectados por sales se desarrollan preferentemente en regiones similares a la zona de Guanacaste, en donde las características climáticas del área, baja precipitación, temperatura alta y condiciones deficientes

de drenaje en vertisoles condicionan la formación de estos suelos.

El estudio semidetallado de suelos realizado por Vázquez (1975) en la Cuenca Baja del Río Tempisque, Costa Rica, indica que hacia el extremo sur oeste de la cuenca se presenta un área de considerable extensión que periódicamente se inunda por desbordamiento del Río Bebedero y tributarios, lo que induce algunos problemas de salinidad y gleización en esas tierras.

En un suelo clasificado como Tipyc Pellustert a 3,25 km N.E. del Ingenio Taboga, sembrado con caña de azúcar, Vázquez (1975) encontró valores de conduc-

¹ Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en Costa Rica, América Central. 13 al 26 de marzo, 1994.

² Laboratorio de suelos, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

³ Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.

⁴ Dirección de Invesitgación y Extensión de la Caña de Azúcar. Costa Rica.

tividad eléctrica de 0,21, 0,75, y 1,73 dS/m a una profundidad de 49, 89 y 102 cm respectivamente.

Este mismo autor en un suelo sembrado de pasto Estrella localizado a 1 km al oeste de la hacienda Taboga y clasificado como Vertic Ustropept encontró valores de conductividad eléctrica de 1,82 dS/m a una profundidad en el perfil entre 9 y 22cm.

En la consociación El Cortés, fase moderadamente salina, en un suelo clasificado como Typic Pellustert entre 19 y 32 cm de profundidad se encontraron valores de 12,23 dS/m (Vázquez Chávez 1976).

Con base en los análisis de salinidad de 5,643 has pertenecientes a los subdistritos de riego Cañas y Cabuyo, Herrera y Montes de Oca (1989) señalan que no existen problemas graves de salinidad, que restrinjan su utilización para cultivos agrícolas, sin embargo, el área de Bagatzi presenta una conductividad de 2,4 dS/m, valor que para algunos cultivos podría representar una seria limitante inductora de disminuciones en el rendimiento.

En los campos de producción de Ranchos Horizontes en Guanacaste, se encontraron valores de salinidad en suelos desde 0,13 hasta 5,65 dS/m (Ranchos horizontes, 1978).

El análisis de muestras de agua recolectadas de los principales cursos de agua que atraviesan la cuenca baja del río Tempisque, indican, según estudios de Lara y Vázquez (1977), que los ríos Abangares, Bebedero, Cañas, Higuierón, Lajas, Piedras y Tenorio no imponen limitaciones para su utilización en la agricultura de regadío. Las aguas de los ríos Blanco e Higuierón aguas abajo de su confluencia con la quebrada Salitral, están condicionadas para su utilización en riego, debiendo realizarse estudios agronómicos para evaluar tolerancia a cloruros y determinar las láminas de sobre riego, que produzcan un lavado de este elemento en el suelo.

Las aguas de las quebradas Duquesa y Salitral no son por su parte aptas para su utilización en la agricultura de regadío; estas quebradas, a su vez, contaminan al Río Higuierón, limitando el uso de sus aguas para el riego (Lara y Vázquez, 1977).

A pesar de la gran capacidad filtradora de los suelos, Radulovich (1988) considera que la presencia de diferentes procesos pueden llegar a contaminar las aguas subterráneas. Destaca en particular la contaminación con productos agroquímicos que se aplican especialmente en zonas de agricultura intensiva y altamente

tecnificada. En Costa Rica, se ha detectado la contaminación con nitratos, producto de lavado de los fertilizantes.

El ión nitrato usado ampliamente en los abonos químicos no es retenido en proporción importante en las posiciones de intercambio iónico del suelo, en razón de que éstos están en la mayor parte cargados negativamente. Por esa razón, este anión presenta gran movilidad y es fácilmente trasladado por el agua, tanto vertical como horizontalmente en terrenos sometidos a lluvia o irrigación. El exceso de agua y de percolación sobre todo en suelos ligeros, y la falta de plantas en desarrollo activo, sistema radicular profundo y fuerte absorción de N, dan lugar a pérdidas considerables de los nitratos fertilizantes añadidos o formados a partir de materia orgánica del suelo y del NH_4^+ (Mata, Chacón y Rodríguez, 1982; Chacón y Chacón, 1980).

En un estudio orientado hacia la consecución de datos de la concentración de nitratos en el acuífero de la cuenca superior del Río Cañas, Chacón y Chacón (1980), encontraron que la más altas concentraciones de nitratos se hallan en las zonas bajas que corresponden al aluvión. Los autores demuestran en su estudio una estrecha relación entre las prácticas agrícolas desarrolladas y las elevadas concentraciones de nitratos. Las concentraciones del anión fueron superiores a 16 mg/L en el 16% de los pozos en la época de la lluvia, en tanto que el 29,5% de los mismos, mostró concentraciones entre 10 y 45 mg/L.

Cabalceta y Córdero (1991), estudiando el efecto de la salinidad en arroz bajo riego en Guanacaste, encontraron que la producción de materia seca y la sobrevivencia de plantas disminuyó en forma lineal cuando la salinidad sobrepasó el nivel crítico de 2 dS/m en las dos variedades. Con un valor aproximado de 7 dS/m, el valor de las variables fue cercano a cero.

MATERIALES Y METODOS

Para conocer las características de algunos de los suelos del área con influencia salina, se analizaron dos suelos procedentes de la Hacienda Taboga, Guanacaste, Costa Rica, pertenecientes según Vázquez y Chaves (1976) a las siguientes unidades de mapeo:

- a. Consociación Tortugal: suelos con influencia salina tóxica y de relieve plano-cóncavo.
- b. Asociación Río Higuierón: suelos excesivamente drenados con alguna influencia salina.

Los suelos de la consociación Tortugal: se clasifican a nivel de Subgrupo como Typic haplustert según el Sistema de Soil Survey Staff (1993). Se caracterizan por presentar textura muy pesada, de color pardo grisáceo muy oscuro a negro y estructura en bloques subangulares gruesos a medios moderados, que rompen a granular fina moderada. Presentan un drenaje impedido, y una alta conductividad eléctrica. Las características físico químicas del suelo Tortugal se anotan en los Cuadros 1 y 2.

El pH de este suelo medido en agua y en relaciones 1:1, 1:2,5 y 1:5 fue 6,90, 6,90 y 7,0, respectivamente; este valor de pH indica que es un suelo de alcalinidad muy débil, propio de regiones donde la precipitación es limitada, como lo es la zona de Guanacaste y donde por lo tanto el lavado de las bases es menor si se le compara con una zona de alta precipitación.

El contenido de Aluminio es de 0,13 cmol (+)/L el cual expresado como porcentaje de saturación de aluminio respecto a la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) es muy baja, razón por la cual no influye en la acidez del suelo.

Existe desbalance en el complejo de cambio, en las relaciones $\text{Ca/Mg} \frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{K}}$, debido a la relación calcio-magnesio invertida en la que el contenido de magnesio fue de 30,3 cmol(+)/L y el de calcio de 23 cmol(+)/L. Esta es una categoría especial de suelos salinos que presentan altas saturaciones de magnesio en el complejo de cambio. Suelos muy semejantes al del presente estudio se han identificado en el Valle del Cauca donde de 10000 a 12000 hectáreas están afectadas por una alta saturación de Mg+2 intercambiable en Vertisoles Mollisoles e Inceptisoles. Las altas concentraciones de magnesio respecto al calcio, causan dete-

Cuadro 1. Análisis químico del suelo Tortugal (Typic haplustert), Guanacaste, Costa Rica.

Análisis	Determinación	Unidad*	Valor promedio*
pH	H2O 1:1		6,90
	H2O 1:2,5		6,90
	H2O 1:5		7,00
Al	KCl	cmol (+)/L	0,13
Ca	KCl		23,0
Mg	KCl		30,3
K	Olsen Modificado		0,31
CICE			72,0
Na	KCl		18,3
Ca/Mg			0,76
Mg/K			99,0
Ca + Mg/K			174,0
Ca/K			75,20
Arena	Bouyoucos Modificado		24,73
Arcilla			43,60
Limo		%	31,66
Clase Textural	Arcilla		
Materia Orgánica	Walkey y Black		1,06
P	Olsen Modificado		10,70
Fe	Olsen Modificado		6,00
Cu	Olsen Modificado	mg/ml	16,0
Zn	Olsen Modificado		2,06
Mn	Olsen Modificado		12,30

* Cada valor, es el promedio de tres repeticiones.

Cuadro 2. Análisis químico de la caracterización de la salinidad del suelo Tortugal. (Typic haplustert). Guanacaste, Costa Rica.

Análisis	Determinación	Unidad	Valor promedio*
Na	Acetato de Amonio		21,96
Ca	Acetato de Amonio		25,80
Mg	Acetato de Amonio	cmol (+) /kg	31,40
K	Acetato de Amonio		0,53
CIC	Acetato de Amonio		77,30
P.S.I.	Acetato de Amonio	N	7,32
Conductividad eléctrica	Pasta Saturada	dS/m	16,20
	Suelo-agua 1:1		12,00
	Suelo-agua 1:5		4,50
	Suelo-agua 1:10		2,40
Na	Pasta Saturada	cmol (+)/L	16,20
CL	Electrodos para cloruros	meq/L	36,60
SO4	Ca H2 PO4 Turbidimétrico		119,00
B	Ca H2 PO4 Colorimétrico	m/ml	2,16

* Cada valor es el promedio de tres repeticiones.

rioro en la estructura y otras propiedades físicas dando origen a suelos masivos impermeables, con conductividades hidráulicas reducidas ya que el ión Mg produce dispersión de las arcillas (Sarria y García, 1991; Torres y García, 1991).

El desequilibrio relativo de potasio respecto al calcio y al magnesio se detecta a través de las relaciones Ca/K mayor que 25, $\frac{Ca+Mg}{K}$ mayor que 40 y Mg/K mayor que 15 (Bertsch, 1987).

El tenor de potasio intercambiable es bajo en relación con el contenido de calcio y magnesio por lo que es de esperar una adecuada respuesta a la fertilización potásica. Molina *et al* (1992) encontraron respuestas a la aplicación de potasio en un Vertisol de Carrillo en Guanacaste con valores de 0,13 cmol (+)/L.

El fósforo disponible es bajo (10 mg/ml). En Costa Rica actualmente el fósforo se analiza en forma generalizada con solución Olsen modificada y se utiliza 12 mg/ml, como nivel crítico bajo el cual existe una alta probabilidad de que se presente deficiencia del elemento. La insolubilidad del fósforo en este tipo de suelos se debe principalmente a la formación de precipitados de fosfatos de calcio influenciados por los valores de pH superiores a 6,5.

Dentro de los elementos menores, sólo el zinc presentó valores por debajo del nivel crítico de 3 m/ml. Este microelemento es el que con mayor frecuencia se presenta a niveles bajos (iguales o menores de 2 mg/ml de suelo) en los suelos agrícolas de Costa Rica (Bersch, 1987). La carencia de zinc en estos suelos se puede ver influenciada por el pH alto del suelo. Por otra parte, el zinc es muy semejante al magnesio en tamaño y carga, por lo cual el zinc puede reaccionar con ciertas arcillas para desplazar magnesio volviéndose relativamente no asimilable (Lora, 1980).

El contenido de materia orgánica es bajo 1,06%. En los Vertisoles la materia orgánica es poco abundante y su acción sobre la estructura es limitada; es por esto que en este tipo de suelos la adición de materia orgánica es indispensable para el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (Duchaufour, 1984).

Una conductividad eléctrica de 16,2 dS/m en pasta saturada, es elevada e indicativa de la presencia de altos contenidos de sales. En la escala de conductividad a este valor poquísimos cultivos tolerantes a la salinidad rindan satisfactoriamente (Richards, 1980).

El contenido del porcentaje de Sodio Intercambiable en el suelo es en promedio de 7,32. El criterio

histórico para distinguir entre condiciones sódicas ha sido la existencia de un Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), igual o mayor a 15 con respecto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) (Richards, 1980). En el caso de suelos del Valle del Cauca, con predominio de Arcillas tipo 2:1 expansibles a valores PSI de 7 a 8% se han observado efectos desfavorables sobre las características físicas del suelo (García, 1991).

En cuanto al anión boro, su contenido es de 2,20 mg/ml. El contenido de boro soluble en el suelo varía entre 0,05 y 10 mg/kg. Los niveles críticos determinados para boro son muy variables de 0,15 a 1 mg/kg. Estas diferencias se deben a las condiciones climáticas, variaciones entre especies vegetales y otras propiedades del suelo como textura y pH. Los valores de boro son superiores en regiones secas como lo es el suelo bajo estudio, ya que las deficiencias son más comunes en suelos muy lavados y antiguos. Los contenidos de boro que se estudian son altos sin posibilidades de toxicidad.

El sulfato presenta un contenido de 199 mg/ml indicando una alta concentración del anión en el suelo. De los elementos mayores el azufre ha sido tradicionalmente el que menos atención ha recibido de los investigadores. Los niveles críticos oscilan entre 4 y 12 ppm para aquellos obtenidos con la solución de fosfato monocálcico. Fox (1976), investigando sobre los requerimientos de nitrógeno y azufre en Hawái para caña de azúcar, encontró un nivel crítico de 9 ppm con el extractante Ca (H₂P₀4)₂.

Cuando la concentración de cloruros en la solución del suelo excede a 0,5 cmol(+)/L, dicho valor es elevado para especies sensibles. Las plantas con mayor tolerancia al cloro soportan 5 a 6 veces esta concentración (Fassbender y Bornemisza, 1987); en el suelo bajo estudio se encontró un contenido de 36,6 meq/L valor que se considera muy elevado, aún para plantas tolerantes a la salinidad.

Los suelos de la Asociación Río Higuierón se clasifican a nivel de subgrupo como: Fluventic ustropept según el sistema de Soil y Survey Staff (1993). Son suelos muy recientes, formados en los márgenes del Río Higuierón por deposiciones aluviales. Las características físicas químicas del suelo se anotan los Cuadros 3 y 4.

Son suelos con alcalinidad débil pH 7,6 a 7,7 con un porcentaje de saturación de aluminio muy bajo.

Las concentraciones de calcio y magnesio son elevados al presentar valores de 23 y 12,8 cmol (+)/L. El

complejo de cambio está saturado en su mayor parte por bases. Existe una escasez de potasio respecto al calcio y al magnesio detectándose a través de las relaciones Ca/K mayor que 25, Ca+Mg/K mayor que 40 y Mg/K mayor que 15, respectivamente (Bertsch, 1987).

La concentración de fósforo está por debajo del nivel crítico 11,3 m/ml. La distribución de los fosfatos inorgánicos se ve influenciada por las condiciones de pH del suelo. En reacciones neutras o alcalinas predominan los fosfatos de calcio; es por esto que el fósforo disminuye su solubilidad al ligarse al calcio, sin embargo dentro de los diferentes tipos de fosfatos presentes en los suelos, los fosfatos de calcio son los más fáciles de solubilizar (Cabalceta, 1993).

De los micronutrientes catiónicos, el zinc y el hierro son elementos que se encuentran por debajo del nivel crítico 1,33 y 4,33 m/ml respectivamente. La deficiencia de estos micronutrientes se puede deber a que en suelos con pH alto, dichos elementos pasan a formas insolubles; las texturas arenosas y el bajo porcentaje de materia orgánica contribuye igualmente a su deficiencia (Fassbender y Bornemisza, 1987). El hierro es uno de los oligoelementos que se presentan a concentraciones más bajas en forma localizada en la Península de Nicoya. (Bertsch, 1987).

El contenido de Materia Orgánica es bajo 1,75%, sin embargo las características climáticas y de suelo le confieren una rápida mineralización, ya que el medio ambiente influye para que las bacterias se multipliquen y hagan posible la mineralización correspondiente.

La conductividad eléctrica medida en pasta saturada de 1,2 dS/m indica que es una concentración en la cual los efectos sobre los cultivos son comúnmente despreciables y la clasificación del suelo en función del contenido salino es de "no salino" (Fassbender y Bornemisza, 1987). Fogliata y Aso (1967) encontraron que la producción de caña de azúcar fue afectada a partir de una conductividad de 1,20 dS/m, ellos indican que el crecimiento fue normal a valores inferiores a 0,73 dS/m.

El porcentaje de sodio intercambiable fue de 1,11 valor que no le confiere la condición de sodicidad al suelo, contenidos de P.S.I. de 2 en cultivo extremadamente sensibles pueden afectar el desarrollo de algunas plantas.

El azufre proveniente de sulfato se encuentra por encima del nivel crítico, con un valor promedio de 48m/ml. En suelos de Regiones Secas mencionan Fassbender y Bornemisza (1987) hay frecuentemente una acumulación de sulfatos tanto de la fracción soluble como la

Cuadro 3. Análisis químico del suelo Río Higuierón (Fluventic ustropept). Guanacaste, Costa Rica.

Análisis	Determinación	Unidad	Valor promedio*	
pH	H2O 1:1		7,6	
	H2O 1:2,5		7,7	
	H2O 1:5		7,7	
Al	KCL	cmol (+)/L	0,13	
Ca	KCL		23,0	
Mg	KCL		12,8	
K	Olsen Modificado		0,19	
CICE			37,22	
Na	KCL		1,10	
Ca/Mg			1,79	
Mg/K			67,4	
Ca + Mg/K			192,6	
Ca/K			121,00	
Arena	Bouyoucos Modificado			52,06
Arcilla				26,26
Limo			%	21,66
Clase Textural				Franco Arcilloso Arenoso
Materia Orgánica	Walkey y Black		1,75	
P	Olsen Modificado		11,30	
Fe	Olsen Modificado		4,30	
Cu	Olsen Modificado	m/ml	9	
Zn	Olsen Modificado		1,3	
Mn	Olsen Modificado		4,30	

* Cada valor es el promedio de tres repeticiones.

Cuadro 4. Análisis químico de la caracterización de la salinidad del suelo Río Higuierón (Fluventic ustropept). Guanacaste, Costa Rica.

Análisis	Determinación	Unidad	Valor promedio*
Na	Acetato de Amonio		1,38
Ca	Acetato de Amonio		20,5
Mg	Acetato de Amonio	cmol (+)/Kg	12,8
K	Acetato de Amonio		0,41
CIC	Acetato de Amonio		50,3
PSI	Acetato de Amonio		%
Conductividad eléctrica	Pasta Saturada	dS/m	1,2
	Suelo-agua 1:1		0,69
	Suelo-agua 1:5		0,30
	Suelo-agua 1:10		0,20
Na	Pasta Saturada	cmol (+)/L	0,82
Cl	Electrodo para Cloruros	meq/L	1,26
SO4	Ca H2 PO4 Turbidimétrico		48,0
B	Ca H2 PO4 Colorimétrico	m/ml	0,63

* Cada valor es el promedio de tres repeticiones.

fracción poco soluble, los cuales se incrementan presentando valores considerablemente altos.

La concentración de cloruros en el suelo fue de 1,26 meq/L, valor que corresponde a un contenido permisible, sin riesgos de afectar al cultivo.

LITERATURA CITADA

- BERTSCH, H. F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2ed. San José, Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 78 p.
- CABALCETA, G.; CORDERO, A. 1991. Efecto de salinidad en arroz bajo riego en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 15(2): 181-186.
- CABALCETA, G. 1993. Niveles críticos de fósforo, azufre y correlación de soluciones extractoras en Ultisoles, Vertisoles, Inceptisoles y Andisoles de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 167 p.
- CHACON, B.; CHACON, J. 1980. Contaminación por nitrato en aguas subterráneas de la Cuenca Superior de Río Cañas. *Agronomía Costarricense*. 4(2): 183-186.
- DUCHAUFOR, P. H. 1984. Edafogénesis y clasificación, Masson Barcelona, España. 493 p.
- FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA, San José, Costa Rica. 420 p.
- FOGLIATA, F. A.; ASO, P. J. 1967. The effect of soil soluble sales on sucrose yield of sugar cane. Proc. 12Th Congress ISSCT. Puerto Rico. 682-694 p.
- FOX, R. L. 1976. Sulfur and nitrogen requirements of sugar cane. *Agronomy Journal*. 68(6) 891-896.
- GARCIA, A. 1991. La relación RAS-PSI, en los suelos del Valle del Cauca. *Suelos Ecuatoriales (Colombia)* 21(2): 21-26.
- HERRERA, V.; MONTES DE OCA P. 1989. Diagnóstico del estado actual de salinidad de los suelos del subdistrito Cañas Cabuyo y Riego en pequeñas áreas. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. San José, Costa Rica. 32 p.
- LARA, L.; VASQUEZ, A. 1977. Análisis de la calidad de las aguas de los Ríos de la I Etapa del proyecto de desarrollo integral de la cuenca baja del río Tempisque. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 55 p.
- LORA, R. 1980. Disponibilidad en el suelo de micronutrientes esenciales para las plantas. Centro de Investigaciones agropecuarias, Tibaitata, Colombia. 60 p.
- MATA, A.; CHACON, B.; RODRIGUEZ, A. 1982. Contaminación ambiental con un enfoque multidisciplinario. San José, Costa Rica. 244 p.
- MOLINA, E.; SALAS, R.; MARTINEZ, I.; CABALCETA, G. 1992. Fertilización potásica del Melón (*Cucumis melo* 1. cv Honey Dew) en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 16(1): 107-113.
- RODULOVICH, R. 1988. Degradación ambiental en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 12 (2):253-271.
- RANCHOS HORIZONTES. 1978. Estudio de diagnóstico de salinidad de aguas y suelos de los campos de producción de Ranchos Horizontes, S. A. Guanacaste, Costa Rica. 5 p.
- RICHARDS, L. A. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6ed. México. 172 p.
- SARRIA, M. C. y GARCIA, A. 1991. Efecto de varias enmiendas sobre las propiedades químicas y físicas de un suelo con alta saturación de Magnesio Intercambiable. *Suelos Ecuatoriales, Colombia* 21 (2): 167 p.
- SOIL SURVEY STAFF. 1993. Keys to soil taxonomy. 5 ed. U.S.A. 422 p.
- TORRES, J. Y GARCIA, A. 1991. Intercambio catiónico magnesio sodio en algunos suelos del Valle del Cauca. *Suelos Ecuatoriales, Colombia* 21 (2): 167 p.
- VASQUEZ, A. 1975. Estudio Semidetallado de suelos Cuenca Baja del Río Tempisque. I Etapa. ICE-MAG-SNE. San José, Costa Rica. 159 p.
- VASQUEZ, A.; CHAVES, F. C. 1976. Evaluación de los recursos de tierras y aguas con fines de riego de los terrenos del Ingenio TABOGA S. A., Cañas, Guanacaste. San Jose, Costa Rica. 151 p.