

Variabilidad Espacial Temporal de la Salinidad del Suelo en los Humedales de Arroz en la Cuenca Baja del Guayas, Sudamérica

W. Pozo¹, T. Sanfeliu², G. Carrera³

¹Dirección de Investigación y Proyectos Académicos, Universidad de Guayaquil, Avenida Chile y Olmedo, Edificio Posgrado, Guayaquil, Ecuador

²Escuela Superior de Tecnología i Ciencias Experimentales, Universitat Jaume I, 12080, Castellón, España

³Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Litoral del Sur, Ecuador

¹wpozo@espoltel.net

Resumen

Se estableció la variabilidad espacial y temporal de la salinidad del suelo en los humedales de arroz en la Cuenca Baja del Río Guayas. Con las determinaciones físicas y químicas, se realizaron pruebas estadísticas de t-Student en cada parámetro y se compararon las series entre los dos años de estudio (2006-2008), mediante análisis multivariado, de cluster y componente principal. En el horizonte de 0 a 20 cm la salinidad, en los dos años de estudio, en el límite superior, es extremadamente salino con promedio 19,7 y 15,8 dS m⁻¹ y en el inferior, ligeramente salino de 4,9 y 4,5 dS m⁻¹. Estos valores condicionan los cultivos de arroz. En los niveles de 0, 5 y 10 cm de profundidad la prueba t de Student estableció significancia al 5%, los niveles de 15 y 20 cm no mostraron diferencias significativas (ns). La disminución en el nivel de la salinidad en la parte superior es probablemente debida a la precipitación más de lo normal en el periodo 2006-2008. Los clúster y la componente principal generaron tres grupos con características de similitud en base a las propiedades observadas de los 26 puntos de muestreo. El comportamiento temporal de la salinidad demostró que se produce acumulación de sales en la superficie de los suelos, que decrece conforme se avanza hacia la profundidad de 20 cm. Tal comportamiento obedece a la intrusión salina del Río Babahoyo que ingresa a los humedales de arroz por los esteros y canales de riego, agudizándose por el drenaje deficiente.

Palabras clave: *Variabilidad, intrusión salina, humedales, arroz*

Abstract

The spatial and temporal variability of soil salinity was examined in the rice farming converted wetlands situated in the Lower Basin of the Guayas River. A series of soil physical and chemical characteristics of the top layer were determined at a two year screening interval (2006-2008). Differences were checked using the t-Student test, and the relation between characteristics examined using cluster and principal component analysis. Rice cultivation in the study area is restricted by the high salinity level in the top layer of 0 to 20 cm deep. Over the two years an average value was recorded of 19.7 and 15.8 dS m⁻¹ in the surface layer (0 cm), decreasing to 4.9 and 4.5 dS m⁻¹ at a depth of 20 cm. Whereas the salinity level decreased significantly from 2006 to 2008 at the depths 0, 5 and 10 cm, no significant difference was found for the depths 15 and 20 cm. The decrease in salinity level at the top is likely due to the more than normal precipitation in the period 2006-2008. Based on the observed properties, the 26 sampling points could be divided into three homogenous groups using the cluster and principal component analysis. Saline intrusion from the tidal affected Babahoyo River and the poor external and internal soil drainage seem to be the main causes of the salt accumulation at the soil surface

Keywords: *Soil salinity, spatial and temporal variation, wetland, rice*

1. Introducción

La salinidad de los suelos constituye uno de los problemas fundamentales a los que se ha enfrentado y tendrá que seguir enfrentando la humanidad en los próximos años [23, 27]. Los problemas de salinidad o de acumulación de sodio en exceso ocasionan pérdidas en la producción agrícola, así como un deterioro acelerado en la calidad de los suelos [20, 28] La salinidad de los suelos es uno de los factores que limita actualmente la agricultura en grandes extensiones de tierra, a nivel mundial, con una superficie de aproximadamente 897 millones de ha tiene algún grado de salinidad [25]. La Cuenca del Río Guayas (CRG), que representa el 40.4% de la superficie regable del país tiene abundante disponibilidad del recurso agua que llega 8 847 m³/hb/año, siendo superior a la media mundial de 6 783 m³/hb/año [2]

La CRG constituye el más grande potencial agropecuario de la costa del pacífico de América del Sur [6]. Es la Cuenca más importante en extensión con una superficie de 34.000 kilómetros cuadrados. La planicie del Guayas está dotada de fértiles suelos aluviales y por esta razón la agricultura es la actividad que se beneficia en forma prioritaria. Los principales cultivos de la planicie meridional son: caña de azúcar, banano, cacao, algodón, arroz, cítricos y frutas. En la Cuenca Baja del Río Guayas se cultiva con mayor extensión el arroz [9, 2, 5]

Lo fundamental para una buena agricultura son los suelos de buena calidad, el caso es, que los suelos de la Cuenca Baja del Guayas, están salinizándose y es importante verificar cómo se comporta este proceso en el tiempo de los años y en el espacio.

En estudios realizados, por Leidi, indica que la salinidad es un problema grave en muchas zonas áridas, donde el riego ha ido aumentando paulatinamente la concentración de sales solubles en el suelo y reduciendo el potencial productivo de muchos cultivos. La salinidad puede inhibir la germinación y el crecimiento de las plantas, reduciendo el rendimiento o la calidad del producto [19].

La FAO afirmó que la disminución de la productividad en Egipto se atribuye al aumento de la salinización primaria y secundaria. Los suelos en el delta del Río Senegal son naturalmente salinos, debido a la presencia de un cuadro poco profundo de agua salina con una conductividad eléctrica mayor de 20 dS m⁻¹ [8, 3].

En trabajo realizado en los Marismas del Guadalquivir, España, se evaluó el efecto de lavado de las sales debido a las precipitaciones

desde el año 1959 al 1964, donde las lluvias alcanzaron los 4140,5 mm.ha⁻¹ [24]

Los suelos de la Cuenca del Guayas, en el área experimental de estudio, 100 Km² (Figura 1), son llanuras aluviales recientes, de Kaolinita y Gibsita. De acuerdo a la clasificación de zonas climáticas corresponde a zona seca, la textura del suelo varían desde arcillosos a franco arcillosos, esto les confiere una media estabilidad estructural lo que los hace sensibles a la erosión hídrica. [7]

El método de investigación es evaluación de suelos por caracterización de parámetros físico químicos con énfasis en índices de salinidad por extracto de pasta saturada en el área de estudio durante dos años y comprobación mediante análisis estadístico de la distribución de los clúster mediante análisis multivariado se determinó zonas homogéneas en el área de estudio. Esta metodología fue probada en la Delimitación de la Zona de Transición Costera en el Golfo de Guayaquil, Ecuador por Pozo [22]

Hipótesis

La variabilidad espacial temporal de la salinidad del suelo en los humedales de arroz en la Cuenca Baja del Guayas se produce por infiltración de agua salobre del Río Guayas por el Tributario Río Babahoyo, decreciendo con las precipitaciones pluviales de invierno 2006-2008.

2. Objetivos

1. Objetivo General

Determinar de forma espacial temporal el comportamiento de la salinidad de suelos en los humedales de arroz en de la cuenca del Guayas.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar los suelos de cultivo de arroz de la Cuenca Baja del Río Guayas mediante parámetros físico y químicos en función a los índices de salinidad a nivel espacial.
2. Verificar mediante la estadística -análisis multivariado- como funciona el comportamiento de la salinidad de los suelos con cultivo de arroz entre variables físicas, químicas y localidades de la Cuenca Baja del Río Guayas.

3. Metodologías

Los suelos del área de muestreo correspondiente a la Cuenca Baja del Guayas, varían su textura desde Arcillosos 39 %, a Franco Arcillosos 23%, Franco

Limoso 23% y Franco Arcillo Limoso 15%. El clima es tropical y corresponde a Matorral desértico tropical en la clasificación de Zonas de vida de Holdridge [10]. Por las características agronómicas y la vocación de los suelos el área es de cultivo de arroz. La topografía es generalmente plana.

Ubicación de los Lugares de muestreo

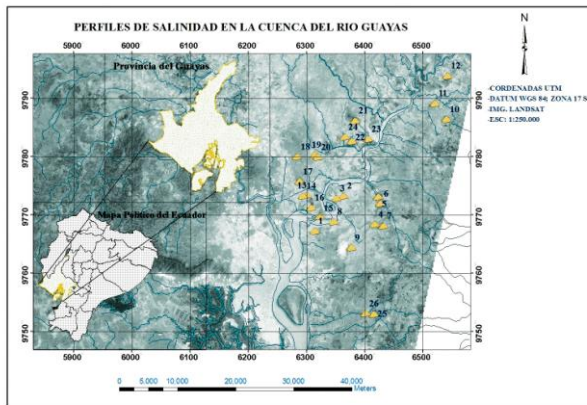


Figura 1. Localización de los lugares de muestreo

De manera general, en la costa existe un solo período de lluvia, que comienza a finales de diciembre o principios de enero y termina a fines de mayo. Esto es, el período de lluvia comienza con el Solsticio de diciembre (cuando el sol se encuentra en el Trópico de Capricornio) y termina dos meses después del Equinoccio de marzo (Cuando el sol se encuentra sobre el Ecuador). Este período se caracteriza por tener dos meses de máxima lluvia marzo y abril. El período seco comienza con el Solsticio de junio (cuando el sol se encuentra en el Trópico de Cáncer y concluye a mediados de diciembre.

El estudio se realizó en la Cuenca del Río Guayas a los dos costados del Río Tributario Babahoyo en una extensión 100 km², correspondiente a los cantones Samborondón y Yaguachi. Se estudiaron 26 localidades o sitios de muestreo georeferenciadas las cuales se ubicaron a los dos costados del Río Babahoyo como se indican en la Figura 1, considerando la dinámica de las sales solubles en el tiempo y en el espacio que es sumamente rápida. En cada localidad se tomó una muestra de suelo a las profundidades o perfiles a nivel superficial, de 0-5 cm, 5-10, 10-15 y 15-20 cm y una muestra de 0 a 20 cm. Se colectó las muestras en el año 2006 y otras en el 2008.

Considerando que el área de estudio es de uso agrícola para cultivos de arroz se colectó las muestras de 0 a 20 cm. Se realizó la caracterización física química con los siguientes parámetros: pH,

materia orgánica (M.O.), textura, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B. Las determinaciones químicas se efectuaron de acuerdo a las metodologías recomendadas por el Personal de laboratorio de los Estados Unidos de América, 1973 [21], Manual de laboratorio de Metodologías de Análisis de la E.E. Boliche INIAP Ecuador [16]

De las muestras de cada uno de los perfiles se preparó un extracto de pasta saturada, midiendo la conductividad eléctrica, concentración de aniones CO₃⁼, CO₃⁻, Cl⁻, SO₄⁼, y cationes Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ en el suelo.

La textura se determinó por el método del areómetro de Bouyoucos [17]. El análisis de salinidad se efectuó por el método del extracto de saturación [1, 4, 11] y el pH se valoró con un potenciómetro en una mezcla suelo-agua de 1:2,5 [12]. La extracción de los iones se llevó a cabo con solución de [13] la determinación de amonio y fósforo se realizó por colorimetría mientras que los metales fueron cuantificados por espectrofotometría de absorción atómica [18, 15, 16] La materia orgánica se determinó mediante el método rápido de Walkley and Black [29]

Establecer una comparación entre los muestreos de 2006 y 2008 indicando que el 2007 fue de una precipitación pluvial de 901; 839,62 y 1.467.8 mm año⁻¹ respectivamente, INAMHI- Base de datos (2010). Guayas: Latitud 02°49'S y Longitud 79°32'00"W [14]

Se compararon los datos obtenidos en los años 2006 y 2008 de cada una de las variables registradas en las determinaciones físicas y químicas en los diferentes perfiles y de la muestra de 0 a 20 cm, mediante una prueba pareada de t student. Además, con las variables de salinidad y la caracterización físico química, se realizaron los análisis multivariados de componentes principales y de agrupamiento (cluster), usando la distancia euclidiana y el método de agrupamiento de Ward para los dos años de muestreo, con el objeto de determinar similitudes y diferencias entre las localidades de evaluación. [26].

4. Resultados y Discusión

Al comparar los valores de conductividad del muestreo inicial (2006) versus el muestreo final (2008), se presenta una tendencia a la disminución de la salinidad del suelo, para los cinco niveles de profundidad (Tabla 1). Las diferencias observadas entre los valores de los dos muestreos fueron de 3.9, 1.3, 1.5, 0.3 y 0.3 dS.m⁻¹, a nivel superficial, de 0-5 cm, 5-10, 10-15 y 15-20 cm, respectivamente. Se Observó significancia según la prueba de t- Student al 5 % de probabilidad, en los tres primeros niveles.

Tabla 1. Promedios de conductividad eléctrica de 26 estaciones localidades de la cuenca baja del río Guayas, durante dos años de estudio

Profundidad	Conductividad eléctrica (dS.m ⁻¹)*			Prueba de t (P=0.05)
	Muestreo 2006	Muestreo 2008	Diferencia	
Superficie	19.7	15.8	3.9	*
0-5 cm	10	8.7	1.3	*
5-10 cm	6.8	5.3	1.5	*
10-15 cm	5.2	4.9	0.3	ns
15-20 cm	4.9	4.5	0.3	ns

*En extracto de pasta saturada

El comportamiento de la salinidad de los suelos en los humedales de arroz en la Cuenca Baja del Guayas en el Área Experimental, En el horizonte de 0 a 20 cm la salinidad, en los dos años de estudio, en el límite superior, se observó un grado de afectación de extremadamente salino presentó en promedio 19,7 y 15,8 dS m⁻¹ y en el inferior, ligeramente salino dio de a 4,9 y 4,5 dS m⁻¹. Estos valores condicionan los cultivos de arroz (Tabla 2). En los niveles de 0, 5 y 10 cm de profundidad la prueba t de Student estableció significancia al 5%, mientras que los niveles de 15 y 20 cm no mostraron diferencias significativas (ns). Los decrecimientos de la salinidad entre los dos muestreos (2006- 2008), principalmente podría estar influenciada por las condiciones ambientales del área principalmente la precipitación pluvial que fueron más de lo normal en el período.

El pH de la data de muestreo, decrece en todos sus niveles siendo mayor en el primer año de muestreo y menor en el segundo, con una tendencia de Ligeramente Alcalina (LAI) a Practicante Neutra (PN) y la prueba t de student dio valores significativos.

En primera instancia se realizó un análisis de componentes principales para los dos muestreos por separado cada uno con 73 variables correspondientes a los análisis químicos y de salinidad a las diferentes profundidades. Se observó una alta correlación ($r > 0.7$) dentro de cada parámetro a las diferentes profundidades. Así por ejemplo, el pH a los 5 niveles presentó valores altamente correlacionados.

Tabla 2. Clasificación del suelo por la conductividad

eléctrica en el extracto de saturación y su efecto en los cultivos

CE dS m ⁻¹	Condiciones de salinidad y efecto sobre las plantas
<1	Suelos libres de sales. No existe restricción para ningún cultivo
1-2	Suelos muy bajos en sales. Algunos cultivos muy sensibles pueden verse restringidos por su rendimiento
2-4	Suelos moderadamente salinos. Los rendimientos de los cultivos muy sensibles pueden verse afectados en su rendimiento
4-8	Suelos salinos. El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición.
8-16	Suelo altamente salino. Todos los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos
> 16	Suelos extremadamente salinos. Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-21 –REC/NAT - 2000

Resultados similares se observaron con los demás elementos por lo que se realizó el análisis de componentes principales y de agrupamiento o clúster, solo con los valores observados a nivel superficial, por lo que se incluyeron en los análisis solo 24 variables. Se observó que la explicación de la variación por las dos primeras componentes principales en el análisis con las 24 variables fue de 54 %, muy similar al análisis original con las 73 variables (55 %), por lo que se puede indicar que la selección de las 24 variables redujo la dimensionalidad del problema, sin una pérdida de información.

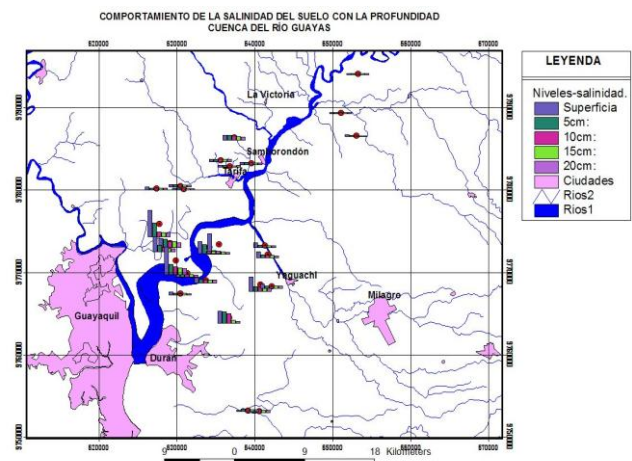


Figura 2. Distribución espacial de la salinidad en el río Babahoyo tributario del río Guayas.

En a Figura 2 se puede observar tres tipos de histogramas (Clase 1: localización 1, 10, 11, 12, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25 y 26, con un nivel baja de

salinidad en todas la cinco profundidades , Clase 2 : 4, 5, 6, 7, 8 y 21, con un nivel de salinidad moderada en la superficie y un profundidad de 5 cm; Clase 3: 2, 3, 9, 13, 14, 15, 16 y 17, con moderado a alto nivel de salinidad a 0, 5 y 10 cm).

En el análisis de agrupamiento con las 24 variables se usaron como medida de similitud a la distancia Euclidiana y a la distancia Euclidiana promedio y el método de agrupamiento mediante los métodos de ligamiento promedio y de Ward. Las diversas combinaciones de las medidas de similitud y métodos de agrupamiento, dieron como resultados agrupamientos de localidades muy similares. En la Figura 3 se presenta el dendrograma obtenido usando la distancia Euclidiana y el método de Ward, distinguiéndose tres grupos; el primero formado por las localidades 9, 4, 17, 16, 14, 13, 3 y 2; el segundo integrado por solo cuatro localidades 21, 20, 19 y 18; y el tercero que es el más grande con las restantes localidades. Lo que se verifica similitudes y disimilitudes entre los grupos a nivel interno y entre los tres grupos.

Al representar las dos primeras componentes principales del análisis con las 24 variables, también se observan los tres grupos identificados en el análisis de agrupamiento, lo cual da consistencia a la formación de estos grupos. La codificación con letras para la representación en el análisis de componentes principales se realizó de la siguiente manera: localidad 1 = A, localidad 2 = B, etc. etc., hasta localidad 26 = Z.

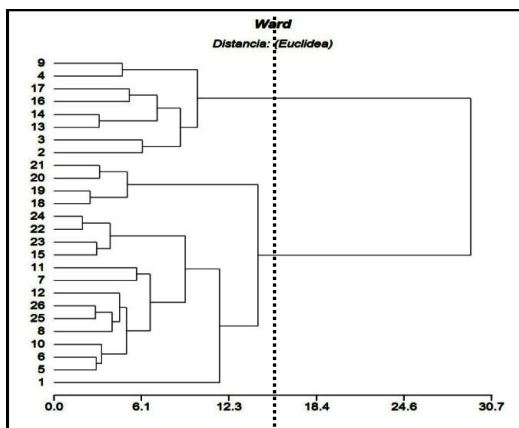


Figura 3. Agrupamiento de 26 localidades mediante 24 variables químicas y de salinidad de suelo.

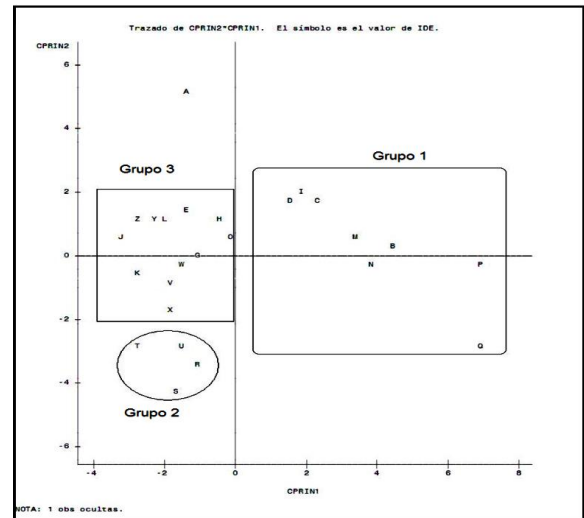


Figura 4. Representación de las dos primeras componentes principales del análisis de 26 localidades mediante 24 variables químicas y de salinidad de suelo

Tabla 3. Promedios de 19 parámetros para tres grupos de localidades determinados en la cuenca baja del río Guayas, según datos de primer muestreo (2006) a nivel superficial

PARÁMETROS	GRUPOS		
	1	2	3
Fe	17.8	111.5	21.8
Mn	162.9	46.9	86.3
B	0.8	0.3	0.4
CE	47.8	6.8	7.3
PH	7.6	7.3	7.8
Na	304.1	32.5	38.4
K	1.5	0.6	0.5
P	8.6	5.0	9.5
Ca	67.8	15.4	15.4
Mg	105.6	19.3	18.9
Ca	14.4	14.8	15.2
SO4	169.7	43.8	20.5
Cl	263.2	22.1	48.7
Mg	19.7	11.1	15.6
RAS	38.6	8.8	9.0
PSI	34.3	10.3	10.2
S	579.0	444.3	275.4
Zn	5.1	8.4	3.1
Cu	10.2	7.3	13.7

En la Tabla 3 se presentan los promedios de 19 parámetros, de los tres grupos determinados según los

análisis de agrupamiento y componentes principales. Se observa que el grupo 1 se caracteriza por su mayor contenido de Mn, Conductividad eléctrica CE, Na, Ca, Mg, SO₄, Cl, RAS, PSI y S, de entre los tres grupos. El grupo 2 se caracteriza por su mayor contenido de hierro y zinc, y contenidos bajos de manganeso, sodio, cloro magnesio y pH. El grupo tres, mientras tanto, se caracteriza por sus valores altos de pH y Cu y promedios bajos de SO₄, S y Zn.

5. Conclusiones

En base al presente estudio se concluye:

- Que se determinaron tres grupos de ambientes en el área de estudio, los cuales varían por la cantidad de los diversos parámetros físicos y químicos evaluados.
El comportamiento de la salinidad de los suelos en los humedales de arroz en la Cuenca Baja del Río Guayas en el área experimental, denotan un grado de afectación en los años de estudio, de extremadamente salino con valores de 19, 7 dS.m⁻¹ en el primer año y en el segundo año 15.8 dS.m⁻¹ al 4,9 dS.m⁻¹ en el primer a año 4,5 dS.m⁻¹ en el segundo año correspondiente a terrenos ligeramente salinos condicionados para los cultivos de arroz.
- Los clúster y las componentes principales demostraron la existencia acumulación de sales que no permite que los cultivos se desarrollen normalmente y tengan limitaciones en su crecimiento.
El comportamiento temporal de la salinidad en los dos años de estudio demuestra que en la superficie de los suelos hay acumulación de sales decreciendo hacia la profundidad. Comportamiento que señala la intrusión salina del Río Babahoyo que ingresa por medio de los esteros y canales de riego, agudizada por el drenaje deficiente.

6. Agradecimiento

El autor deja constancia de agradecimiento al Ing. Edison Silva, MSc. Por su consejo en el área estadística, a la Ing. Pilar Icaza y Richard Araujo, Estudiante, Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Naturales por su colaboración en las aplicaciones en GIS.

7. Referencias

- [1] Allison, L. E.; Hayward, H.E.; Richards L.A.; Bernstein L.; Fireman M.; Person, G.A.; Wilcox; L.V.; Bower, C.A.; Hatcher, J.T.; Reeve, R.C. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos Trad. L.A. Richardas 6a ed. México Limusa 1973. 172p.
- [2] ASOCIACION CAURA-FAGROMEN. LTDA 2001. Plan Integral de. Gestión Socio - Ambiental de la Cuenca del Río Guayas y la. Península de Santa Elena (PIGSA). CEDEGE, Guayaquil.
- [3] Ayres, RS. & DW. Westcot. 1985 Water quality for agriculture. FAO irrigation and Drainage Paper 29 (Rev. 1), Food and Agriculture Organización (FAO) of the United Nations. Rome, Italy, pp 99 - 104.
- [4] Bonnet, J. Edafología de los suelos salinos y sódicos Estación Experimental Agrícola. Universidad de Puerto Rico. 1960 pp 283
- [5] CEDEGE, 2010: Disponible en <http://www.cedeg.gov.ec/modules.php?name=News&file=article&sid=13>
- [6] COMISIÓN ASESORA AMBIENTAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Desarrollo y problemática ambiental del Golfo de Guayaquil CAAM 1996. 1-68p
- [7] Espinosa, J. 2006 Curso de Química suelos Programa de Maestría Agricultura Tropical Sostenible, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador CD.
- [8] FAO, 1986. The Land Resource Base. FAO (ARC/86/3), Rome. Italy, pp 466-478
- [9] Galarraga, R. 2010 Estado y Gestión de los Recursos Hídricos en el Ecuador. HidroRed: Disponible en <http://tierra.rediris.es/hidrored/base de datos/doc 1.html>.
- [10] Holdrige, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Trad. De Humberto Jiménez Soa. XX ed. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- [11] Hair, J.F. Jr.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L. and Black, W.C. 2006 Análisis Multivariante ed. 5ta. Louisiana State University Td. Esme Prentice, Diego Cano. Universidad Autónoma de Madrid. 205. 30-78p.
- [12] Henríquez. C. Cabalceta G.A. 1999 Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. San José. Costa Rica. C.R. ACCS 111 p.
- [13] Hunter, A. 1975, Nuevas técnicas y equipos para análisis de suelos de rutina. In Manejo de suelos de América Tropical. Ed. Por E. Bormeza y A, Alvarado, Raleigh, North Carolina State University. p. 457- 483

- [14] INAMHI, 2010 Base de datos Guayas Histórico Precipitaciones Archivo impreso y electrónico
- [15] ICA. 1989 El análisis de suelos plantas y aguas para riego. Manual de asistencia técnica No 47 Bogotá Colombia pp 108-123.
- [16] INIAP. Manual de metodologías de análisis de suelos plantas y aguas. Estación Experimental Boliche. 2001. 80p.
- [17] Jackson, M.L. 1970 Análisis Químico de suelos y plantas, trad. del Inglés por José Beltrán Martínez 2daEd. Barcelona, Omega, pp 662
- [18] Karla, YashP. (ed) 1998 HANDBOOK OF REFERENCE Methods for Soil Analysis. Soil and plant analysis CRC press Boca de Raton, FL USA 300p.
- [19] Leidi. E. 2002 Tolerancia de los cultivos al estrés salino: Que hay de nuevo. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Bilogía Vegetal, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC Av. Reina Mercedes, 10,41012 Sevilla España, Disponible en <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev2/5.htm>
- [20] Ortega, M. 1993 Causas del ensalitramiento y su efecto sobre los suelos. Colegio de Posgraduados, Montecillo. Estado de México
- [21] PERSONAL DEL LABORATORIO DE SALINIDAD DE LOS E.U.A., 1973 Diagnóstico y rehabilitación de los suelos salinos y sódicos. Richards, L.A. Editor. pp 75
- [22] Pozo, W. Hernández, F & Morell, I. 2008 Delimitación de la Zona de Transición Costera en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Rev. Tecnológica ESPOL, Vol.21, N.1, pp 7- 15
- [23] Román, J., García, F., Morales, O., & Hernández, R. 2006 Determinación del método de preparación del suelo y siembra para el cultivo de arroz en suelos afectados por salinidad y sodicidad en áreas CAI ArrocerodeHolguín Revista electrónica Granma Ciencia Vol.10: Disponible en Http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol10/3/2006_10_n3.a8.PDF
- [24] Rodríguez, R., Moreno, J., Días, J. et al. Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia durante un período de dos años. Rev. Fac. Agron. [online]. oct. 2006, vol.23, no.4 [citado 05 Julio 2010],p.395406.Disponible.en.la.World.Wide. Web:<http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO37878182006000400003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-7818.
- [25] Ruíz, E., Aldaco., R. Monte A., Fortiz, E., Olague,J., & Villagomez, J. 2007 Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros: Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/613/61345102.pdf>.
- [26] Serrano, G. 2003 Introducción al Análisis de Datos Experimentales: Tratamiento de datos de bioensayos. Universidad Jaume I 103-143p
- [27] Silva, J., Ochoa - Estrada, S. Cristobal-Acevedo, D., & Estrada - Godoy, F. 2006 Calidad del agua subterránea de la ciénaga de Chápala como factor de degradación del suelo-Terra Latinoamericana, Vol. 24, Número 4 Octubre Diciembre Universidad Autónoma de Chapingo pp 503-513
- [28] Villafoñe, R., Abarca,O., Azpirea, M., Ruíz T., & Dugarte,J., 1999 Distribución Espacial de la salinidad en suelos de Quíbor y su relación con limitaciones de drenaje y la calidad del agua. Bioagro 11(2):43-50
- [29] Walkey, A. and Black 1947 Examination of a rapid method for determining organic soils – Effect of variations in digestions conditions. pp 20