

Ciencias Ecológicas

Artículo Científico

Influencia de la salinidad y su evaluación en urbanización Málaga dos en vía a salitre Guayaquil – Ecuador

Influence of salinity and its evaluation in urbanization Málaga two en route to saltpeter Guayaquil – Ecuador

Influência da salinidade e avaliação em Málaga urbanização via dois salitre Guayaquil - Equador

Armando W. Saltos-Sánchez ^I
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
armando.saltoss@ug.edu.ec

Christian E. Almendariz-Rodríguez ^{II}
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
christian.almendarizr@ug.edu.ec

Kerly Coralia Fun-Sang-Robinson ^{III}
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador
kerly.funsangr@ug.edu.ec

Recibido: 30 de enero de 2017 * **Corregido:** 20 de febrero de 2017 * **Aceptado:** 20 mayo de 2017

- I. Mastere Specialise "Eau Potable et Assainissement" de la Conference des Grandes Ecoles; Ingeniero Geotecnico, Ing Civil ,Espol.
- II. Magister en Riego y Drenaje; Ingeniero Civil; Universidad de Guayaquil
- III. Magister en Impactos Ambientales; Arquitecta ;Universidad de Guayaquil

Resumen.

La presente investigación se basa en el análisis de la influencia de la salinidad por efecto de las mareas que influyen en el sector de la urbanización Málaga 2.

Se realizaron trabajos de comprobación de la resistividad eléctrica por métodos geofísicos para comprobar la salinidad existente, se evidencio la presencia de salinidad por este método.

También se realizó análisis de laboratorio de química en la Universidad de Guayaquil, comprobándose la concentración de sales por la presencia de conductividad eléctrica, estos análisis se realizaron en muestras de paredes que estaban deterioradas por efecto de humedad.

Los resultados demostraron la presencia de altas y medianas concentraciones de sales a poca profundidad y que por efecto de capilaridad llega a la superficie de las casa causando deterioro de las mismas.

Palabras Clave: Salinidad; conductividad; resistividad.

Summary.

The present investigation is based on the analysis of the influence of salinity due to the effect of the tides that influence the urbanization sector Málaga 2. Work was carried out to verify the electrical resistivity by geophysical methods to check the existing salinity, it was evidenced the presence of salinity by this method. Chemical analysis was also carried out at the University of Guayaquil, and the concentration of salts was verified by the presence of electrical conductivity. These analyzes were performed on samples of walls that were deteriorated by moisture. The results showed the presence of high and medium concentrations of salts at shallow depth and that by capillary effect reaches the surface of the house causing deterioration of the same.

Keywords: Salinity; conductivity; resistivity.

Introducción.



Figura N° 1.- El sector de la Urbanización Málaga 2 que está ubicada en la Subcuenca del Río Daule está influenciada por las mareas. (Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica adquiridos)

Perfil	Coordenada inicio (UTM)	Coordenada fin (UTM)
A-A'	625257 E 9776678 N	625320 E 9776650 N
B-B'	625647 E 9776606 N	625715 E 9776616 N
C-C'	625819 E 9776628 N	625888 E 9776633 N

Plan de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial del Cantón Daule 2015-2025.

La zonificación fue definida a partir de la aceleración máxima efectiva en la roca esperada para el sismo de diseño. La aceleración está expresada como fracción de la aceleración de la gravedad; es decir, corresponde a una situación potencial.

MAPA No. 12: RIESGOS NATURALES

AMENAZAS POR INUNDACIÓN



Fuente: SIN – SENPLADES

Elaboración: GAD Ilustre Municipalidad del cantón Daule. 2014

El río Daule, es el principal río de la Subcuenca del río Daule, que es una de las siete subcuencas que dan forma a la Cuenca del Río Guayas, hasta el río Daule confluyen los ríos Peripa, Puca, Pula, Pedro Carbo y otros arroyos, su caudal promedio máximo esta aproximadamente por los 1000 m³ /s y el promedio mínimo sobre los 100 m³ /s y el promedio mínimo sobre los 100m³ /s. (Zaldívar Jiménez, Herrera Silveira, Coronado Molina, & Alonzo Parra, 2004) (Zaldívar, 2004)

El río es de leve pendiente, del orden del 0,2% al 0,05%, por lo que la influencia de la marea llega a unos 70km aguas arriba de Guayaquil hasta el sitio conocido como la Capilla. En época de lluvias la corriente del río se dirige hacia el río Guayas, pero en la estación seca en la cual algunos tributarios prácticamente tienen cero de aportación al río Daule, la corriente se invierte en marea alta. El sistema hídrico del cantón está conformado por los principales ríos, Daule, Pula, Jigual,

Jaboncillo y una red de canales de riego que de manera conjunta cubren casi la totalidad del área del suelo agrícola del cantón. (Herrera-Silveira, 1994) (Orihuela Belmonte, Tovilla Hernández, & Henricus Franciscus, 2004) (Tovilla, 1998)

El sector donde está ubicado la Urbanización esta en zona de incidencia de marea y propensa a inundaciones.

Según información de moradores de la Urbanización y de observaciones directas en obra se observa la presencia de humedad y deterioro de enlucido de paredes.

La administración de la Ciudadela solicito un Informe Pericial de la situación actual en cuantos a los problemas técnicos por vicios ocultos de no tomar previsiones en el sistema constructivo.

Observaciones de campo

A lo largo de la Urbanización Málaga II se evidencia muchas casas con presencia de humedad en sus paredes tanto en las cercanías a la Administración, cerca de los parques y en casi la mayoría de las casas. Es muy notorio el deterioro de paredes exteriores de muchas casas y con desprendiéndose de los enlucidos.

Objetivo general

Determinar físicamente y con ensayos geofísicos y de laboratorio de química la presencia de salinidad en el sector de las casas de la Urbanización Málaga 2.

Marco teórico sobre el tema de evaluación

Salitre y alcalinidad

La alcalinidad es algo común y natural en nuestros sistemas de construcción tradicionales, y se encuentra por ejemplo en el cemento, la cal y la arena, debido a que sus componentes son naturalmente alcalinos.

A esto, sumémosle también las sales minerales de sodio y de potasio que se encuentran en la tierra (con la que luego se hacen los ladrillos), las arenas, y otros materiales.

De esta manera nos encontramos con los dos agentes en cuestión: "eflorescencia salina" y "carbonatación", comúnmente llamados "salitre" y "alcalinidad".

Es por eso que, para no sufrir riesgos de deterioro en los revestimientos y pinturas por estas causas, cuando una pared o construcción es nueva o tiene realizadas reparaciones, se debe cumplir con los plazos necesarios de secado y curado de las mismas antes de realizar el trabajo de acabado. Y cuando la superficie no es nueva, pero tiene presencia de estos agentes, debemos tratarla específicamente para mitigar y disminuir los posibles efectos producidos.

Salitre (eflorescencia salina)

Las sales minerales se encuentran entre otros lugares en los suelos y en abundancia en suelos con influencia de marea tal como es caso de zonas de litoral y costas ecuatorianas, por ende cuando se construye un muro, pared o losa, existe contenido de sal en el mismo, y, lo que hace que luego veamos esas manchas en forma de espuma, pelusas o polvillo blanco a la que llamamos salitre, es producto de la humedad que ingresa a las paredes y ladrillos que luego cuando se evapora arrastra

las sales solubles a la superficie exterior, no solo afectando estéticamente, sino también atacando y destruyendo lentamente el revoque, los ladrillos, las estructuras y por supuesto la pintura y recubrimientos, los cuales son empujados por el salitre terminando por desprenderse.

De todas maneras hay que concientizarse que para una superficie salitrosa, prácticamente no existe solución definitiva, siempre está latente la posibilidad de que aparezca tarde o temprano.

Alcalinidad (carbonatación)

Antes que nada, y para poder entender mejor este tema, vamos a hablar del pH.

¿Qué es el pH?: Una definición simple para el pH sería "el valor que nos indica la acidez o alcalinidad de una sustancia, o superficie en nuestro caso". El pH se encuentra en todo contexto de la naturaleza, midiendo todo lo que nos rodea. Estos valores van de 0 (máxima acidez) a 14 (máxima alcalinidad), siendo de 7 el valor neutro, es decir, donde no hay ni acidez ni alcalinidad, estado ideal para pintar una superficie.

Entonces, ya sabemos que una superficie es ácida cuando su pH es inferior a 7 y es alcalina cuando su pH es superior a 7. Debemos tener en cuenta también que el aumento o disminución de 1 punto en la escala de pH se debe multiplicar por diez (10) para lograr la justa equivalencia respecto del anterior, por lo tanto un pH 8 es 10 veces más alcalino que un pH 7, a la vez que un pH 6 es 10 veces más ácido que un pH 7.

Una pared recién construida, contiene un alto grado de alcalinidad con un pH cercano a 14, que con el paso de los días va descendiendo hasta llegar a valores cercanos a 7.

No obstante, para llegar a estos valores prácticamente neutros, debemos esperar unos 180 días para muros interiores y 90 días para los exteriores durante el proceso de construcción, esto último se debe a que las lluvias son ácidas y la contaminación ambiental (nitrógeno, azufre, etc.) reacciona con éstas transformándose en sustancia ácidas, lo que genera una disminución de los valores de del pH. Para el caso de las construcciones en zonas de influencia de marea debe considerarse todos estos factores.

Bien, volvamos entonces a la alcalinidad en las paredes. Este proceso se llama "carbonatación" y al igual que la eflorescencia salina, se produce solamente cuando hay ingreso de humedad, que luego arrastra todo a la superficie en la evaporación. Esta reacción química genera que el Hidróxido de Calcio (la cal del cemento) reaccione con el Dióxido de Carbono (uno de los gases que componen el aire atmosférico) y se forme el Carbonato de Calcio, que es lo que luego vemos en forma de manchas blancas, que visto con microscopio, son cristales con forma hexagonal y puntiaguda.

Todo esto fenómeno de alcalinidad y carbonatación se está produciéndose en las paredes que están colocadas en las fachadas de las casas (piedra caliza, mal llamadas marmeton), se evidencia que están descoloridas y con pequeños huecos o ratoneras en las fachadas de varias casas en la Urbanización Malaga 2.

Conductividad Eléctrica y dureza del agua

ppm	$\mu\text{S/cm}$	°f	DUREZA
0-70	0-140	0-7	MUY BLANDA
70-150	140-300	7-15	BLANDA
150-250	300-500	15-25	LIGERAMENTE DURA
250-320	500-640	25-32	MODERADAMENTE DURA
320-420	640-840	32-42	DURA
superior a 420	superior a 840	superior 42	MUY DURA

Cuadro N° 1.- Evaluación de conductividad y dureza

Concentración de sales disueltas: La concentración de sales disueltas en un terreno es un factor determinante en la resistividad del mismo.

Al existir una mayor concentración de sal en el suelo, éste mejora su conductividad. En forma general, entonces, se podría establecer que mejor conductor es el terreno mientras mayor contenido de sal haya en él.

El agua disocia las sales en iones y cationes que se encargan de transportar los electrones por el terreno.

Para comprender este fenómeno, sólo se debe recordar el comportamiento eléctrico del agua. El agua destilada es aislante y aunque introduzcamos unos electrodos en el interior de un recipiente conectados a una batería, no circulará energía eléctrica a través de ella. Si al agua le añadimos más compuestos salinos, por ejemplo, cloruro de sodio o sal común, comenzará a circular electricidad y a medida que añadamos más sal, circulará más electricidad; esto es debido a que los electrones se desplazan por el agua gracia a los iones disociados.

En los lugares de lluvias estacionales, hay que tener muy presente estos fenómenos, debido a que en la época de lluvias el terreno presenta un resistividad muy baja (la lluvia disuelve las sales del terreno), mientras que en la época seca la resistividad es muy alta.

Relación entre tipo de suelo y conductividad eléctrica.

SUELO	PH	CE(mmhos/cm)	PSI (%)
Normal	6 a 7	<2	<15
Salino	<8.2	>4	<15
Sódico	>8.2	<4	>15
Salino-sódico	>8.2	>4	>15

Valores Típicos de resistividad para diversos materiales	
Material	Valor típico (ohm-m)
Agua de mar	2
Arcilla	40
Agua subterránea	50
Arena	2000
Granito	25000
hielo	100000

Cuadro N° 2.- Valores tipo de resistividad para diversos materiales

RESISTIVIDADES DE DIVERSOS MATERIALES	
NATURALEZA DEL MATERIAL	RESISTIVIDAD EN OHM.M
Terrenos pantanosos	De 0 a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba	5 a 100
Arcilla plástica	50
Marga y arcilla compactadas	100 a 200
Arena arcillosa	30 a 40
Arena silícea	50 a 500
Suelos con gravas cubierto de césped	200 a 3000
Suelos con gravas	300 a 500
Calizas blandas muy alterados	1500 a 3000
Calizas compactadas	100 a 300
Calizas agrietadas	1000 a 5000

pizarras	500 a 1000
Rocas de mica y cuarzo	800
Granito y gneiss procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gneiss	100 a 500

Fuente: www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53

Al presentarse una mayor concentración de sales disueltas en el agua que se encuentra en el suelo, la conductividad se incrementa y como consecuencia la resistividad disminuye (*Figura N° 1*)

Concentración de sales disueltas

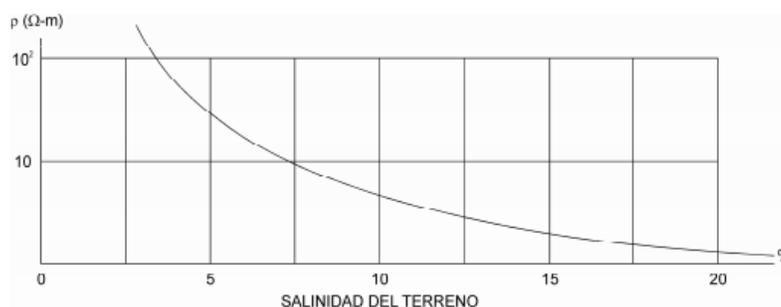


Figura N° 2.- concentración de sales disueltas

Fuente: *Evaluación de la resistividad en campo y en laboratorio y su aplicación a pavimentos*
ISSN 0188-7297.

Metodología empleada para determinación de la salinidad y su evaluación

Se realizaron ensayos Geofísicos para determinar la resistividad de los terrenos y el agua circundante

Estudio Geofísico

Mediante el presente informe se realizó un Estudio de Resistividad mediante la técnica geofísica de Tomografía Eléctrica realizado en la Urbanización Málaga II ubicada en Daule.

Estos sondeos geofísicos se realizaron a lo largo de la avda. Principal a nivel de parterre central, los mismos que se realizaron con una longitud promedio de 70 m cada sondeo cuyo objetivo era determinar las zonas en los primeros estratos del subsuelo que presenten menores valores de resistividad eléctrica que estén asociados a concentraciones mayores de salinidad.

Perfil	Coordenada inicio (UTM)	Coordenada fin (UTM)
A-A'	625257 E 9776678 N	625320 E 9776650 N
B-B'	625647 E 9776606 N	625715 E 9776616 N
C-C'	625819 E 9776628 N	625888 E 9776633 N

Figura N° 3.- Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica adquiridos



Figura N° 4.- Ubicación de los perfiles de Tomografía Eléctrica dentro de la urbanización

Málaga II. (imagen obtenida desde Google Earth).

En el anexo 1 se presenta el informe completo de los ensayos geofísicos tomados a lo largo de la Urbanización

Análisis ingenieril de los resultados de ensayos de geofísica

Se realizaron 3 ensayos geofísicos que dieron como resultados 3 perfiles topográficos donde se observan las diferentes capas existentes en el sector

En el tramo AA se tiene baja resistividad desde 0,77 m hasta 2, 25 con resistividades baja del orden 10 a 30 Ωm lo que implica salinidad alta, en todo el tramo analizado.

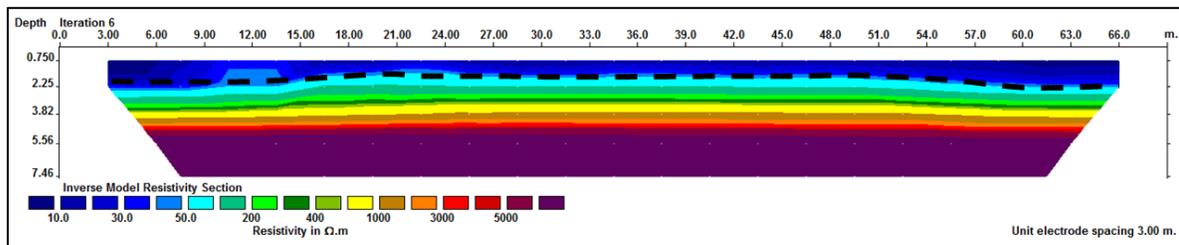


Figura N° 5.- Ensayo topográfico sección AA'

En el perfil BB se tiene baja resistividad desde los 1,5 m, 3m con resistividades bajas en una franja de 25m.

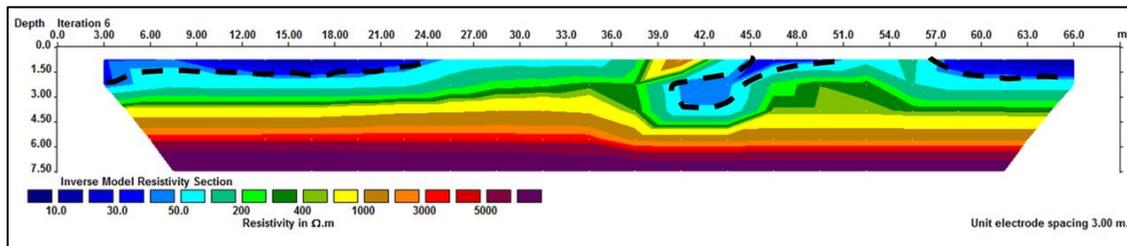


Figura 5.- ensayo topográfico sección BB'

Así mismo, describiendo la sección C-C' se aprecia una distribución más homogénea de las resistividades del subsuelo que en la sección B-B', y que en promedio alcanzan una mayor

profundidad que en las otras dos secciones, con una tendencia a adelgazarse el estrato menos resistivo desde el inicio hasta los 12 metros del perfil geo eléctrico.

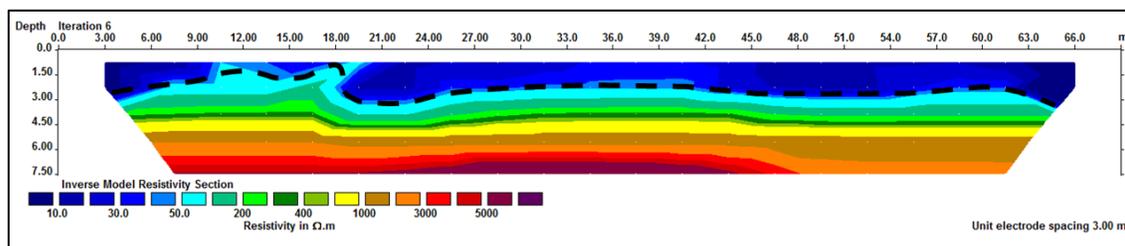


Figura 6.- Ensayo topográfico sección CC'

La evidencia de los sondeos geo eléctricos es la presencia de alta salinidad en los primeros metros a pesar de haberse hecho los ensayos en marea baja, lo que ratifica la presencia de sales a nivel de las casas, no se impermeabilizo las primeras capas o no se compacto con material permeable, la salinidad se presenta a poca profundidad siendo más localizada en el tramo AA, que es al final de la Urbanización y es donde se avizora mucha humedad y presencia física del deterioro de las paredes.

De acuerdo a la Figura 1 con resistividades bajas tenemos alta salinidad

Ensayos de laboratorio de química, comprobación de salinidad

Para comprobar la evidencia de salinidad se muestreo en diversas casas las mismas que están localizadas en el presente informe, siendo estos lugares donde se tomó muestra por pedido de los directivos de la Administración de la Urbanización.

Lugares evaluados

La administración indico ciertos lugares donde se muestreó, los mismos que se identifican en las respectivas fotos con la identificación de los medidores eléctricos de consumo.

Influencia de la salinidad y su evaluación en urbanización Málaga dos en vía a salitre Guayaquil – Ecuador

MZ. 26 V 20 MUESTRA 1



MZ 26 v 17 Muestra 2



MZ 23 villa 12 Muestra 3



MZ 22 villa 25 Muestra 4



MZ 21 villa 8 Muestra 5, 6,7



MZ 18 villa 8 Muestra 8



MZ 29 villa 8 Muestra 9 y 10



MZ 29 villa 19 Muestra 11



MZ 36 villa 3 Muestra 12



Muestra 13 casa vicepresidenta

Muestra de relleno tipo cascajo con arcilla

Procedimiento de Toma

Se tomó las muestras puntuales en las áreas de las paredes que han sufrido desprendimientos de pinturas y en ciertos casos varias veces reparadas, el muestreo consistió en raspar el material

desprendido y llevarlo al laboratorio para comprobar la presencia de sales disueltas. Las muestras están registradas en las fotos precedentes donde se indica la identificación de las casas en el medidor

Forma de Realización de ensayos químicos

Las muestras de pinturas para evidenciar o no la presencia de sales se la evaluó colocando 100 ml de agua destilada en la muestra y comprobar su conductividad eléctrica, los resultados mostraron conductividad eléctrica alta lo cual evidencia la presencia de sales en las paredes muestreadas.

Tabla N° 3.- Resultados de laboratorio de calidad de aguas				
RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO				
NUM MUESTRA	UBICACIÓN	Conductividad uS/cm	solidos totales disueltos mg/l	Dureza
1	MZ. 26 V 20	86.38	58	muy blanda
2	Mz 26 v 17	163.1	108	blanda
3	MZ 23 villa 12	257	170	blanda
4	Mz 22 villa 25	50.59	34	muy blanda
5	MZ 21 villa 8	779	515	dura
6	MZ 21 villa 8	59.74	40	muy blanda
7	MZ 21 villa 8	355	233	ligeramente dura
8	Mz 18 villa 8	466	308	ligeramente dura
9	MZ 29 villa 8	100.7	67	muy blanda
10	MZ 29 villa 8	51.90	35	muy blanda
11	Mz 29 villa 19	916	606	muy dura
12	MZ 36 villa 3	54.49	37	muy blanda
13	calicata	4.3	3	muy blanda

Análisis ingenieril de los resultados de laboratorio de química

Con los resultados de laboratorio de química nos indica la presencia de sales en las muestras de las viviendas donde se muestreo las paredes con pintura malograda con humedad.

Con los resultados obtenidos en algunas viviendas se constata la presencia de alta dureza y ligeramente dura en los residuos de pintura de acuerdo a la tabla 1 página 6 del presente informe

Su alta conductividad eléctrica indica grandes cantidades de sales a pesar de ser restos de pintura con material impermeabilizante que se utiliza con los acabados de las paredes.

Conclusiones.

Con el presente trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente:

Existe de manera física la presencia e influencia del agua salobre en la urbanización.

El área más afectada en el sector AA, al final de la urbanización.

Los ensayos de laboratorio y de geofísica constata la presencia de sales en las casas a nivel de paredes.

A nivel de las casas ha ocurrido el fenómeno de ascenso capilar de sales disueltas en el terreno.

En las pruebas fotográficas que están en el anexo 3 se puede observar los daños materiales a nivel de las paredes de las casas.

El fenómeno de mareas ha afectado grandemente a la Urbanización lo cual ha traído como consecuencia la proliferación de hongos y ambientes biológicos para proliferación de bacterias ya que existe un ambiente propicio.

La Urbanización está construida en una cota baja con respecto a los niveles de marea y lluvias intensas en épocas de invierno, se pudo constatar en varias ocasiones la inundación de la mayoría de las manzanas de la Urbanización, además se evidencio también el taponamiento o no circulación del canal de evacuación de aguas lluvias en la entrada y salida de la Urbanización Málaga 2.

Los contratistas de la Urbanización no previeron este fenómeno que en la mayoría de casos en zonas de influencia de marea ocurre, ahora deben realizar las reparaciones respectivas.

Recomendaciones.

Realizar las impermeabilizaciones a nivel de la cimentación tanto a nivel de muros y paredes.

Impermeabilización a nivel de suelos periódicamente dos veces por año para erradicar la salinidad y la propagación de humedad hacia la cimentación y muros de las viviendas del sector.

Neutralizar el suelo para reducir la salinidad periódicamente cada seis meses.

Bibliografía.

- Herrera-Silveira, J. (1994). Spatial heterogeneity and seasonal patterns in a tropical coastal lagoon. *J. Coastal Res*, 10(3), 738-746.
- Orihuela Belmonte, E., Tovilla Hernández, C., & Henricus Franciscus, V. (2004). Flujo de materia en un manglar de la costa de Chiapas, México. *Madera y Bosques*, 10(2), 45-61.
- Tovilla, H. (1998). *Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México*. México: UNAM.
- Zaldívar Jiménez, A., Herrera Silveira, J., Coronado Molina, C., & Alonzo Parra, D. (2004). Estructura y productividad de los manglares en la reserva de la biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 10(2), 25-35.
- Zaldívar, A. (2004). *Cambios en los patrones de estructura y productividad en manglares sometidos a gradientes ambientales en una laguna costera cárstica en la Península de Yucatán (SE, México)*. Mérida: CINVESTAV-IPN.