

## **Introducción de técnicas de procesamiento de imágenes satelitales para la obtención del mapa preliminar de índice de salinidad en el valle de Guantánamo**

### *Introduction of techniques for satellite images processing to obtain preliminary salinity map at Guantanamo Valley*

**Carmen Rosa Peñate Arévalo<sup>1</sup> y Felicita González Robaina<sup>2</sup>**

**RESUMEN.** La salinidad de los suelos siempre ha sido una problemática para el desarrollo progresivo de la agricultura y su incremento en numerosas áreas cultivables ha estado influenciado por la inadecuada aplicación de las técnicas de riego y algunas prácticas agrícolas. En este trabajo se aplicó el método empírico de relaciones de reflectancia de las bandas como técnica de procesamiento de imágenes satelitales combinado con técnicas geoestadísticas para la obtención de un mapa preliminar de índice de salinidad en una región del valle de Guantánamo que facilite la clasificación de las zonas afectadas. Se obtuvo un mapa preliminar de índice de salinidad, se definieron las zonas afectadas en el área de estudio con diferentes grados de salinidad y se modeló aplicando técnicas geoestadísticas la variabilidad espacial del índice de salinidad de esta zona.

**Palabras clave:** salinidad, reflectancia, técnica geoestadística

**ABSTRACT.** The soil salinity has always been a problem for the progressive development of agriculture and the increase in many areas crops have been influenced by the improper application of the techniques of irrigation and farming practices. In this paper we apply the empirical relations of reflectance bands as a technique for processing of satellite images combined with geostatistical techniques to obtain a preliminary map of a salt index of Guantanamo Valley region to facilitate the classification of affected areas. Obtained a preliminary map index of salinity affected areas were defined in the study area with varying degrees of salinity and modeled using geostatistical techniques index the spatial variability of salinity in the area.

**Keywords:** salinity, reflectancia, geostatistical technique

---

<sup>1</sup>Ing., ENPA Habana, Ave. Independencia km 1½, Cerro, La Habana, teléfonos: 6487335-36, ext: 114, E-mail. [riego6@enpach.com.cu](mailto:riego6@enpach.com.cu)

<sup>2</sup>M.Sc., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Tel: (53) (7) 691-1038, 691-2665, 691 2533,  
Recibido 20/12/10, aprobado 25/11/11, trabajo 00/11, investigación.

## INTRODUCCIÓN

En forma natural todos los suelos agrícolas contienen sales, condiciones que guardan también las aguas. Las sales son utilizadas por las plantas como nutrientes aun cuando su uso sea selectivo y preferente; sin embargo pueden dañar a plantas y animales cuando su contenido y/o forma en que se encuentren exceda de cierto límite. La salinidad de los suelos siempre ha sido una problemática para el desarrollo progresivo de la agricultura, el incremento de los mismos en numerosas áreas cultivables ha estado influenciado por la inadecuada aplicación de las técnicas de riego y algunas prácticas agrícolas.

En Cuba del área total de tierra agrícola (7 090 000 de ha) se estima que más del 40% experimenta procesos diversos de degradación y aproximadamente un 14% de ella se encuentra salinizada (Urquiza, 2002).

Entre las regiones del país con mayores afectaciones se encuentran los valles de Guantánamo y del Cauto (Ortega *et al.*, 1986); donde el proceso de salinización se ha extendido por los efectos del agua mineralizada del subsuelo, la elevación del manto freático, hecho vinculado al aumento de las áreas bajo riego, construcción de presas y canales de distribución de agua, así como daños a las redes de drenaje natural y artificial (*Situación Ambiental Cubana*, 2003).

La aplicación de métodos tradicionales para la obtención de mapas de salinidad en tiempo real se dificulta porque implica cuantiosos gastos de recursos humanos y materiales y las muestras tomadas responden a informaciones discretas que pueden provocar errores en los resultados por la alta variabilidad espacial y temporal de este parámetro.

Por lo que se hace necesario la introducción de métodos y procedimientos no invasivos que permitan una mayor rapidez y menos costos en la obtención de estos mapas como herramientas de monitoreo de los problemas de salinidad.

En los últimos años se han desarrollado en el mundo nuevas técnicas para el monitoreo de la salinidad, muchas de las cuales están basadas en el empleo de los métodos de teledetección. La teledetección y los Sistemas de Información

Geográficas constituyen actualmente tecnologías estrechamente interrelacionadas. La clásica relación entre ambos tipos de sistemas ha servido como fuente de datos, para la elaboración de mapas temáticos útiles en el análisis de propiedades dinámicas como la salinidad.

En Cuba se han reportado algunos trabajos que proponen metodologías para la estimación de la salinidad de los suelos utilizando la teledetección, los sistemas de información geográfica, la geoestadística y los sensores eléctricos (García *et al.*, 2002; Lau *et al.*, 2005).

Este trabajo tuvo como objetivo aplicar el método empírico de relaciones de reflectancia de las bandas como técnica de procesamiento de imágenes satelitales combinado con técnicas geoestadísticas para la obtención de un mapa preliminar de índice de salinidad (IS) en una región del valle de Guantánamo que facilite la clasificación de las zonas afectadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de estudio está localizado en el valle de Guantánamo, a los lados de la carretera Guantánamo-Caimanera, en la Cooperativa de Créditos y Servicios "Enrique Campos", Matabajo, Guantánamo, entre las coordenadas 23° 03' 54.93" N, 75° 11' 28.07" W y 20° 03' 35.97" N, 75° 10' 36.10" W. El paisaje en esta región se caracteriza principalmente por las llanuras de arcilla seca, una rala cobertura boscosa y una vegetación espinosa xerofítica, en general sus suelos son susceptibles a los procesos de salinización y erosión. (Cuba, 2009).

Según investigaciones realizadas por el IIRD en la zona, caracterizan la región como llana, con algunas ondulaciones y micro relieve sin depresiones, la altitud media sobre el nivel del mar está entre las cotas de 2 a 7 m. La pendiente media es del orden del 3% y los suelos son de composición mecánica media clasificados como franco arcilloso caracterizado por una velocidad de infiltración de 5 cm h<sup>-1</sup> y una conductividad hidráulica de 1 m d<sup>-1</sup> (Herrera, 2010).

El valle de Guantánamo es seco, las tasas anuales de evaporación tienen un exceso de 2400mm,

mientras que la lluvia anual es de alrededor de 400 mm (Cuba, 2009).

La causa fundamental de la salinidad en esta área (IIRD, 1985) es el ascenso capilar de las sales a partir de un manto freático cercano a la superficie (entre 1-1,7 m) con agua fuertemente mineralizada (CE de 1.35 dS/m). La recarga casi constante de este manto por el desarrollo del regadío sin un drenaje adecuado y las condiciones climáticas de la zona aceleraron el proceso de salinización en el área por lo que sería conveniente actualizar el estudio de la salinidad del suelo en esta zona (Herrera, 2010).

En el mundo se clasifican los suelos salinos a partir del umbral de conductividad eléctrica del estrato de suelo de 4 dS/m o más y un porcentaje de sodio intercambiable mayor del 15%. Cuando la acumulación de los tenores va en aumento se clasifican según su rango en débilmente salino, medianamente afectado, fuertemente afectado y muy fuertemente afectado.

Lau *et al.* (2005) reportan en el valle de Guantánamo valores de conductividad eléctrica del suelo entre 2 y 12 dS/m, lo que evidencian las afectaciones por salinidad. Según la Norma Cubana (2008) valores de CE por encima de 2 dS/m se consideran suelos medianamente afectados por salinidad.

En este trabajo se tomaron criterios de Vincent *et al.* (1996), Al-Khaier (2003) y Alzate (2009) para la conformación de la metodología a seguir en el procesamiento digital de la imagen y obtención del mapa preliminar de índice de salinidad (IS), la cual consiste en:

1. Selección de la imagen satelital que contenga el área de estudio.
2. Pre-procesamiento de la imagen satelital.
3. Extracción de las bandas visibles y de infrarrojo cercano (VNIR), bandas infrarrojas medias (SWIR), y bandas térmicas infrarrojas (TIR)

Las bandas utilizadas para el procesamiento de la imagen fueron las bandas 4 (infrarrojo cercano) y banda 5 (infrarrojo medio) por ser estas las que mayor reflectancia tienen a la vegetación y a los suelos afectados por salinidad. La extracción de las mismas se obtiene a partir de un listado de mapas (Comando de ILWIS MapList).

4. Mejoramiento digital de la imagen mediante un realce radiométrico

Antes de ser usadas las imágenes requieren correcciones radiométricas las cuales tienden a remover los efectos de los errores del sensor y de los factores ambientales, (atmosféricos). El realce realizado incluye el ajuste de contraste lineal

5. Composición de colores (R, G, B)

Son creados y desplegados dentro de la pantalla para combinar los valores espectrales de las bandas individuales. Cada banda es desplegada utilizando un canal de los tres colores primarios rojo, verde y azul.

6. Sub-mapa y remuestreo de la imagen mediante el método bicúbico

Se realiza después de la georeferencia ya que la imagen tendrá coordenadas para cada píxel, pero su geometría no está corregida para distorsiones geométricas y no está adaptada a un mapa o imagen master. Este proceso, resulta en una nueva imagen en el cual los píxeles son ajustados en la geometría del mapa o imagen master, y la resolución es igual a la resolución de la imagen master o seleccionada, en caso de que sea un mapa topográfico.

El método de remuestreo utilizado en el procesamiento fue el de convolución cúbica, que calcula el valor de una celda con el promedio ponderado de las 16 celdas de entradas mas cercanas (arreglo de 4 x 4) basado en la distancia. La ventaja de este método sobre los otros es que el efecto de rugosidad se reduce y la imagen se ve mas suavizada.

7. Determinación del índice de salinidad mediante la generación de mapas algebras en la barra de tareas del sistema de información geográfica

Se trabajó con el método empírico a partir de las relaciones de reflectancia de las bandas de los sensores espaciales siguiente:

$$IS = \frac{\text{banda4} - \text{banda5}}{\text{banda4} + \text{banda5}} \quad (1)$$

8. Análisis de clúster del mapa raster de IS en clases seleccionadas.

En este paso se asume que los valores radiométricos de los píxeles forman una serie de agrupaciones o conglomerados (clústeres). Estos grupos corresponderán a píxeles con un comportamiento espectral homogéneo que definen

diversas clases temáticas. Se trata de encontrar los grupos de píxeles cuya estadística se corresponda con valores radiométricos similares.

9. Análisis de la variabilidad espacial para el mapa de índice de salinidad obtenida y para cada agrupamiento.

La caracterización de la variabilidad espacial del índice de salinidad se hizo mediante la función semivarianza ( $\gamma$ ). El valor experimental de un semivariograma para una distancia  $h$  se calcula mediante la siguiente expresión (Journel y Huijbregts, 1978):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

donde:

$Z(x_i)$ -valor de la variable  $Z$  medido en el punto  $X_i$ ;

$Z(x_i+h)$ -valor a una distancia  $h$  de ese punto;

$n(h)$ -número de pares de puntos separados a una distancia  $h$ .

Para comprobar si la distribución espacial del IS era isotrópica o anisotrópica, se modelaron los semivariogramas de IS para las dos direcciones principales (vertical y horizontal). La determinación del modelo de semivariograma más adecuado y de sus parámetros (alcance, meseta, residuo) se llevó a cabo mediante ajuste visual.

Para el procesamiento de la imagen, análisis estadístico y la variabilidad espacial se utilizó el Programa ILWIS (versión 3.4), que es un software libre y sus siglas en inglés significan Sistema de la Información Integral de Tierra y Agua, el cual ha sido desarrollado por el Instituto Internacional de Estudios Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra (ITC) de Holanda (ILWIS, 2005).

El análisis descriptivo de los datos se hizo a través de los estadígrafos: media, desviación estándar, coeficiente de variación, valores máximos y mínimos. Estos parámetros caracterizan el índice de salinidad y permitieron determinar el número de mediciones ( $M$ ) necesario para estimar la media, con un error relativo determinado, ( $x-\mu=0,005$ ), y a un nivel de probabilidad del 95%, ( $\alpha=0,05$ ), en cada agrupamiento obtenido (Cue *et al*, 1987) mediante la relación:

$$M = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} \cdot S^2}{\left(\bar{X} - \mu\right)^2} \quad (3)$$

donde:

$S^2$  es la varianza de la muestra;

$Z_{1-\alpha/2}$ -percentil de orden  $1-\alpha/2$  de la distribución normal estándar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la imagen seleccionada del sitio de estudio se presentan los resultados de los pasos seguidos para la obtención del mapa preliminar de Índice de Salinidad.

### Información satelital utilizada

Se utilizó la imagen satelital de identificador: AST\_L1B\_00303222006153736\_20081014\_100836\_23689.hdf, que cubre la zona 11-46 del área de estudio (tomada el 14 de Octubre de 2008), que aparece en la Figura 1.

Posteriormente se llevó a cabo el pre-procesamiento de la imagen satelital y la extracción de las bandas visibles y de infrarrojo cercano (VNIR), bandas infrarrojas medias (SWIR) y bandas térmicas infrarrojas (TIR) hasta obtener las bandas y su mejoramiento digital.

Para la determinación del mapa de IS se generaron los mapas algebraicos en la barra de tareas del sistema de información geográfica a partir de la banda 4 (infrarrojo cercano) y banda 5 (infrarrojo medio), definido previamente en la ecuación 1 (Figura 2). El mapa raster obtenido tiene una resolución de 30 m (tamaño del pixel) y abarca un área total de 209,34 ha.

En el mapa se observa la escala de valores del IS los cuales van del 0.03 a 0.19. El análisis estadístico dio como resultado un valor medio de IS de 0,11 con una desviación estándar de 0,05 y un coeficiente de variación de 45,4%. El valor del CV obtenido enfatiza la gran variabilidad de este índice en el área de estudio, lo que refleja la alta variación espacial de la salinidad ya que esta

propiedad depende grandemente de los factores topográficos y estructurales del suelo. Estos aspectos han sido abordados por varios autores

nacionales e internacionales (Utset, 1993; González, 2001; Pulido *et al.*, 2003.)

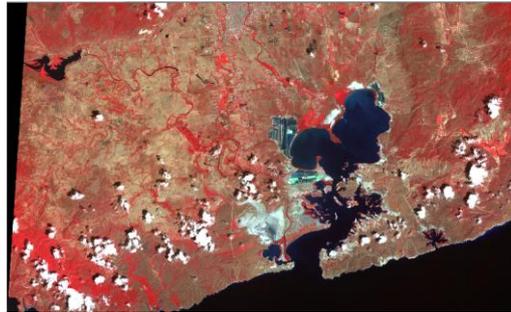


FIGURA 1. Imagen satelital ASTER, composición de bandas R, G, B.

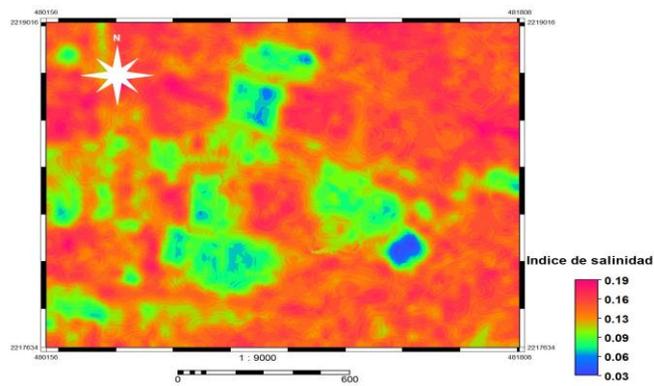


FIGURA 2. Mapa de índice de salinidad (IS).

A través del semivariograma determinamos la estructura espacial del IS. Al comparar los

semivariogramas direccionales para el IS se comprobó una gran similitud entre los semivariogramas en las dos direcciones principales (isotropía), por lo que se decidió, tener en cuenta únicamente el semivariograma adireccional del IS (Figura 3).

Los valores de semivarianza para IS forman una curva creciente uniforme hasta llegar a una “meseta” (correlación espacial bien definida), característica específica del modelo esférico del semivariograma. Los parámetros del modelo esférico de mejor ajuste son: alcance  $a=290$  m, meseta  $S=0,000620$  y residuo  $C_0=0$ .

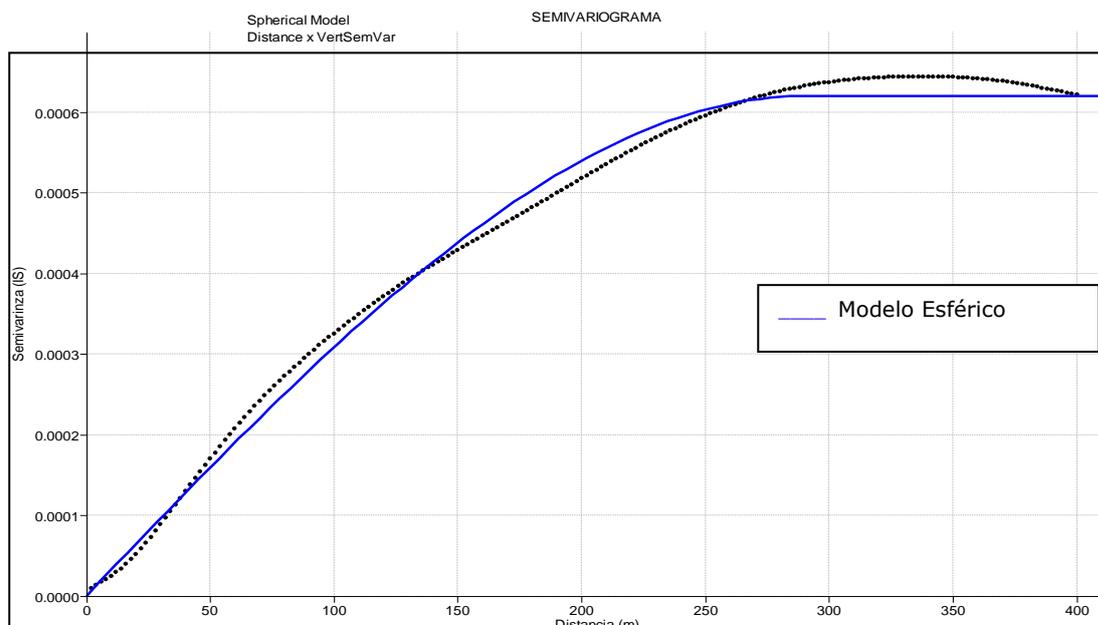


FIGURA 3. Semivariograma adireccional del índice de salinidad

El semivariograma obtenido indica la existencia de una estructura espacial a 290 m definido por su alcance que representa la distancia hasta la cual las mediciones están correlacionadas. Este resultado ratifica lo ya visto en el análisis exploratorio sobre la alta variabilidad espacial de la salinidad en el área de estudio y para una mayor precisión del mismo es necesario definir primeramente agrupamientos por similitud en el rango de variación de los valores de IS que permitan un análisis geoestadístico diferenciado para cada sub-área dentro de la zona de estudio.

**Análisis de clúster del mapa raster de IS.**

Como resultado del análisis de clúster se obtienen tres agrupamientos que se muestran en la Figura 4, con los rangos de valores de IS de cada unos de ellos. El clúster 2 contiene un solo valor por lo que se asume para el análisis con el clúster 3. A través de este mapa podemos conocer además el área (ha) que ocupa cada clúster (Tabla 1).

A partir del mapa clúster se obtuvieron los mapas de los tres agrupamientos por separados (Figura 5) a los cuales se le realizó también un análisis exploratorio y se determinaron los estadígrafos de IS para cada uno que incluyen la determinación del tamaño de muestra para la caracterización de la salinidad en cada sub área con un error relativo de 0,005 y a un nivel de probabilidad del 95% (Tabla 1).

Este análisis permitió definir tres áreas con distintos tipos de afectaciones por salinidad que se representan con los nombres de clúster 1, 2 y 3. El clúster 1 representa el área de menores valores de IS y por tanto de menor afectación por salinidad, mientras que el clúster 2 representa la zona con mayor afectación por salinidad, además de ocupar el 55,2 % del área total.

En la Figura 5 se muestran los semivariogramas adireccionales de los tres clústers o sub áreas. En todos los casos el modelo esférico con un residuo igual a 0 fue el de mejor ajuste del semivariograma .

Como se puede apreciar en la Figura 6, existe una estructura espacial bien definida para las tres sub-áreas analizadas. En el clúster 1 los valores del IS oscilan entre 0,03 a 0,10 y se caracterizó por un alcance de 90 m. En el clúster 2 los valores de índice de salinidad oscilan entre 0,15 y 0,19 y el alcance fue de 65 m, mientras que el clúster 3, donde los valores de IS estuvieron entre 0.11 y 0.13, el alcance fue de solo 50m.

Los valores del alcance del semivariograma de IS en cada caso indican las distancias por encima de las cuales los valores de IS no están correlacionados, por lo que son útiles para definir los esquemas de muestreo de la salinidad del suelo para su caracterización en campo

Los valores del alcance del semivariograma de IS en cada caso indican las distancias por encima de las cuales los valores de IS no están

correlacionados, por lo que son útiles para definir los esquemas de muestreo de la salinidad del suelo para su caracterización en campo.

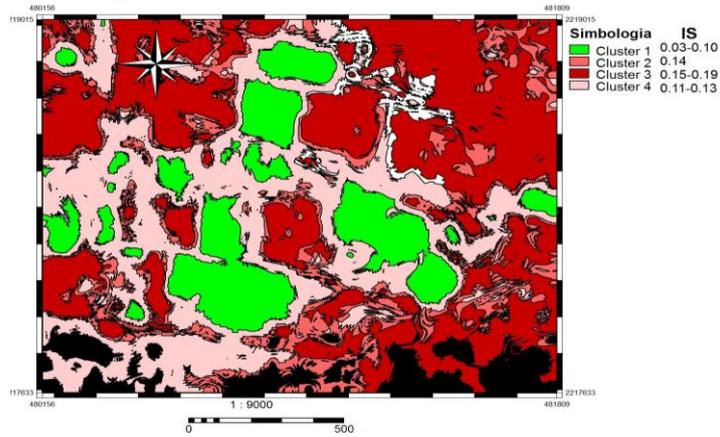
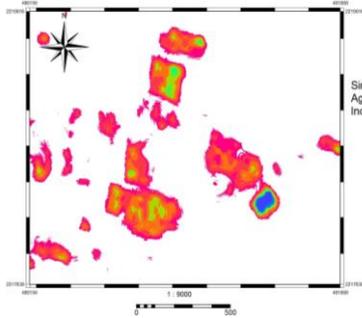


FIGURA 4. Mapa clúster del mapa raster de IS en el área de estudio.

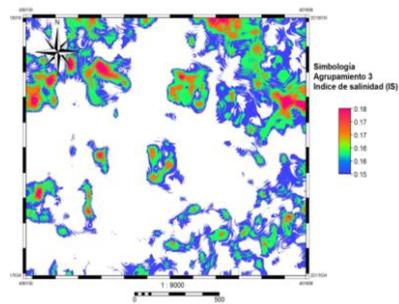
Otros autores también han utilizado la geoestadística como herramienta en la definición de esquemas de muestreo de la salinidad en áreas del valle del Cauto y el valle de Guantánamo (Utset, 1993; González, 2001, Pulido *et al.*, 2003).

estructuras espaciales encontradas en cada sub área y el tamaño de muestra obtenido según el análisis estadístico para cada una de ellas (Tabla 1) se pueden proponer esquemas de muestreo, que optimicen el tiempo y los recursos para la caracterización en campo de la salinidad en futuros trabajos. En total se necesitan 115 muestras para la caracterización de la salinidad en

Teniendo en cuenta los resultados de las

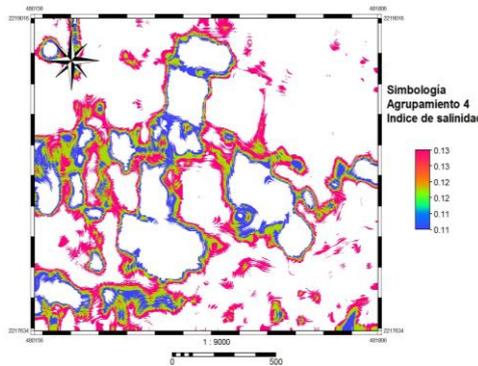


Clúster 1



Clúster 1

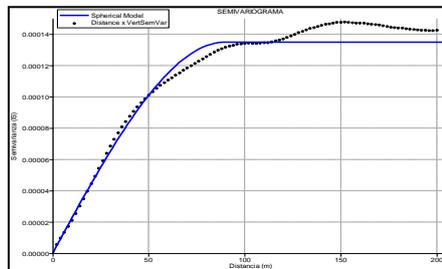
campo de la zona de estudio.



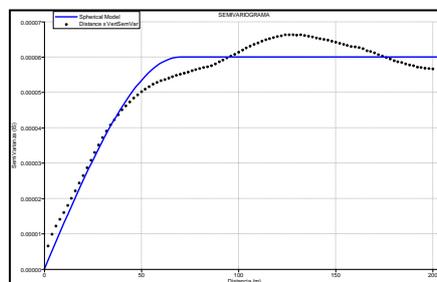
Clúster 3

Tabla 1. Estadígrafos del análisis exploratorio de los mapas de IS en cada agrupamiento

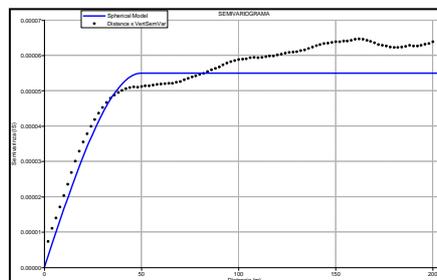
Agrupamiento	Media	Desviación Standard	Coefficiente de Variación (%)	Mínimo	Máximo	Tamaño de muestra
<b>Clúster 1</b> (31,86 ha)	0.07	0.02	28	0.03	0.10	60
<b>Clúster 2</b> (115,56 ha)	0.17	0.02	11.8	0.15	0.19	40
<b>Clúster 3</b> (61,92 ha)	0.12	0.01	8	0.11	0.13	15



Clúster 1



Clúster 2



Clúster 3

FIGURA 6. Semivariogramas adireccionales del IS en las tres sub áreas de la zona de estudio.

## CONCLUSIONES

- La aplicación del método empírico de relaciones de reflectancia de las bandas de los sensores espaciales resultó factible para la obtención del mapa preliminar de índice de salinidad en la zona de Matabajo, perteneciente a la CCS Enrique Campos del municipio Guantánamo con una resolución de 30 m.
- Análisis de clúster del mapa preliminar de índice de salinidad del área de estudio permitió diferenciar tres zonas con diferentes grados de salinidad con valores entre 0,03-0,10, 0,11-0,13 y 0,14-0,19.
- El análisis de la variabilidad espacial del índice de salinidad a partir del empleo de la geoestadística definió las distancias óptimas de muestreo de cada una de las 3 zonas, con valores de alcance que variaron entre 50 y 90 metros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Situación Ambiental Cubana*: Agencia de Medio Ambiente AMA, La Habana, CITMA, La Habana, 2003.
2. Alzate, B. E.: *Introducción al Procesamiento de Imágenes Digitales*, Unidad 4-9, 63pp., Departamento: Geografía. Colombia, 2009.
3. Al-Khaier, F.: *Soil Salinity Detection Using Satellite Remote Sensing*, 51pp., **Thesis (of M.Sc. in Geo-Information Science and Earth Observation)**, Watershed Management, Conservation and River Basin Planning specialization, Enschede, The Netherlands, March, 2003.
4. CUBA, MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE: *Programa de Asociación de País. Proyecto 1: Fortalecimiento de Capacidades para el Planeamiento, Toma de Decisiones y Sistemas Regulatorios; Sensibilización/Manejo Sostenible de Tierras en Ecosistemas Severamente Degradados*, La Habana, 2009.
5. CENTRO NACIONAL DE SUELOS Y FERTILIZANTES: *Estudio nacional de salinidad y sodicidad en base al mapa de suelos escala 1:50 000*, 77pp., MINAG, Centro Nacional de Suelos y Fertilizantes (CNSF), La Habana, 1985.
6. CUE, J.L.; E. CASTELL y J.M. HERNÁNDEZ: *Estadística*. I Parte. Universidad de La Habana, Facultad de Matemática Cibernética, La Habana, 1987.
7. GONZÁLEZ, M.: *Optimación de la Cartografía a Escala Detallada de la Salinidad en Suelos del Valle del Cauto. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas)*, Universidad de Granma, Bayamo, 2001.
8. HERRERA, J. *Informe técnico del proyecto Manejo Sostenible de Tierra*, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), La Habana, 2010.
9. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RIEGO Y DRENAJE: *Informe técnico*, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), La Habana, 1985.
10. ILWIS, *versión 3.4*, Sistema de Información Integral de Tierra y Agua, Instituto Internacional de Estudios Aerospaciales y Ciencias de la Tierra, Holanda, 2005.
11. JOURNAL, A. G. and CH. HUIJBREGTS: *Mining geostatistics*, Academic Press, London, UK, 1978.
13. LAU, A. Q.; E. GAREA y M.E. RUIZ: “Estimación de la salinidad de los suelos utilizando una imagen espectrozonar y el SIG Telemap”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 4(1): 47-54, 2005.
14. NC XX: 2008. *Calidad del suelo. Evaluación de la afectación por salinidad*. Oficina Nacional de Normalización. ICS: 13.080.0, Cuba, 2008.
15. ORTEGA, F.; J. PENA y N. CASTILLO: “La salinidad de los suelos de Cuba. Aspectos económicos globales”. *Ciencias de la Agricultura*, 27: 137-144, La Habana, 1986.

16. PULIDO, L.; C.L. WIEGAND; J.GONZÁLEZ; B. ROBLES; X. CISNEROS y O. LEMUS: “La salinidad del suelo y su efecto en el rendimiento de los cultivos estudiados con imágenes de satélite en tres distritos de riego”. *Ingeniería Hidráulica en México*, 18(2): 83-97, abril –junio 2003.
17. URQUIZA, M.: *Manejo sostenible de los suelos. En acciones prioritarias para consolidar la protección de la biodiversidad en el archipiélago Sabana-Camagüey*, CIGEA, La Habana, Septiembre 2002.
18. UTSET, A.: Aplicación de técnicas Geoestadísticas a la Caracterización de la Variabilidad Espacial de la Conductividad Eléctrica en los Suelos. **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas)**, Instituto Superior de Ciencias Agrícolas "Fructuoso Rodríguez Pérez", La Habana, Cuba, 1993.
19. VINCENT, B.; A. VIDAL; D. TABBET; A. BAQRI y M. KUPER: Use of satellite remote sensing for the assessment of waterlogging and salinization as an indication of the performance of drained systems, In: **16th Congress ICID**, Egypt, New Delhi, India, 15-22 September 1996.



# CONVENCIÓN INTERNACIONAL INGENIERIA AGRICOLA 2012



## CONVOCATORIA

*Estimados Colegas:*

*El Instituto de Investigaciones en Ingeniería Agrícola (IAgric), tiene el gusto de invitarles a participar de la **Convención Internacional Ingeniería Agrícola 2012** en el marco de la cuál tendrán lugar el **V CONGRESO INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE, CUBA-RIEGO 2012** y el **V CONGRESO INTERNACIONAL DE MECANIZACION AGROPECUARIA**.*

*El evento se desarrollará del 16 al 19 de octubre en el Hotel Meliá Habana de la ciudad de La Habana, los principales temas a debatir serán:*

- Tecnologías de riego y drenaje en los sistemas de producción agrícolas.
- Recursos energéticos convencionales y renovables en la actividad de riego.
- Impacto ambiental del riego y el drenaje.
- Género en la gestión integrada de los recursos hídricos en la agricultura.
- Mecanización agropecuaria.
- Tracción animal.
- Gestión de la explotación de la maquinaria agrícola.
- Impacto de la mecanización y el riego en el medio ambiente.
- Mini-industria.
- Aplicaciones de la percepción remota satelital y el SIG a estudios agrícolas y de manejo de recursos hídricos.
- Agricultura de precisión

**Solicite información detallada a:** Lic. Oravides Almagro Peñalver  
OPC  
[convencion2012@iasric.cu](mailto:convencion2012@iasric.cu)