



<https://eqrcode.co/a/QIyuZJ>

ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

# Salinity-sugarcane cultivation relationship determined by remote sensing at the Urbano Noris Sugar Mill

## *Relación salinidad-cultivo de caña de azúcar determinada por teledetección en el Ingenio Azucarero Urbano Noris*

Roberto Alejandro García-Reyes<sup>I</sup>, Mario Damian González Posada-Dacosta<sup>II</sup>, Juan Alejandro Villazón-Gómez<sup>I</sup> y Sergio Rodríguez-Rodríguez<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Naturales y Agropecuarias, Holguín, Cuba.

<sup>II</sup> Universidad de Granma, Bayamo, Cuba.

**ABSTRACT.** The objective of the research was to determine the relationship between soil salinity and the state of the vegetation in areas of the Sugar Mill UEB “Urbano Noris”, in Holguín Province. The image used was corrected radiometrically with the use of the QGIS 3.10A Coruña software and the NDVI and SI indices were determined. By means of a random sampling in 10 production units, the values were extracted in 50 points separated at 100 meters to perform the regression analysis between the salinity and the vegetation indexes and to interpret their statistics by using the Statgraphics Plus 5.0 software. The use of the NDVI as an indicator of the vegetation state showed the presence of vast areas under stress with values lower than 0.5, just as the saline index showed a high proportion of soils with high salt content with negative indices from -1 to 0. The use of remote sensing to determine soil salinity showed that between them there is a negative correlation of - 88.44% and a determination of 71.25%, which defines an inverse dependence between both variables.

**Keywords:** linear regression, salinity index, vegetation index.

**RESUMEN.** El objetivo de la investigación fue determinar la relación existente entre la salinidad del suelo y el estado de la vegetación en áreas de la UEB Central Azucarero Urbano Noris en la provincia de Holguín. La imagen utilizada se corrigió radiométricamente con el uso del software QGIS 3.10 A Coruña y se determinaron los índices NDVI y SI. Mediante un muestreo al azar en 10 unidades de producción se extrajeron los valores en 50 puntos separados a 100 metros para la determinación en el software Statgraphics Plus 5.0 del análisis de regresión entre el índice de salinidad y el de vegetación y la interpretación de sus estadígrafos. El uso del NDVI como indicador del estado de la vegetación arrojó la presencia de vastas áreas bajo estrés con valores inferiores a 0, 5 al igual que el índice salino mostró una alta proporción de tierras con alto contenido de sales con índices negativos de -1 hasta 0. El uso de la teledetección para la determinación de la salinidad del suelo arrojó que entre estos existe una correlación negativa de un - 88, 44 % y una determinación de 71,25 % lo cual define una dependencia inversa entre ambas variables.

**Palabras clave:** índice de vegetación, índice de salinidad, regresión lineal.

## INTRODUCTION

Salinization is an edaphological process that frequently affects the soils of arid and semi-arid regions according to Wang *et al.* (2020), which limits the number of species that can be cultivated in these soils. The salinity of a soil is determined

## INTRODUCCIÓN

La salinización es un proceso edafológico que afecta, con frecuencia, a los suelos de las regiones áridas y semiáridas según Wang *et al.* (2020), lo cual limita el número de especies cultivadas que puedan desarrollarse en estos suelos.

<sup>I</sup> Autor para correspondencia: Roberto Alejandro García-Reyes, e-mail: ralejandro9409@gmail.com

**Recibido:** 17/02/2020.

**Aprobado:** 01/03/2021.

by the set of all soluble salts contained in the soil and can be estimated by measuring the electrical conductivity (EC) of a solution extracted from the soil.

They are commonly evaluated through laboratory tests, which leads to a greater expenditure of time and resources (El Harti *et al.*, 2016). Given this situation, the use of remote sensing or remote sensing becomes more feasible. This novel technique, with great potential for collecting soil data, has been used for the detection of salinity both spatially and temporally (Allbed *et al.*, 2014).

Their study is based on the spectral characteristics of the soil. Soil salinity monitoring is based on measuring the increase in soil reflectance as the salinization refracted in the short and long range bands of visible infrared increases (Sidike *et al.*, 2014). In research carried out in Cuba, Lau *et al.* (2003, 2005) confirmed the use of remote sensing as a supporting tool for the management of soil salinity in crops through salinity maps, given that it is a stress factor in sugarcane cultivation.

Due to the above, the objective of the research was to determine the relationship between soil salinity and the vegetation state of sugarcane cultivation in areas of the Sugar Mill UEB "Urbano Noris", in Holguín Province by using remote sensing.

## MATERIALS AND METHODS

The investigation was carried out in November 2020. To download the satellite image, the United States Geological Survey (USGS) was accessed, in grid 011/046 and the one referring to September 19, 2020 was taken (LC08\_L1TP\_011046\_20200919\_20201006\_01\_T1.tar) of the Landsat 8 OLI / TIRS satellite which has the following characteristics (Table 1).

**TABLE 1. Characteristics of the Landsat 8 OLI / TIRS sensor according to USGS (2020)**  
**TABLA 1. Características del sensor Landsat 8 OLI/TIRS según USGS (2020)**

Bands	Color of bands	Wavelength (µm)	Resolution (meters)
1	Coastal spray	0.433-0.453	30
2	Blue	0.450-0.515	30
3	Green	0.525-0.600	30
4	Red	0.630-0.680	30
5	Near infrared (NIR)	0.845-0.885	30
6	Infrared Short wave (SWIR1)	1.560-1.660	30
7	Infrared Short wave (SWIR2)	2.100-2.300	30
8	Panchromatic	0.500-0.680	15
9	Cirrus	1.360-1.390	30
10	Thermal infrared (TIRS) 1	10.30-11.30	100
11	Thermal infrared (TIRS) 2	11.50-12.50	100

Because of their cumulus and time, Landsat images have a spatial resolution of 30 m, temporal resolution of 16 days, and a ground cover of 185 km. For the analysis of the satellite images, the QGIS 3.10A Coruña software was projected in the WGS 84 UTM Zone 18 North coordinate system where the radiometric correction was made and the spectral indices of vegetation and salinity were calculated (Table 2).

La salinidad de un suelo viene determinada por el conjunto de todas las sales solubles contenido en el suelo y puede ser estimada por la medición de la conductividad eléctrica (CE) de una solución extraída del suelo. Son comúnmente evaluados mediante pruebas de laboratorio, lo cual conlleva a un mayor gasto de tiempo y de recursos (El Harti *et al.*, 2016).

Ante esta situación se hace más factible la utilización del sensoramiento remoto o teledetección. Esta novedosa técnica de gran potencial para la toma de datos del suelo, y ha sido utilizada para la detección de la salinidad tanto en forma espacial como temporal (Allbed *et al.*, 2014). Su estudio se basa en las características espectrales del suelo. Las bases del monitoreo de la salinidad del suelo se sustenta por el incremento de la reflectancia del suelo a medida que incrementa la salinización refractadas en las bandas del infrarrojo visible, de corto y largo alcance (Sidike *et al.*, 2014).

En investigaciones realizadas en Cuba por Lau *et al.* (2003, 2005); verificó el uso de la teledetección como una herramienta de apoyo para el manejo de la salinidad del suelo en cultivos, en particular un método para enmascarar la salinidad del suelo mediante mapas de salinidad, que es un factor causante del estrés en el crecimiento de la caña de azúcar. Por lo antes expuesto el objetivo de la investigación consistió en determinar la relación existente entre la salinidad del suelo y el estado vegetativo del cultivo de la caña de azúcar en áreas de la UEB Central Azucarero Urbano Noris de la provincia de Holguín, mediante teledetección.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el mes de noviembre de 2020. Para la descarga de la imagen satelital, se accedió al Servicio Geológico de los Estados Unidos, en la cuadrícula 011/046 y se tomó la referente al mes de septiembre 19 de 2020 (LC08\_L1TP\_011046\_20200919\_20201006\_01\_T1.tar) del satélite Landsat 8 OLI/TIRS el cual tiene las siguientes características (Tabla 1):

Por su cúmulo y el tiempo, las imágenes Landsat tienen una resolución espacial de 30 m, resolución temporal de 16 días y una cobertura del terreno de 185 km. Para el análisis de la imagen satelital se proyectó en el software QGIS 3.10 A Coruña en el sistema de coordenadas WGS 84 UTM Zona 18 Norte donde se realizó la corrección radiométrica, se procedió al cálculo de los índices espectrales de vegetación y salinidad (Tabla 2).

**TABLE 2. Spectral indices of vegetation and salinity determined from the satellite images**  
**TABLA 2. Índices espectrales de vegetación y salinidad determinados a partir de la imagen satelital**

Spectral Index	Expression	References
NDVI ( <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> )	$(B_{Nir} - B_{Red}) / (B_{Nir} + B_{Red})$	Rouse <i>et al.</i> (1974)
SI ( <i>Salinity Index</i> )	$(B_{SWIR1} - B_{SWIR2}) / (B_{SWIR1} + B_{SWIR2})$	Bannari <i>et al.</i> (2008)

For the determination of the relationship between soil salinity and sugarcane crop, it was considered that the cultivated soil is Vertisol type with glyic properties according to Hernández *et al.* (2015). A completely randomized sampling was carried out in the units of sugarcane blocks from one to ten in Sugar Mill UEB “Urbano Noris”. Fifty sampling points separated at a distance of 100 meters (Figure 1) were taken for the measurements whose values were located in the vegetation and salinity maps.

Para la determinación de la relación salinidad cultivo de la caña de azúcar, se tuvo en cuenta que el suelo que presenta las unidades cañeras son del tipo Vertisol con propiedades gléyicas según Hernández *et al.* (2015). Se realizó un muestreo completamente aleatorizado en las unidades comprendidas de la uno a la diez de los bloques cañeros de la UEB Central Azucarero Urbano Noris, mediante la toma de 50 puntos separados a una distancia de 100 metros (Figura 1); los cuales se les extrajo los valores que obtienen en los mapas de vegetación y de salinidad obtenidos.

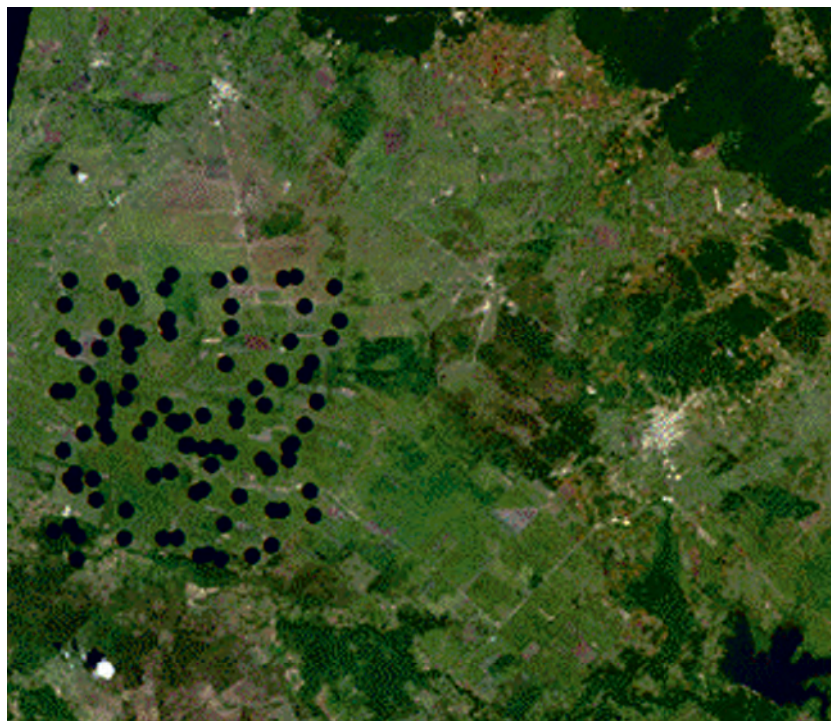


FIGURE 1. Completely randomized sampling scheme of the sugarcane blocks in the Sugar Mill UEB “Urbano Noris” of the radiometric corrected image and the combinations of bands 6-5-4.

FIGURA 1. Esquema de muestreo completamente aleatorizado de los bloques cañeros en la UEB Central Azucarero Urbano Noris de la imagen corregida radiométrica y las combinaciones de las bandas 6-5-4.

After extracting the values of the sampling points, a database was created to determine the relationship between the NDVI and the SI, applying linear regression analysis and the characteristics of its statistics in the software Stargraphics Plus 5.0. as statistics tool.

Después de extraídos los valores de los puntos de muestreo, se creó una base de datos para la determinación de la relación existente entre el NDVI y el SI, aplicando como herramienta estadística el análisis de regresión lineal y las características de sus estadígrafos en el software Stargraphics Plus 5.0.

**RESULTS AND DISCUSSION**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

The determination of the vegetative index NDVI is shown in Figure 2. There, it is observed that it oscillates between the values of -1 to 1 and, according to Rawashdeh’ classification (2012) for values from 0 to 0.5, there is little vegetation in the study area.

La determinación del índice vegetativo NDVI se muestra en la Figura 2. En la misma se observa que el mismo oscila entre valores de -1 a 1; para el cual Rawashdeh (2012) plantea una clasificación para este índice que para valores desde 0 hasta 0,5 se presenta una escasa vegetación en el área de estudio.

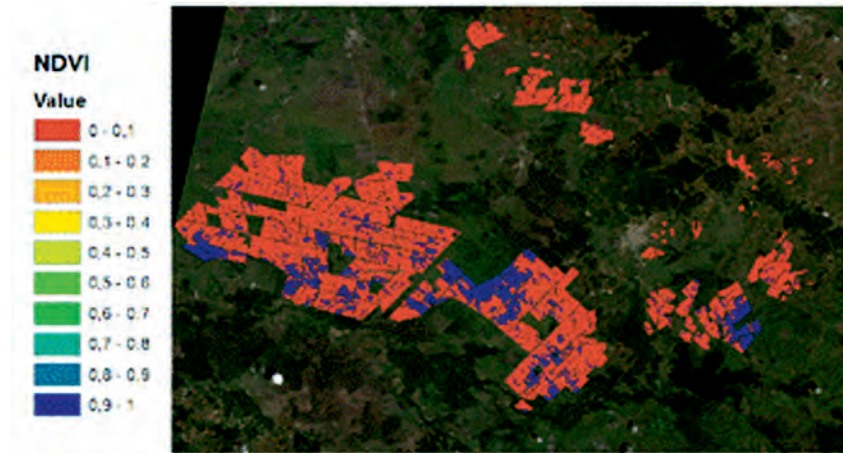


FIGURE 2. Determination of the vegetation index (NDVI) in areas of the Sugar Mill UEB “Urbano Noris”.  
 FIGURA 2. Determinación del índice de vegetación (NDVI) en áreas de la UEB Central Azucarero Urbano Noris.

The reflectivity of the vegetation covers is determined by optical characteristics and spatial distribution of all its constituents, which include the soil on which the vegetation is, as well as their proportions (Gilabert *et al.*, 1997). Meera *et al.* (2015) refer that the decrease of water content in the soil due to various reasons in the ecosystem, causes a tendency to dissipate the crop greenness and, therefore, the NDVI values. One of the causes of the variation in the state of the vegetation is the absorption of energy (electromagnetic radiation absorbed inside the sensor). This energy is a process that is quantized, these features are located at specific wavelengths, which depend on the presence of certain components in the material according to Baret (1995), thus, for example, features that are a consequence of electronic transitions such as those due to the presence of iron oxides or the presence of chlorophyll are located in the visible region of the spectrum, while those due to rotational transitions such as those of the ion OH<sup>-</sup> occur in the near infrared area.

La reflectividad de las cubiertas vegetales viene determinada, por características ópticas y distribución espacial de todos sus constituyentes, los cuales incluyen el suelo sobre el que se asienta la vegetación, así como por sus proporciones (Gilabert *et al.*, 1997). Meera *et al.* (2015) refieren que el decrecimiento del contenido de agua en el suelo por diversas razones en el ecosistema existe una tendencia a disipar el verdor de los cultivos y por ende los valores del NDVI.

Una de las causas de la variación del estado de la vegetación se encuentra por la absorción de la energía (radiación electromagnética absorbida en el interior del sensor). Esta energía es un proceso que está cuantizado, dichos rasgos se encuentran localizados en longitudes de onda concretas, que dependen de la presencia de determinados componentes en el material según Baret (1995), así por ejemplo, los rasgos que son consecuencia de transiciones electrónicas como los debidos a la presencia de óxidos de hierro o a la presencia de clorofila se localizan en la región visible del espectro, mientras que los debidos a transiciones de tipo rotacional como los del ion OH<sup>-</sup> se producen en la zona del infrarrojo cercano.



FIGURE 3. Salinity index (SI) determined in the Sugar Mill UEB “Urbano Noris”.  
 FIGURA 3. Índice de salinidad (SI) determinado en la UEB Central Azucarero Urbano Noris.

Remote sensing of salinity from NDVI has been widely used, since the state of the vegetation is presented according to salinity stress (Allbed *et al.*, 2014). Figure 3 illustrates the determination of the salt index; for which Elhag (2016) reports that the values indicate the state of soil salinity varies from -1 (high presence of salts in the soil) to 1 (low presence of salts in the soil). In the visible region, the pigments of the leaves absorb most of the light they receive; in the near infrared these substances are quite transparent. For this reason, the cultivation of sugarcane in a good vegetative state offers low reflectivity in the red band of the spectrum and high in the near infrared, so that the greater the vigor that the crop presents, the greater the contrast between the reflectance values captured in both bands will be.

Low reflectance values in the near infrared and an increase in the visible one indicate that the sugarcane crop is in poor condition, one of whose causes is the high salinity of the soil (Soca, 2015).

Platonov *et al.* (2013) describe that in order to identify the state of the vegetation in the face of saline stress, the analysis of large areas is necessary due to the variation in the use and management of the soil by producers (Muller, 2017). Figure 4 refers to the linear regression analysis between the SI and NDVI spectral indices, for which a strong negative correlation of - 84.41% was obtained expressed in the Pearson coefficient and a determination of 71.25% for which there is a strong inverse dependence between both spectral indices of soil and vegetation.

La teledetección de la salinidad a partir del NDVI ha sido ampliamente utilizada, dado que se presenta el estado de la vegetación ante el estrés por salinidad (Allbed *et al.*, 2014). La Figura 3 ilustra la determinación del índice salino; para el cual Elhag (2016) reporta que los valores indican el estado de la salinidad del suelo varía desde -1 (presencia alta de sales en el suelo) a 1 (baja presencia de sales en el suelo).

En la región del visible, los pigmentos de las hojas absorben la mayor parte de la luz que reciben, en el infrarrojo cercano estas sustancias son bastante transparente. Por esta razón, el cultivo de la caña de azúcar en un buen estado vegetativo ofrece baja reflectividad en la banda roja del espectro y alta en el infrarrojo cercano, de manera que cuanto mayor sea el vigor que presenta el cultivo, mayor será el contraste entre los valores de reflectancia captadas en ambas bandas. Bajos valores de reflectancia en el infrarrojo cercano y un incremento en el visible indica que el cultivo de la caña de azúcar se encuentra en mal estado, una de las causas es la salinidad del suelo (Soca, 2015).

Platonov *et al.* (2013) describen que para identificar el estado de la vegetación ante el estrés salino se hace necesario el análisis de grandes extensiones debido a la variación del uso y manejo del suelo por los productores (Muller, 2017).

La Figura 4 referida al análisis de regresión lineal entre los índices espectrales SI y NDVI, para los cuales se obtuvo una fuerte correlación negativa de un - 84,41 % expresada en el coeficiente de Pearson y una determinación de 71,25 % para la cual existe un fuerte dependencia inversa entre ambos índices espectrales de suelo y vegetación.

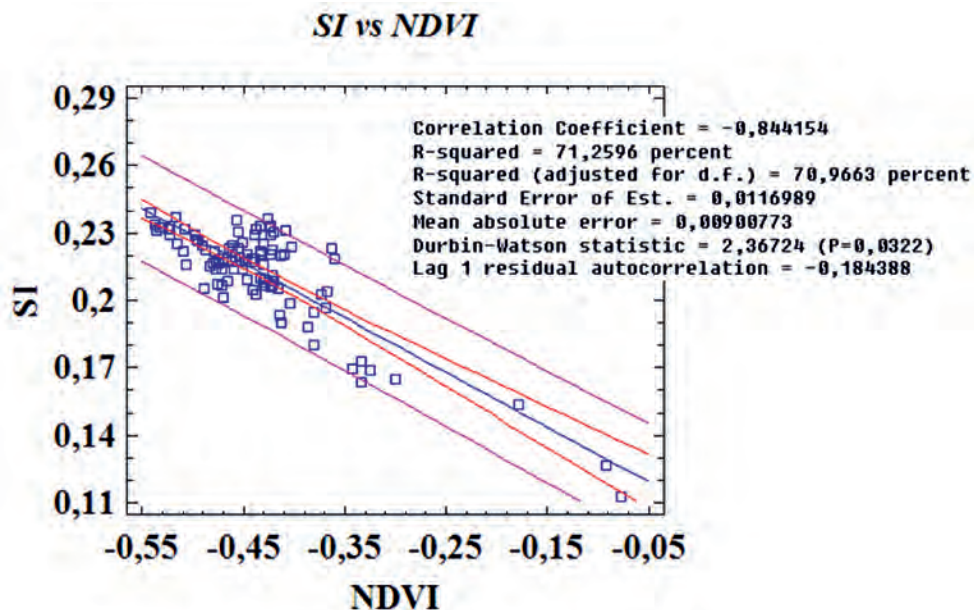


FIGURE 4. Linear regression analysis of the spectral indices calculated in the investigation.  
 FIGURA 4. Análisis de regresión lineal de los índices espectrales calculados en la investigación.

Ding & Yu (2014) and Ivushkin *et al.* (2017) affirm that the salinity of the soil captured by remote sensing is related to vegetation indices, which have direct effects on the spectral information, given by the appearance of dark areas. In addition, the vegetation indices and the saline spectral index are commonly used as indicators to detect changes in the state of the vegetation cover.

Ding & Yu (2014) y Ivushkin *et al.* (2017) afirman que la salinidad del suelo captada por sensoramiento remoto guarda relación con índices de vegetación, los cuales tienen efectos directos con la información espectral, dado por la aparición de zonas oscuras. Además, los índices de vegetación y el índice espectral salino son usados comúnmente como indicadores para detectar los cambios en el estado de la cobertura vegetal.

Scudiero *et al.* (2015) state that in arid and semi-arid areas the most frequent errors in determining the relationship between the content of salts and the state of the vegetation by remote sensing are the structure of the plant canopy, the type of soil management, the annual rainfall and temperature and the type of clay in the soil.

## CONCLUSIONS

- The use of NDVI as an indicator of the state of the vegetation showed the presence of vast areas under stress with values lower than 0.5, just as the saline index showed a high proportion of soils with high salt content, with negative indices from -1 to 0. The use of remote sensing to determine soil salinity showed that between these variables there is a negative correlation of -88, 41% and a determination of 71.25%, which defines an inverse dependence between them.

## REFERENCES

- ALLBED, A.; KUMAR, L.; ALDAKHEEL, Y.Y.: "Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region", *Geoderma*, 230: 1-8, 2014, ISSN: 0016-7061, DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.03.025>.
- BANNARI, A.; GUEDON, A.; EL-HARTI, A.; CHERKAOU, F.; EL-GHMARI, A.: "Characterization of slightly and moderately saline and sodic soils in irrigated agricultural land using simulated data of advanced land imaging (EO-1) sensor", *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(19-20): 2795-2811, 2008, ISSN: 0010-3624, DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/00103620802432717>.
- BARET, F.: *Use of spectral reflectance variation to retrieve canopy biophysical character in Danson*, Ed. John Wiley, Advances in Environmental Remote Sensing. (F.M. Danson and S.E. Plummer eds) ed., Chichester, New York, USA, 33-51 p., 1995.
- DING, J.; YU, D.: "Monitoring and evaluating spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the Werigan-Kuqa Oasis, China, using remote sensing and electromagnetic induction instruments", *Geoderma*, 235(4): 316-322, 2014, ISSN: 0016-7061, DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.07.028>.
- EL HARTI, A.; LHISSOU, R.; CHOKMANI, K.; OUZEMOU, J.; HASSOUNA, M.; BACHAOUI, E.M.; EL GHMARI, A.: "Spatiotemporal monitoring of soil salinization in irrigated Tadla Plain (Morocco) using satellite spectral indices", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 50: 64-73, 2016, ISSN: 0303-2434, DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2016.03.008>.
- ELHAG, M.: "Evaluation of different soil salinity mapping using remote sensing techniques in arid ecosystems, Saudi Arabia", *Journal of Sensors*, 2016: 1-8, 2016, ISSN: 1687-725X, DOI: <https://dx.doi.org/10.1155/2016/7596175>.
- GILABERT, M.A.; GONZÁLEZ, P.J.; GARCÍA, H.J.: "Acerca de los índices de vegetación", *Revista de teledetección*, 8(1): 1-10, 1997, ISSN: 1133-0953.
- HERNÁNDEZ, J.; PÉREZ, J.; BOSCH, I.; CASTRO, S.: *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos, La Habana, Cuba, 93 p., 2015, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- IVUSHKIN, K.; BARTHOLOMEUS, H.; BREGT, A.K.; PULATOV, A.: "Satellite thermography for soil salinity assessment of cropped areas in Uzbekistan", *Land degradation & development*, 28(3): 870-877, 2017, ISSN: 1085-3278, DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/ldr.2670>.
- LAU, Q.A.; GAREA, L.E.; RUIZ, P.M.E.: "Estimación de la salinidad de los suelos utilizando una imagen espectrozonar y el sistema de información geográfica TELEMAT", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(1): 47-54, 2005, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- LAU, Q.A.; LHERMITTE, S.; GILLIAMS, S.; RUIZ, P.M.E.: "Relación de la salinidad del suelo con la reflectancia multiespectral de la caña de azúcar cultivada en condiciones extremas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12(3): 19-29, 2003, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- MEERA, G.G.; PARTHIBAN, S.; THUMMALU, N.; CHRISTY, A.: "Ndv: Vegetation change detection using remote sensing and gis-A case study of Vellore District", *Procedia Computer Science*, 57: 1199-1210, 2015, ISSN: 1877-0509, DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415>.
- MULLER, S.J.: *Indirect soil salinity detection in irrigated areas using earth observation methods*, Stellenbosch University, Faculty of Science, Thesis presented in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science, Stellenbosch, South Africa, 2017.
- PLATONOV, A.; NOBLE, A.; KUZIEV, R.: *Soil salinity mapping using multi-temporal satellite images in agricultural fields of Syrdarya province of Uzbekistan*, Ed. Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation, Springer, Dordrecht, 2013, DOI: [https://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-5684-7\\_5](https://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-5684-7_5).
- RAWASHDEH, S.B.A.: "Assessment of change detection method based on normalized vegetation index in environmental studies", *International Journal of Applied Science and Engineering*, 10(2): 89-97, 2012.
- ROUSE, J.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W.: *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*, no. ser. Work of

Scudiero *et al.* (2015) plantean que en zonas áridas y semiáridas los errores más frecuentes en la determinación de la relación entre el contenido de sales y el estado de la vegetación mediante teledetección son la estructura del dosel de las plantas, el tipo de manejo del suelo, la cantidad de precipitaciones y temperatura anuales y el tipo de arcillas del suelo han sido las características de los estudios realizados.

## CONCLUSIONES

- El uso del NDVI como indicador del estado de la vegetación arrojó la presencia de vastas áreas bajo estrés con valores inferiores a 0,5 al igual que el índice salino mostró una alta proporción de tierras con alto contenido de sales con índices negativos de -1 hasta 0. El uso de la teledetección para la determinación de la salinidad del suelo arrojó que entre estos existe una correlación negativa de un - 88, 41 % y una determinación de 71,25 % lo cual define una dependencia inversa entre ambas variables.

the US Gov. Public Use Permitted, Ed. NASA Special Publication, NASA. Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Sym ed., vol. Vol. 1, Sect. A., USA, 1974.

SCUDIERO, E.; SKAGGS, T.H.; CORWIN, D.L.: "Regional-scale soil salinity assessment using Landsat ETM+ canopy reflectance", *Remote Sensing of Environment*, 169: 335-343, 2015, ISSN: 0034-4257, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.026>

SIDIKE, A.; ZHAO, S.; WEN, Y.: "Estimating soil salinity in Pingluo County of China using QuickBird data and soil reflectance spectra", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26: 156-175, 2014, ISSN: 0303-2434, DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2013.06.002>.

SOCA, R.: *Identificación de tierras degradadas por salinidad del suelo en los cultivos de caña de azúcar en Pomalca usando imágenes de satélite*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Tesis para optar el Grado Académico de Magíster en Física con mención en Geofísica, Lima, Perú, 2015.

USGS: *USGS EROS Archive, Landsat Archives, Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) and TIRS (Thermal Infrared Sensor) Level-1 Data Products, [en línea]*, Inst. Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), USA, 2020, Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov>, [Consulta: 17 de noviembre de 2020].

WANG, J.; DING, J.; YU, D.; TENG, D.; HE, B.; CHEN, X.; GE, X.; ZHANG, Z.; WANG, Y.; YANG, X.; SHI, T.; SU, F.: "Machine learning-based detection of soil salinity in an arid desert region, Northwest China: A comparison between Landsat-8 OLI and Sentinel-2 MSI", *Science of the Total Environment*, 707: 1-11, 2020, ISSN: 0048-9697, DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136092>.

*Roberto Alejandro García-Reyes*, Profesor, Universidad de Holguín sede José de la Luz y Caballero, Facultad de Ciencias Naturales y Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Holguín, Cuba, e-mail: [ralejandror9409@gmail.com](mailto:ralejandror9409@gmail.com) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8950-0268>

*Mario Damian González Posada-Dacosta*, Profesor, Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Técnicas, Bayamo, Cuba, mail: [mgonzalezposada@udg.co.cu](mailto:mgonzalezposada@udg.co.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7410-6703>

*Juan Alejandro Villazón-Gómez*, Profesor, Universidad de Holguín. Sede José de la Luz y Caballero, Facultad de Ciencias Naturales y Agropecuarias, Centro de Estudios para Agroecosistemas Áridos (CEAAR), Holguín, Cuba, [villazon@uho.edu.cu](mailto:villazon@uho.edu.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2436-0591>

*Sergio Rodríguez-Rodríguez*, Profesor, Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Agrícolas, Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal, e-mail: [srodriguezr@udg.co.cu](mailto:srodriguezr@udg.co.cu) ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-2923-5092>

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.

## AGRARIAN UNIVERSITY OF HAVANA



### DESIGN AND ASSEMBLY OF NETWORK PROJECTS DESIGN AND ASSEMBLY OF EDUCATIONAL COMPUTER SCIENCES

Courses

- Web Page Desing
- Programing Under Web Environment
- Programaming Under Windows Environment
- Geogographic Information System
- Multimedia Desing
- Educational Television