

## Caracterización espacio-temporal de cobertura con empleo de geoinformación en el municipio Miranda

### Spatial-Temporal Characterization of Coverage with the Use of Geoinformation in Miranda Municipality



<http://opn.to/a/B0GyK>

MSc. Lexa Dayana Pineda-Santos <sup>1\*</sup>, MSc. Jorge Eduardo Suárez-Hernández <sup>1</sup>

<sup>1</sup>ULA-NURR, Villa Universitaria, La Concepción de Trujillo, Municipio Pampanito, Estado Trujillo, Venezuela.

**RESUMEN:** El municipio Miranda-Estado Trujillo, es atravesado por la carretera Panamericana siendo la vía más importante de la zona baja del estado, sus áreas agrícolas se encuentran regadas por las aguas del sistema de riego El Cenizo y por otros cauces naturales, la principal actividad agrícola (es el cultivo caña de azúcar). Se ha realizado una caracterización de la contaminación a partir de información tomada en campo (años 2014 y 2018) y el empleo de tres imágenes satelitales (Landsat 7 y Landsat 8) correspondientes al año 2000, 2014 y 2107, se inició con la diferenciación de siete clases ratificadas por el dendograma de las clases y validada por pruebas estadísticas, posteriormente se aplica una clasificación supervisada a partir de los valores espectrales (para cada fecha). Y como resultado se genera un mapa temático en formato raster mensurable de los cambios a nivel espacial-temporales, donde se identificó expansión del área destinada a las actividades agrícolas de 44,45 km<sup>2</sup> para el año 2017, lo que se corresponde en disminución de los bosque del 27,26 km<sup>2</sup> y ocupación de nuevas áreas que se mostraban anteriormente como suelos desocupados. Con estas informaciones generadas junto a evidencias fotográficas georreferenciadas, se complementó con capas vectoriales de cartografía, e información edafoclimática para que en conjunto funcione como un Sistema de Información Geográfica (SIG) dinámico de consulta para la planificación agrícola.

**Palabras clave:** contaminación, imágenes de satélite, análisis visual-digital.

**ABSTRACT:** The municipality of Miranda, in Trujillo State, is crossed by Pan-American Highway, which is the most important road in the lower area of the state. Its agricultural areas are watered by El Cenizo irrigation system and by other natural channels. The main agricultural activity is sugarcane crop. A characterization of the contamination was made from information taken in the field (years 2014 and 2018) and the use of three satellite images (Landsat 7 and Landsat 8) corresponding to the year 2000, 2014 and 2107. It began with the differentiation of seven classes ratified by the dendogram of the classes and validated by statistical tests; a supervised classification was subsequently applied from the spectral values (for each date). As a result, a thematic map in a measurable raster format of spatial-temporal changes was generated, where expansion of the area destined to agricultural activities of 44.45 km<sup>2</sup> was identified for 2017, which corresponds to a decrease in forest of 27.26 km<sup>2</sup> and occupation of new areas that were previously shown as unoccupied soils. With this information, generated together with georeferenced photographic evidences, it was complemented with vector layers of cartography, and edaphoclimatic information so that together it functions as a dynamic Geographic Information System (GIS) of consultation for agricultural planning.

**Keywords:** pollution, satellite images, visual-digital analysis.

\*Autor para correspondencia: Lexa Dayana Pineda-Santos, e-mail: [lexapineda@gmail.com](mailto:lexapineda@gmail.com)

Recibido: 15/02/2018

Aceptado: 10/12/2018

## INTRODUCCIÓN

La agricultura representa la mayor proporción de uso de la tierra por el hombre, los problemas derivados de las prácticas agrícolas son antiguos, y de acuerdo con un conjunto de estudios llevados a cabo en diversos países por [Shortle y Abler \(2001\)](#) el sector agropecuario es el principal usuario de los recursos suelo y agua y es su más importante contaminador. La magnitud de los esfuerzos que actualmente alcanza la agricultura, con el afán de elevar productividad y rentabilidad agrícola, ha contribuido grandemente al deterioro ambiental. La producción agrícola en general, por tener influencia directa en el suelo, las aguas, la vegetación y el aire es considerada como una de las actividades que su ejecución debe ser muy controlada para evitar afectaciones que de repetirse en el tiempo pueden llegar a convertirse en irreversibles ([Milanes, 2009](#)). En este contexto, lo deseable es caracterizar grados de intensificación de la agricultura con frecuencias temporales que resulten oportunos para quienes planifiquen y tomen decisiones.

Las investigaciones realizadas para el análisis de contaminación ambiental, de proyectos y de la gestión humana sobre los ecosistemas en general, han estado fundamentadas en el empleo de técnicas de trabajos de campo para identificar los impactos a los ecosistemas. Estas técnicas se basan en la determinación de indicadores ambientales, los cuales son una herramienta ideal para efectuar el monitoreo a través de la recolección sistemática de datos obtenidos mediante mediciones u observaciones en series de espacio y tiempo. Proporcionan de manera rápida el conocimiento del estado inicial y la evolución de la transformación del área en el tiempo. Constituyen información que, una vez procesada, permite el análisis y la adopción de decisiones, como también rescatar información existente sobre un área específica. Los indicadores ambientales también son obtenidos mediante la determinación del índice del coeficiente ambiental según [Reyes et al. \(2010\)](#) y mediante los análisis de ciclo de vida ([Gómez et al., 2008](#)).

Los resultados de la aplicación de estos métodos, para el análisis del impacto ambiental, están influenciados por el trabajo de campo

realizado por el equipo de evaluación. Tiene como principales desventajas la inspección in situ de todas las áreas a evaluar, las cuales cuando se inspecciona una extensa zona suelen estar muy distantes y dispersas por la geografía de la región a investigar. Estas dificultades asociadas a los métodos que tradicionalmente se han utilizado para el análisis del impacto ambiental pueden ser resueltas mediante la aplicación de las tecnologías de geoinformación ([Alonso del Val et al., 2008](#)).

Las tecnologías de geoinformación constituyen métodos actuales y eficientes que abarcan el empleo de la tecnología satelital de observación de la Tierra (TSOT), los SIG, los sistemas de posicionamiento global (GPS), y la cartografía digital, entre los principales ([Ponvert y Lau, 2013](#)). Que en conjunto permiten satisfacer la necesidad de generar información sobre el territorio en mapas temáticos y SIG dinámicos que brinden respuesta a consultas para la posterior gestión de actividades de planificación, mitigación y conservación de los recursos. Para, [Rodríguez et al. \(2015\)](#), el uso del SIG es una herramienta útil para la planificación de la asistencia técnica con enfoque territorial, ya que esta tecnología permite la identificación de niveles de adopción tecnológica por sectores dentro del territorio, contribuyendo a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos al disminuir la subjetividad en la toma de decisiones a partir de la definición de alternativas de solución ajustadas a las necesidades locales y el manejo de la información para realizar seguimiento y evaluación del servicio de asistencia técnica.

La utilización de un SIG representa una herramienta para la valoración de los impactos, para la planificación y gestión de los espacios naturales ya que proporcionan un mejor conocimiento del área de estudio ([Montoya et al., 2004](#); [Pineda y Suárez, 2014](#); [Rodríguez et al., 2015](#)). Al respecto indican [Smith et al. \(2014\)](#) que la vinculación de la información a los SIG permite modelar el comportamiento de una situación a futuro, crear alertas tempranas, estimar parámetros que dependen o influyen en algún proceso, y hacer predicciones del impacto generado por la realización de las actividades en el proceso productivo.

Con base a la información señalada previamente, se tiene como objetivo caracterizar a nivel espacio-temporal los usos del suelo provocado por la actividad agrícola en la zona del municipio Miranda, utilizando las tecnologías de geoinformación combinadas con las técnicas de observación “in situ”.

### MÉTODOS

La zona objeto de estudio se localiza según el sistema de proyección WGS\_1984\_UTM\_Zona\_19N entre las coordenadas 300000 - 340000 ESTE y 1040000 - 1080000 NORTE que delimitan el Municipio Miranda, el cual se ubica al NorOeste del Estado Trujillo, Venezuela y abarca una superficie de 374 km<sup>2</sup> aproximadamente, lo que representa el 4,65% del estado.

*Cartografía:* tomando como base los ortofotomapas y mapas lineales en formato digital del Sistema Hidráulico Trujillano (SHT) a escala 1: 25000, las cartas que cubren la superficie del Municipio (6045BSO, 6045BSE,

6044ANO, 6044ANE, 6044DSE, 6044CNE, 6044BNO y 6044BNE) para delimitar y obtener la información altimétrica del municipio se empleó el software AutoCAD versión 2010.

*Caracterización espacio-temporal:* se empleó las imágenes del GoogleEarth de fecha 4/10/2014 capturadas en la aplicación del software, y como información primordial las imágenes de tres fechas (2000, 2014 y 2017) de los satélites Landsat descargadas del sitio web <http://glovis.usgs.gov/> cuyas características se muestran en la [Tabla 1](#). Lo referente a la similitud y alineación de las bandas en ambos satélites (Landsat 8 y Landsat 7) según publica ArcGISResources (2013), se aprecian en la [Tabla 2](#).

Debido a la resolución radiométrica o sensibilidad de ND del Landsat 7 (8 bits = 256 tonos de grises) a diferencia del Landsat 8 que son de (16 bits = 65 536 tonos de grises) se hace necesario igualar las radiancias. Al respecto [Ariza \(2013\)](#), señala que los productos Landsat suministrados por el USGS EROS CENTER

**TABLA 1.** Características de las imágenes utilizadas

Satellite	Sensor_ID	Referencia de imagen	Fecha de adquisición	Numero de bandas	Path/row	Proyección
Landsat 7*	ETM	L72AGS1800117210500	Apr 26, 2000 05:15	8	006 / 053	UTM, Zone 19 North
Landsat 8 **	OLI_TIRS	LC80060532014099LGN00	Apr 09, 2014 17:33:32	11	006 / 053	UTM, Zone 19 North
Landsat 8 **	OLI_	LC08_L1TP_006053_20150530_20170408_01_T1	Apr 08 2017-08T11:12:06Z	11	006 / 053	UTM, Zone 19 North

\*Resolución radiométrica 8Bits. \*\* Resolución radiométrica 16Bits.

**TABLA 2.** Alineación de bandas entre Lansadt 7 y Lansadt 8

Landsat 7			Landsat 8		
Band Name	Bandwidth (µm)	Resolution (m)	Band Name	Bandwidth (µm)	Resolution (m)
			<b>Band 1 Coastal</b>	<b>0,43 - 0,45</b>	<b>30</b>
Band 1 Blue	0,45 - 0,52	30	Band 2 Blue	0,45 - 0,51	30
Band 2 Green	0,52 - 0,60	30	Band 3 Green	0,53 - 0,59	30
Band 3 Red	0,63 - 0,69	30	Band 4 Red	0,64 - 0,67	30
Band 4 NIR	0,77 - 0,90	30	Band 5 NIR	0,85 - 0,88	30
Band 5 SWIR 1	1,55 - 1,75	30	Band 6 SWIR 1	1,57 - 1,65	30
Band 7 SWIR 2	2,09 - 2,35	30	Band 7 SWIR 2	2,11 - 2,29	30
Band 8 Pan	0,52 - 0,90	15	Band 8 Pan	0,50 - 0,68	15
			Band 9 Cirrus	1,36 - 1,38	30
Band 6 TIR	10,40 - 12,50	30/60	Band 10 TIRS 1	10,6 - 11,19	100
			Band 11 TIRS 2	11,5 - 12,51	100

consisten en una serie cuantificada, calibrada y escalada de niveles digitales ND, los datos de las bandas están derivados en bits en formato no cifrado y pueden ser reescalados a los valores de reflectancia y/o radiancia en el techo de la atmósfera TOA, usando para ello los coeficientes radiométricos provistos en el archivo de metadato MTL.txt, tal y como se describe a continuación en la [expresión \(1\)](#):

$$L\lambda = (ML \cdot Q_{cal}) + AL, (W/m^2 \text{ srad } \mu\text{m}) \quad (1)$$

donde:

$L\lambda$  - Es el valor de radiancia espectral en el techo de la atmósfera (TOA) medida en valores de (W / m<sup>2</sup> srad  $\mu$ m)

ML -Banda - Es el factor multiplicativo de escalado específico obtenido del metadato (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x,)

AL -Es el factor aditivo de escalado específico obtenido del metadato (RADIANCE\_ADD\_BAND\_x)

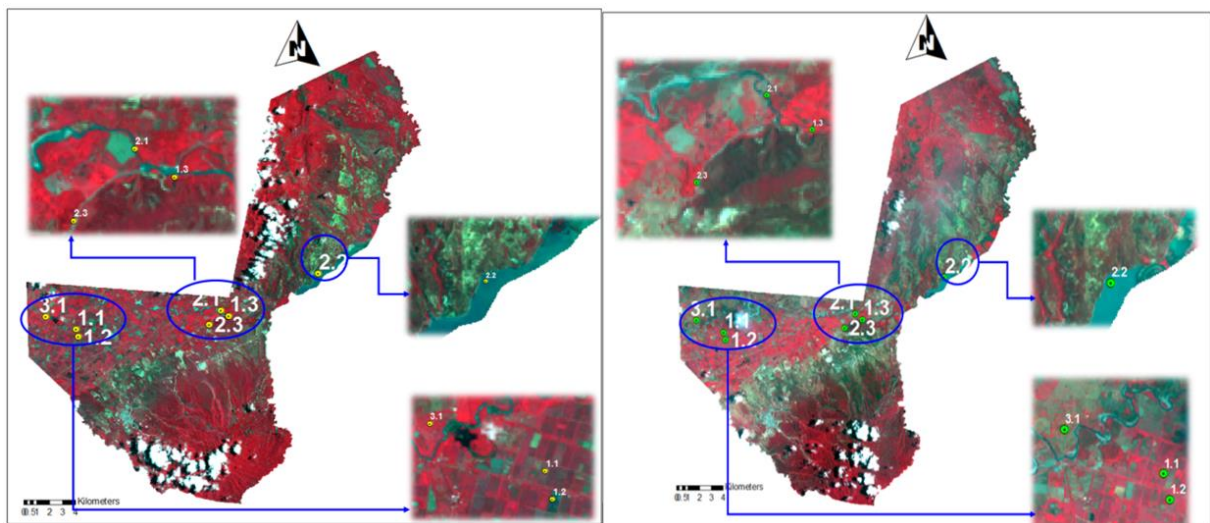
$Q_{cal}$  - Producto estándar cuantificado y calibrado por valores de pixel (DN).

Para cumplimentar este aspecto relacionado con la variabilidad espacio-temporal de los diferentes ecosistemas y servicios ambientales se realizó el análisis visual-digital de las imágenes de satélite correspondiente al año 2000 y 2014. En las imágenes ([Figura 1](#)), referidos a los mismos puntos de coordenadas (tomados en campo en el año 2014) se destacan los ecosistemas siguientes: vegetación (1): compuesta por cultivos agrícolas (1.1) (caña de azúcar, lechosa, plátano, etc.) pastos y vegetación

herbácea (1.2); vegetación arbustiva y bosques (1.3); Agua (2): integrada por los causes del río Motatán (2.1), la represa de Agua Viva (2.2) que surte al sistema de riego “El Cenizo” existente en el área de estudio, y los canales de riego para el suministro del recurso a los cultivos (2.3); Suelos (3): donde aparecen suelos desnudos (3.1) correspondientes a aéreas quemadas y otras en laboreo y preparación (3.2), aunque la mayor parte del territorio aparece como suelos cubiertos por distintos tipos de vegetación y otras.

En la [Tabla 3](#) destacan los ecosistemas y servicios ambientales observados en campo y referidos al sistema de coordenadas en los puntos donde se observaron en el año 2014, y se aprecia que existen cambios a nivel visual en la mayoría de ellos. Debido a que se carece de evidencias reales de contaminación para el año 2000 se infiere que las evidencias del año 2014 constituye la base para suponer que estos cambios se deben primordialmente a las actividades agrícolas que influyen en las variaciones de los ecosistemas apreciados.

De igual manera en el año 2018 se validó en campo puntos de coordenadas referentes a cultivos agrícolas que se observaron en la imagen del 2017, que según [Duarte et al. \(2017\)](#), se utiliza para corregir un mapa de uso y/o para validarlo. Resulta muy notable un crecimiento en cuanto al área cultivada, denotándose por la apreciación de color rojo que muestra la vegetación en la combinación de bandas (543), incluyendo áreas que años anteriores estaban sin



**FIGURA 1 (a y b).** (a) Fragmento de la imagen Landsat 7 ETM del año 2000, RGB: 432 y (b) Fragmento de la imagen Landsat 8 OLI\_TIRS del año 2014, RGB: 543.

vegetación alguna (desnudos), se validó en campo que estaban siendo cultivadas como puede observarse en la [Figura 2](#).

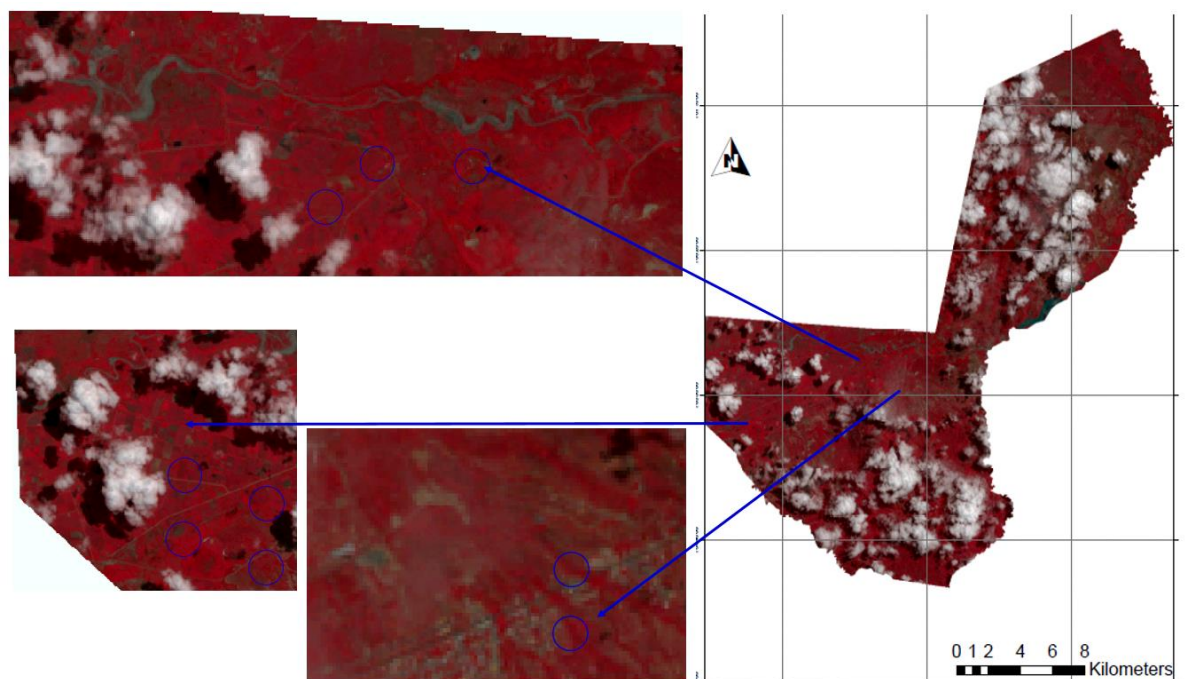
Los análisis de la distribución espacial de los principales ecosistemas, se realizan con el método visual-digital de interpretación de las imágenes de satélites, para los años 2000, 2014 y 2017, las diferentes coberturas o clases (diferenciadas en las imágenes), representan una firma por los valores de radiancia cada una de las bandas, a continuación se describe de manera secuencial los métodos y herramientas empleadas.

En el fragmentos de imagen diferenciando los colores y tonalidades se realizó una capa de puntos en formato .shp y se identificaron 60 píxeles para cada una de las clases apreciables

(resultando siete clases diferenciadas), este proceso se realiza en cada una de las imágenes (tres años), con el fin de determinar las clases para una posterior clasificación supervisada de las misma, (esta clasificación constituye el resultado de la caracterización espacial temporal). Con los píxeles muestreados en cada clase se crea un archivo de salida en formato .gsg, contentivo de la repuesta espectral (firma espectral) de las clases, el mismo almacena los datos estadísticos de las clases en cada una de las bandas, estos datos estadísticos se emplearon para comparar las clases y determinar que haya diferencias significativas entre las medias de las clases, empleando herramientas de estadística inferencial de comparación de muestras, el software empleado para el análisis es

**TABLA 3.** Ecosistemas y servicios ambientales observados en campo

Ecosistema y servicios ambientales	Puntos referida a la imagen	Descripción	Ubicación (Datum WGS84_19N)	
			Este	Norte
Vegetación (1)	1.1	Cult. (caña de azúcar)	305683	1054388
	1.2	Vegetación herbácea	305748	1053828
	1.3	Arbustos - bosque	317544	1055405
Agua (2)	2.1	Cauce Río Motatán	316937	1055830
	2.2	Represa Agua Viva	324488	1058658
	2.3	Canal principal (sistema de riego)	316007	1054754
			303333	1055342
Suelos (3)	3.1	Suelos desnudos	303333	1055342



**FIGURA 2 (a y b).** Fragmento de la imagen Landsat 8 OLI\_TIRS del año 2017, RGB: 543.

STATGRAPHIS Centurion. En caso de no existir diferencias se repite el proceso para determinar las clases (volver a muestrear los puntos para crear nuevamente las clases), y de esta manera hacer preciso los valores espectrales antes de realizar la clasificación supervisada.

También se genera un dendograma (esquema de árbol) en el software ArcGIS 10.1 para cada archivo de firma creado (año 2000, 2014 y 2017) en un archivo de texto para ver las diferencias y similitudes entre clases. Este archivo de texto genera dos componentes: el primer componente es una tabla de distancias entre pares de clases, presentadas en la secuencia para la fusión. El segundo componente es una representación gráfica de las clases, hecha con caracteres ASCII, que demuestra las relaciones y la jerarquía de la fusión. El gráfico ilustra las distancias relativas entre los pares de clases fusionadas en el archivo de firma, las cuales están basadas en similitudes determinadas estadísticamente. Las clases en sí mismas representan clusters de celdas o celdas de muestras de capacitación extraídas del sitio de estudio. De esta manera se determina el potencial de las clases fusionadas.

El dendograma es validado con la prueba de rangos múltiples de procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, empleando el software estadístico.

El método de clasificación empleado fue el de máxima verosimilitud sobre el conjunto de las 3 bandas ráster alineadas en ambos satélites, y crea un ráster de salida con las clases especificadas. La herramienta tiene en cuenta las varianzas y covarianzas de las firmas de clases cuando asigna cada celda a una de las clases representadas en el archivo de firma. Para luego realizar una comparación visual de los mapas clasificados.

Se contemplarán siete clases para la clasificación: la clase 1 se corresponde a la vegetación agrícola, en la clase 2: son suelos con rastrojos o en actividades de preparación, se corresponden con observaciones en campo (registradas con el GPS) de tablones de caña de azúcar que habían sido quemados para la cosecha, así como parcelas “nuevas” con recientes actividades de tala (prontas a ser incorporadas a siembras agrícolas), estando estas dos clases estrechamente relacionadas con las actividades agrícolas, la clase 3: corresponde a la

vegetación de bosque denso, la clase 4: cuerpos de agua, la clase 5 está referida a infraestructuras y a suelos provistos de cobertura se contempló como una sola clase debido a que los colores y tonalidades en diferentes combinaciones RGB se ven similares. En las clases 6 y 7 se discriminan las sombras y nubes respectivamente.

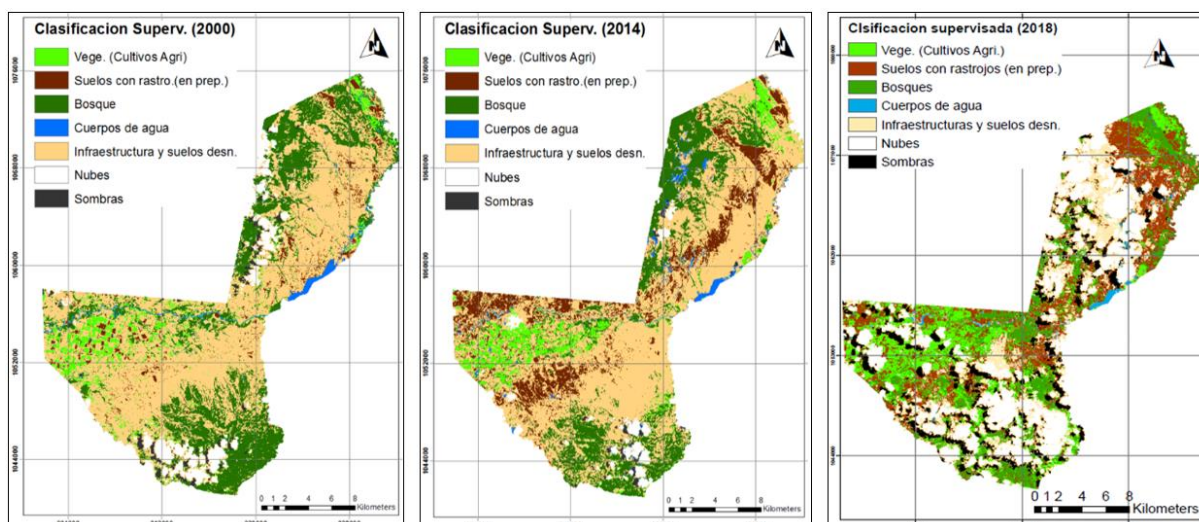
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En correspondencia con los métodos descritos anteriormente, se analiza y discute los resultados de la comparación espacial-temporal que se muestra mediante una representación temática de las principales clases para cada uno de los años analizados como se muestra en la [Figura 3](#).

La [Tabla 4](#). Contempla la cantidad de área clasificada para cada clase expresada en km<sup>2</sup> en los tres mapas resultantes. El área de vegetación se mantiene prácticamente constante dentro del año 2000 al 2014 e incrementando notablemente en los últimos tres años aproximadamente 44,45 km<sup>2</sup>, a diferencia de los suelos desnudos (que reflejan labores de preparación) aumentó aproximadamente en 37 km<sup>2</sup> para el año 2014 y en lo sucesivo un 39,35 km<sup>2</sup>.

Se denota mayor área de cuerpos de agua para el año 2014 y 2017 debido a que estas dos imágenes presentan mayor cantidad de sombras que generan las nubes y se confunden con los cuerpos de agua, resultado un tanto erróneo debido a confusión por la similitud de la respuesta espectral en los píxeles, dicha similitud es apreciada en cada una de las fechas estudiadas en los dendogramas de las clases espectrales. En lo que respecta a la clase infraestructura y suelos completamente desnudos denota un incremento para el año 2014 de aproximadamente 1,18 km<sup>2</sup> lo que denota un crecimiento urbanístico, industrial y suelos con problemas de erosión, y en el año 2017 se ve una reducción considerable de 103,3 km<sup>2</sup>, específicamente por la ocupación de estas áreas en cultivos agrícolas y también al solapamiento que genera la cantidad de nubes y sombras (clase 6 y 7 respectivamente) en la imagen del 2017 (ocupación que logró validarse en campo, específicamente en estas áreas solapadas).

En cuanto a las áreas de bosque denso hay un decrecimiento sucesivo de aproximadamente 27,26 km<sup>2</sup> para el año 2017, lo que denota un



**FIGURA 3 (a, b y c).** (a) Clasificación supervisada del Municipio Miranda correspondiente año 2000, (b) Clasificación supervisada del Municipio Miranda correspondiente al año 2014. (c) Clasificación supervisada del Municipio Miranda correspondiente al año 2017.

**TABLA 4.** Resultado en términos de celdas y áreas de la comparación digital temporal (2000-2014) generada por la clasificación supervisada con los valores espectrales

Clases	Año 2000		Año 2014		Año 2017	
	Área (km <sup>2</sup> )	(%) de superficie que representa	Área (km <sup>2</sup> )	(%) de superficie que representa	Área (km <sup>2</sup> )	(%) de superficie que representa
Vegetación (cultivos agrícolas)	23,83	6,33	23,79	6,32	68,28	18,14
Suelos desnudos con rastrojos (en preparación)	13,23	3,51	51,15	13,59	90,5	24,04
Bosque	91,73	24,37	70,79	18,81	64,47	17,13
Cuerpos de agua	6,71	1,78	6,76	1,8	9,84	2,61
Infraestructura y suelos desnudos	208,85	55,48	210,03	55,8	107	28,43
Nubes	24,14	6,41	11,3	3	26,45	7,03
Sombra	7,93	2,11	2,59	0,69	9,88	2,62
<b>TOTAL</b>	<b>376,42</b>	<b>100</b>	<b>376,42</b>	<b>100</b>	<b>376,42</b>	<b>100</b>

crecimiento de la frontera agrícola. Estas variaciones aunque en algunas de las clases es pequeña pueden tener un reflejo de la variabilidad espacial y a su vez están asociadas al incremento de la actividad agrícola. La expansión de la frontera agropecuaria y la extracción del recurso del bosque, es lo que generalmente predomina en los estudios de comparación espacio temporal relacionados con la cobertura o usos de suelo, y están directamente asociadas con las dinámicas de cambio de crecimiento de la frontera agrícola (Bocco *et al.*, 2001; Cabral, 2011; Orozco *et al.*, 2015; Fragoso, 2017).

## CONCLUSIONES

El análisis visual digital referido a la variabilidad espacial-temporal denota las características de contaminación ambiental producto de una intensiva actividad agrícola, en el tiempo de aproximadamente 18 años, el resultado mensurable en términos de área denota un crecimiento de 44,45 km<sup>2</sup> en las áreas agrícolas para el año 2017, lo que se corresponde en disminución de los bosques del 27,26 km<sup>2</sup> y una disminución del área señalada como suelos desnudos específicamente en el año 2107.

La imagen del año 2014 presenta mayor cantidad de celdas clasificadas sin nubes y sombras por lo que la información de cuerpos de agua e infraestructura que a lo largo del tiempo no presenta mucha variabilidad es más adecuado tomarla de esta imagen, denotándose en ella que el territorio denota zonas pobladas, infraestructuras de apoyo a la producción agrícola (vías, galpones, agroindustria, etc.), y suelos erosionados más del 55% y que los cuerpos de agua prácticamente se mantienen constantes y ocupan aproximadamente el 1,79% de la superficie del municipio.

Las informaciones referentes a las características espectrales de las distintas coberturas en la superficie que ocupa el municipio y las generadas en los mapas temáticos, así como la información edafoclimática, conforman un pequeño SIG de la caracterización ambiental del municipio, quedando a disposición para planes ambientales.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO DEL VAL, F.J.; COFIÑO, A.; FERNÁNDEZ, J.M.; FERRER, F.; FRANCÉS, E.; GUTIÉRREZ, J.M.; FERNÁNDEZ, B.; DOMÍNGUEZ, M.: “La Zonificación Agroecológica como mecanismo para potenciar la diversificación de la producción agrícola en Cantabria”, [en línea], En: *III Congreso de la asociación Hispano-Portuguesa de Economía de los Recursos naturales y Ambientales*, España, 2008, DOI: [http://cifacantabria.org/Documentos/2008\\_ZONIFICACION%20AGROECOLOGICA\\_AERNA.pdf](http://cifacantabria.org/Documentos/2008_ZONIFICACION%20AGROECOLOGICA_AERNA.pdf), Disponible en: [http://cifacantabria.org/Documentos/2008\\_ZONIFICACION%20AGROECOLOGICA\\_AERNA.pdf](http://cifacantabria.org/Documentos/2008_ZONIFICACION%20AGROECOLOGICA_AERNA.pdf), [Consulta: 5 de julio de 2017].
- ARIZA, A.: “Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM”, *Knowledge Portal, UNSPIDER*. Último acceso, 1, 2013.
- BOCCO, G.; MENDOZA, M.; MASERA, O.R.: “La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación”, *Investigaciones geográficas*, (44): 18-36, 2001, ISSN: 0188-4611.
- CABRAL, F.: *Dinámica espaciotemporal de uso del suelo en la UMAFOR 12 del Estado de México mediante el uso de sistemas de información geográfica (1990-2007)*, Universidad Autónoma Chapingo, thesis, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México, 2011.
- DUARTE, E.; ORELLANA, O.; MARADIAGA, I.; CASCO, F.; FUENTES, D.; JIMÉNEZ, A.; EMANUELLI, P.; MILLA, F.: *Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras: Análisis de Cifras Nacionales*, Honduras, 2017.
- FRAGOSO, N.: *Comparación del cambio de cobertura y uso de suelo a través de Sistemas de Información Geográfica en Acaxochitlán, Hidalgo*, Universidad Veracruzana, M. thesis, Veracruz, México, 2017.
- GÓMEZ GARCÍA, J.J.; SAMANIEGO, J.; ANTONISSEN, M.: *Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos*, ser. Serie Medio ambiente y desarrollo No 137, no. ser. 137, Ed. CEPAL, Santiago de Chile, Chile, 2008, ISBN: 978-92-1-323209-5.
- MILANES, Y.: “Influencia de la mecanización agrícola en la contaminación ambiental. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba [en línea] 2009, 2008”, [en línea], En: *Universidad de Granma*, 2009, Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/mecanizacion-agricola-contaminacion/mecanizacion-agricola-contaminacion.pdf>, [Consulta: 30 de mayo de 2018].
- MONTOYA, R.; GARCÍA, J.; PADILLA, J.: “Utilización de un SIG para la determinación del impacto ambiental generado por las actividades agrícolas, ganaderos e industriales: el caso de Zapotitlán en la reserva de la biosfera de Tehuacán Cuiclatán”, *Boletín A.G.E.*, (38): 115-130, 2004.
- OROZCO, M.C.; CERON, L.E.; MARTINEZ, J.P.; OSPINA, R.: “Análisis de los patrones espaciales del paisaje en un corredor biológico del macizo colombiano cauca.”, *Biotecnología*



en el Sector Agropecuario y Agroindustrial:  
*BSAA*, 13(1): 54-63, 2015, ISSN: 1909-9959.

PINEDA, L.; SUÁREZ, J.: “Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3): 28-32, 2014, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.

PONVERT, D.D.; LAU, Q.A.: “Uso de las imágenes de satélites y los SIG en el campo de la Ingeniería Agrícola”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4): 75-80, 2013, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.

REYES, G.; CHAPARRO-GIRALDO, A.; ÁVILA, K.: “Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón”, *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(2), 2010, ISSN: 0123-3475.

RODRÍGUEZ, H.; CERÓN-MUÑOZ, M.F.; PALACIO, L.G.; BEDOYA, G.I.: “Aplicación de los sistemas de información geográfica en la planificación de la asistencia técnica con enfoque territorial en cadena láctea”, *Livestock Research for Rural Development*, 27, 2015, DOI: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/indice\\_verde/41-Aplicacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/indice_verde/41-Aplicacion.pdf).

SHORTLE, J.S.; ABLER, D.G.: *Environmental policies for agricultural pollution control*, Ed. CABI, Department of Agricultural Economics and rural Sociology Pennsylvania State University, USA, 240 p., 2001, ISBN: 0-85199-3.

SMITH, A.M.; KOLDEN, C.A.; TINKHAM, W.T.; TALHELM, A.F.; MARSHALL, J.D.; HUDAK, A.T.; BOSCHETTI, L.; FALKOWSKI, M.J.; GREENBERG, J.A.; ANDERSON, J.W.: “Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems”, *Remote Sensing of Environment*, 154: 322-337, 2014.

Lexa Dayana Pineda-Santos, Ing. Agrícola, profesora, ULA-NURR, Villa Universitaria, La Concepción de Trujillo, Municipio Pampanito, Estado Trujillo, e-mail: [lexapineda@gmail.com](mailto:lexapineda@gmail.com)

Jorge Eduardo Suárez-Hernández, e-mail: [lexapineda@gmail.com](mailto:lexapineda@gmail.com)

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.