

**Mtra. María de Jesús Gómez Cruz**  
Directora de la División de Ciencias y Artes  
para el Diseño UAM Xochimilco

## **INFORME FINAL DEL SERVICIO SOCIAL**

CONACyT

Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial "CentroGeo"

**Periodo:** 25 de junio de 2018 al 21 de diciembre de 2018

**Proyecto:** Forma Urbana y Productividad en  
México (CONACYT-INEGI 278953)

**Clave:** XCAD000823

**Responsable del proyecto:** Dr. Jorge Alberto Montejano Escamilla  
Investigador y Responsable Técnico

**Asesor interno:** Mtro. Felipe Gerardo Ávila Jiménez

Prestador de servicio social

**Alumno: Piedras Valerio José Alberto**

**Matricula:** 2142036479

**Licenciatura:** Planeación Territorial

**Tel.** 26522486

**Cel.** 5542723555

**Correo:** [jpiedras@centrogeo.edu.mx](mailto:jpiedras@centrogeo.edu.mx)

Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Xochimilco  
Ciencias y Artes para el Diseño



- **Introducción**

El proyecto Forma Urbana y Productividad en México (CONACYT-INEGI 278953) dentro de sus principales objetivos tiene: distinguir la forma urbana de las 100 ciudades más grandes de la república mexicana, a través del procesamiento de información (percepción remota) y su análisis multiespectral de imágenes satelitales *RapidEye*<sup>1</sup>, este procedimiento permite identificar los usos del suelo y las estructuras de la superficie terrestre sobre las imágenes del satélite, continuando con su categorización y la separación de lo urbano (casas, carreteras) de lo no urbano (cultivos, zonas arboladas, cuerpos de agua).

Para llevar a cabo el análisis se implementaron imágenes correspondientes a los años 2015 y 2016 mediante el servicio de mapas web (WMS)<sup>2</sup> de la Estación de Recepción México (ERMEX), con la cual se llevó a cabo dicha subdivisión de categorías; posteriormente se aplicaron métodos de clasificación con el *software* ENVI<sup>3</sup> y se integraron los resultados mediante sistemas de información geográfica (SIG), se validaron los resultados y se concluyó con la creación de una base de información espacial en formato *shapefile*<sup>4</sup>, para su consulta.

- **Objetivo general**

Identificar la forma urbana para las 100 ciudades más grandes del Sistema Urbano Nacional (SUN 2015) por población a partir de imágenes satelitales *RapidEye*, mediante métodos de clasificación y evaluada a partir de modelos estadísticos.

- **Actividades realizadas:**

Apoyo en geoprocesamiento a partir del ajuste espacial de puntos muestrales, para la clasificación de usos del suelo (urbano-no urbano) derivado del análisis de imágenes *RapidEye*.

Usando el análisis multiespectral y aplicando el ajuste de bandas correspondiente para cada categoría: color natural RGB – 3,2,1 para zonas no urbanas y falso infrarrojo RGB – 4,3,2 para zonas urbanas, se reubicaron puntos generados aleatoriamente en las siguientes subcategorías:

---

<sup>1</sup>*RapidEye* AG es una compañía alemana proveedora de información geoespacial, especializada en la gestión de toma de decisiones mediante servicios basados en sus propias imágenes satelitales. Los datos de una imagen satelital, capturada por un sensor montado en un satélite artificial, son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes. Los satélites obtienen datos en el menor tiempo posible para dar seguimiento a la evolución de un fenómeno.

<sup>2</sup> WMS es un servicio de la Estación de Recepción México (ERMEX); de representación cartográfica que se utiliza para publicar un grupo de capas de mapa a fin de integrarlas en sus mapas, y obtener una mejor representación visual.

<sup>3</sup> ENVI es el software especializado en el procesamiento y análisis de imágenes geoespaciales utilizado por profesionales en Sistemas de Información Geográfica, es un servidor de ESRI company.

<sup>4</sup> Un *shapefile* es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un *shapefile* se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas).

Zonas urbanas		Zonas no urbanas	
ID	US	ID	US
1	Carreteras pavimentadas	5	Suelo desnudo
2	Techos impermeables	6	Agua
3	Techos brillosos y laminados	7	Zonas arboladas
		8	Cultivos
4	Techos opacos	9	Pastizales
		10	Carretera de terracería

Se reubican los puntos dentro del *Tile* (cuadrícula que subdivide a la cobertura total de la ciudad); asignándolo dentro del *Tile* (urbano y/o no urbano) dependiendo del caso. En este proceso el punto debe quedar en los *pixeles*<sup>5</sup> del color que representa la subcategoría; por ejemplo: un *pixel* azul en el ajuste de bandas de falso infrarrojo corresponde a un techo impermeable. Los puntos de cada ciudad se ajustan dos veces para obtener puntos de validación y mayor referencia.

- **Métodos de clasificación.**

Se evaluaron los métodos de Redes Neuronales Artificiales (RNA), Máquinas de Soporte Vectorial (MSV) y Máxima Verosimilitud (MV) a 6 ciudades<sup>6</sup>. El proceso es ejecutable en el software ENVI, se procede a cargar el mosaico de la ciudad (TIF)<sup>7</sup> se ajustan las bandas y se agregan los puntos ya clasificados; posteriormente se escoge el método a obtener, se colocan los parámetros de la prueba y se inicia, el proceso tarda de 30 a 90 minutos, dependiendo el número de puntos contenidos en la ciudad. Se realizaron 10 pruebas por el método de RNA, 12 en MSV y 1 en MV por ciudad.

Una vez obtenido el resultado, la separación entre lo urbano y lo no urbano en *pixeles*, se observa dicha separación si es homogénea o es aceptable visualmente, de lo contrario se rechaza y se agregan 100 ó 200 puntos nuevos, generándolos en *ArcMap* y *QGIS*<sup>8</sup>, se repiten los procesos anteriores, hasta obtener mejores resultados. Estos resultados se pueden observar mejor cuando se validan, a partir

<sup>5</sup> *Pixel*: Unidad básica de una imagen digitalizada en pantalla a base de puntos de color o en escala de grises.

<sup>6</sup> *RNA*: se seleccionan capas ocultas y se puede elegir entre una función de activación logística o hiperbólica. Se ajustan los pesos en el nodo para minimizar la diferencia entre la activación del nodo de salida y la salida. *MV*: supone que las estadísticas para cada clase en cada banda se distribuyen normalmente y calcula la probabilidad de que un píxel dado pertenezca a una clase específica. Cada píxel se asigna a la clase que tiene la probabilidad más alta (es decir, la probabilidad máxima). *MVS*: es un método de clasificación supervisado derivado de la teoría del aprendizaje estadístico que a menudo produce buenos resultados de clasificación a partir de datos complejos y ruidosos. Consulte <https://www.harrisgeospatial.com> para más detalle.

<sup>7</sup> Un *mosaico* es una combinación o fusión de dos o más imágenes. En *ArcGIS*, puede crear un único dataset ráster a partir de varios datasets ráster disponiéndolos en forma de mosaico. Un *dataset* ráster define cómo se almacenan los píxeles en formatos; *TIF*, JPEG 2000, Esri Grid y MrSid.

<sup>8</sup> *ArcMap* es un software de análisis SIG; para crear mapas, realizar análisis espaciales, administrar datos geográficos de un área de estudio. *QGIS* es una aplicación profesional de SIG (similar a *ArcMap*) con la diferencia de que su Software es Libre y de Código Abierto (FOSS).

de la “matriz de confusión” dentro del software de ENVI, matriz que muestra la coincidencia de los puntos creados con los de validación (generados aleatoriamente), se muestra en porcentaje el resultado de la coincidencia de los puntos con su categoría, aceptando resultados por arriba del 80%. Se ejecuta el proceso de “matriz de confusión” en cada prueba y se registran los resultados en un *Excel* señalando la mejor prueba visualmente aceptable.

- **Apoyo en elaboración y generación de cartografía.**

Este es un proceso de posclasificación de las ciudades, donde se cargan los mosaicos de las pruebas realizadas en ENVI (RNA, MV, MVS) se combinan las pruebas en *ArcMap* utilizando las herramientas de geoprocresamiento siguientes: “*combine*” y se reclasifica “*reclassify*” (otro proceso). En ENVI se exportan los resultados y se aplica un proceso llamado “*Majority*”, con el fin de separar y agrupar pixeles urbanos (rojo) de los no urbanos (verde). De este último proceso se la aplica un nuevo proceso “*Region Group*” con el cual el mosaico se transformará en un *shapefile*, obteniendo como resultado la división en polígonos de lo que es urbano y lo que no es urbano.<sup>9</sup>

- **Registro de actividades del proyecto: Forma Urbana y Productividad en México.**

Mes	Actividades	Periodo	Horas
Junio	- Introducción y capacitación en métodos de interpretación y percepción remota; visual, tono, color, saturación y textura. Así como, el ajuste de bandas (R, G, B) para obtener la mayor visibilidad e interpretación de imágenes.	25/06/18 5/07/18	30
Julio	- Apoyo en geoprocresamiento para el ajuste espacial de puntos muestrales, para la clasificación de usos del suelo derivado del análisis de imágenes <i>RapidEye</i> ; en 005 <b>Saltillo</b> , 043 <b>Reinosa</b> . Un total de 3,172 puntos clasificados.	05/07/18 20/07/18	46
	- Introducción a posclasificación de ciudades, a partir del procesamiento y análisis de imágenes en el <i>software</i> ENVI ( <i>Majority</i> ) y <i>ArcMap</i> ( <i>Region Group</i> ), resultando la obtención de un <i>Shapefile</i> . - Aplicación del proceso de posclasificación en las siguientes ciudades G5; 006, 020, 035, 039, 052, 065, 073, 301, 321, 348.	19/07/18 15/08/18	35

<sup>9</sup> COMBINE: Combina múltiples rásteres de manera que se asigna un único valor de salida a cada combinación única de valores de entrada. RECLASSIFY: Reclasifica (o cambia) los valores en un ráster. MAJORITY: Reemplaza las celdas en un ráster según la mayoría de sus celdas vecinas contiguas. REGION GROUP: Para cada celda en la salida, se registra la identidad de la región conectada a la que pertenece esa celda. Se asigna un número único a cada región.

Agosto	- Apoyo en geoprocesamiento para el ajuste espacial de puntos muestrales, para la -----Clasificación de usos del suelo derivado del análisis de imágenes <i>RapidEye</i> ; en 028 <b>Cuernavaca</b> , 057 <b>Celaya</b> , 036 <b>Querétaro</b> . Un total de 5,798 puntos clasificados.	16/08/18 30/08/18	41
	- Aplicación del método MVS para procesar, clasificar y analizar imágenes geoespaciales; en 044 <b>Matamoros</b> , aplicando las siguientes pruebas: P13, P11, P104, P19, P42, P92, P302, P89, P15, P93, P63, P110, P84, P59, P29, P27, P38, P20, P16. Con puntos de validación: P38, P36, P23, P67, P40, P9, P39, P35, P21, P37, P25, P12, P34. Elaboración de 100 puntos nuevos (urbanos y no urbanos, para mejorar la calidad del proceso). Con puntos nuevos: P23, P40, P39, P35, P21, P37, P25, P12, P36, P34, P9, P67. <i>Post classification: Confusion Matrix</i> : resultados de las pruebas (%). Visualización y selección de la mejor prueba.	05/08/18 25/08/18	44
Septiembre	-Elaboración de portada para CD "reporte Técnico Etapa 001".	3/09/18 5/09/18	8
	-Apoyo en geoprocesamiento para el ajuste espacial de puntos muestrales, para la clasificación de usos del suelo derivado del análisis de imágenes <i>RapidEye</i> ; en 049 <b>Poza Rica</b> , 037 <b>Cancún</b> . Un total de 1,970 puntos clasificados.	04/09/18 25/09/18	34
	-Aplicación del método MVS y RN para procesar, clasificar y analizar imágenes geoespaciales; en 009 <b>Tecomán</b> . Elaboración de 100 puntos nuevos (urbanos y no urbanos) se aplicaron las siguientes pruebas; MVS: P23, P40, P39, P35, P21, P37, P25, P12, P36, P34, P9, P67 y RN: P35, P37, P38, P40, P34, P18, P32, P31, P9, P17. <i>Post classification: Confusion Matrix</i> : resultados de las pruebas (%). Visualización y selección de la mejor prueba.	6/09/18 27/09/18	30
Octubre	-Apoyo en geoprocesamiento para el ajuste espacial de puntos muestrales, para la clasificación de usos del suelo derivado del análisis de imágenes <i>RapidEye</i> ; en 002 <b>Tijuana</b> , 024 <b>Toluca</b> . Un total de 3,274 puntos clasificados.	26/09/18 19/11/18	41

	-Aplicación del método MVS para procesar, clasificar y analizar imágenes geoespaciales; en 049 <b>Poza Rica</b> . Elaboración de 100 puntos nuevos (urbanos y no urbanos) se aplicaron las siguientes pruebas: P23, P40, P39, P35, P21, P37, P25, P12, P36, P34, P9, P67. <i>Post classification: Confusion Matrix</i> : resultados de las pruebas (%). Visualización y selección de la mejor prueba.	8/10/18 30/10/18	40
--	---	---------------------	----

Noviembre	-Apoyo en geoprocesamiento para el ajuste espacial de puntos muestrales, para la clasificación de usos del suelo derivado del análisis de imágenes <i>RapidEye</i> ; en 013 <b>Valle de México</b> . Un total de 300 puntos clasificados.	20/11/18 25/11/18	48
	-Aplicación del método MVS, MV y RN para procesar, clasificar y analizar imágenes geoespaciales; en 025 Morelia. Elaboración de 100 puntos nuevos (urbanos y no urbanos) se aplicaron las siguientes pruebas; MVS: P23, P40, P39, P35, P21, P37, P25, P12, P36, P34, P9, P67 y RN: P35, P37, P38, P40, P34, P18, P32, P31, P9, P17. <i>Post classification: Confusion Matrix:</i> resultados de las pruebas (%). Visualización y selección de la mejor prueba.	05/11/18 22/11/18	49
Diciembre	-Apoyo en geoprocesamiento para el ajuste espacial de puntos muestrales, para la clasificación de usos del suelo derivado del análisis de imágenes <i>RapidEye</i> ; en 013 Valle de México. Un total de 300 puntos clasificados.	6/12/18 21/12/18	18
	-Aplicación del método MVS para procesar, clasificar y analizar imágenes geoespaciales; en 010 Tuxtla Gutiérrez. Elaboración de 100 puntos nuevos (urbanos y no urbanos) se aplicaron las siguientes pruebas: P23, P40, P39, P35, P21, P37, P25, P12, P36, P34, P9, P67. <i>Post classification: Confusion Matrix:</i> resultados de las pruebas (%). Visualización y selección de la mejor prueba.	10/12/18 20/12/18	19

- **Metas alcanzadas**

Se cumplió con los tiempos establecidos en el cronograma correspondiente a la etapa 1; para lo cual se entregó una base de datos *RapidEye* con las primeras 50 ciudades de las cien que considera el proyecto ya clasificadas.

- **Resultados y conclusiones**

Destacó la importancia del proyecto y la dificultad de tratar de explicar la forma de las ciudades a partir de sus actividades industriales, es un trabajo que por sí solo arroja mucha información, con la cual se pueden tomar mejores decisiones y consideraciones a la hora de actuar en alguna ciudad. El resultado es la generación de bases de datos y *shapefiles* que estarán disponibles y que servirán para nuevas investigaciones.

- **Recomendaciones**

Dentro de las complejidades de la actividad se encuentra “*el espacio- tiempo*” o temporalidad de la información; que podemos comprender como el período (hora, día, mes) en que fueron tomadas las imágenes satelitales, esto ocasiona un cambio en la imagen cuando se aplica un “*zoom*”, hay casas que aparecen o desaparecen, así como, la vegetación o carreteras. Es complicado obtener imágenes vigentes debido al movimiento y la dinámica de la población y sus actividades, se recomienda considerar explicar esta situación para evitar confusiones.

- **Bibliografía**

Curso de percepción remota <http://rst.gsfc.nasa.gov/>

Canada Centre for Remote Sensing (Centro de percepción remota de Canadá)  
[http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/index\\_e.php#tutor](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/index_e.php#tutor)

CHUVIECO, E. 2008. (Ed. Ariel). *Teledetección Espacial*, 3a. edición.

ENVI FLAASH. Atmospheric Correction Module, 2009

Introducción al procesamiento de imágenes digitales – texto de Jensen.

[http://books.google.com/books?id=F84PAQAIAAJ&q=introductory+digital+image+processing&dq=introductory+digital+image+processing&hl=en&src=bmrr&ei=0GmVTp-sMKnW0QHKvsWuBw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC0Q6AEwAA](http://books.google.com/books?id=F84PAQAIAAJ&q=introductory+digital+image+processing&dq=introductory+digital+image+processing&hl=en&src=bmrr&ei=0GmVTp-sMKnW0QHKvsWuBw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC0Q6AEwAA)

Procesamiento de Imágenes Satelitales

[https://www.planet.com/explorer/#/mosaic/global\\_monthly\\_2017\\_10\\_mosaic](https://www.planet.com/explorer/#/mosaic/global_monthly_2017_10_mosaic)

<http://gpo-bits.com.mx/>

Procesos en ArcMap <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/>

- ANEXO

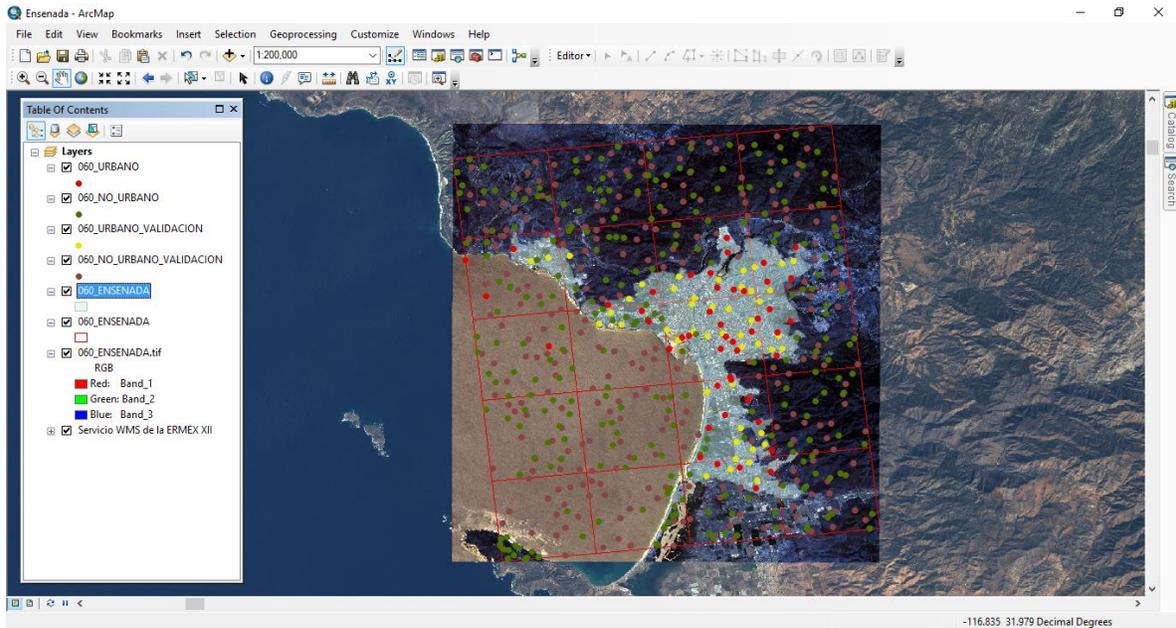


Ilustración 1. Revisión de los puntos Urbanos y No Urbanos.

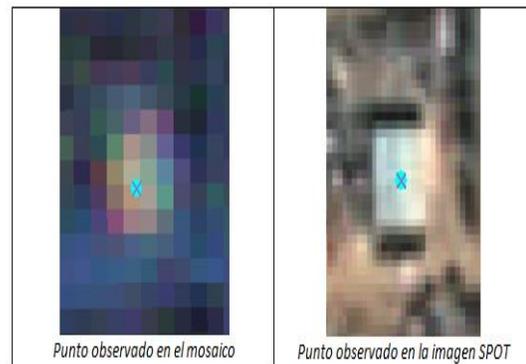


Ilustración 2. Punto original localizado en una zona No Urbana (zona arbolada).

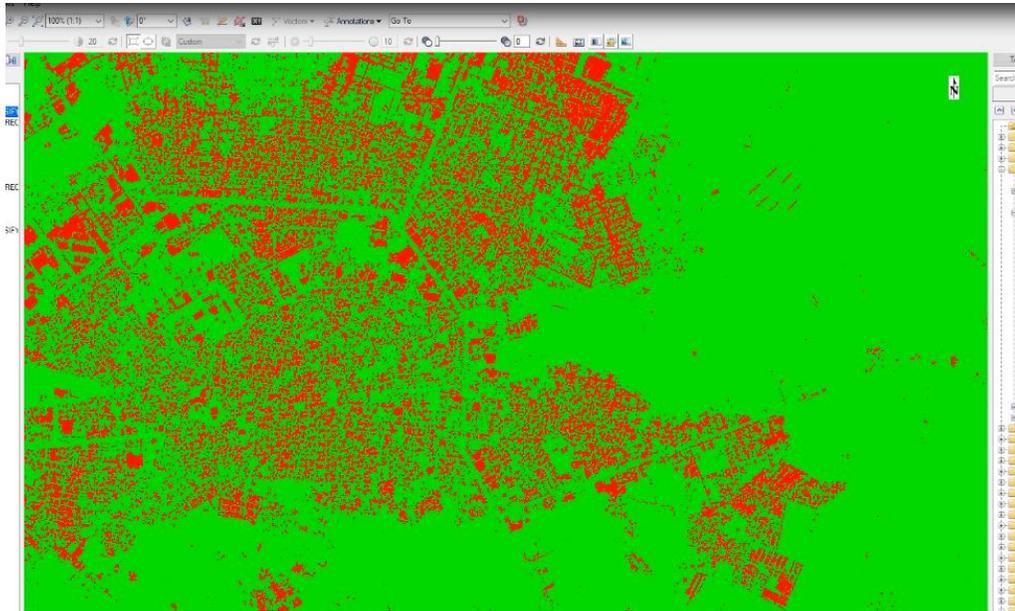


Ilustración 3. Resultado de la prueba MVS.



Ilustración 4. Separación final en *shapefile*.

## **Edición**

Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo),  
2018

## **Derechos**

Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo),  
Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI.



**Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A.C.**

Contoy 137 Esq. Chemax, Col. Lomas de Padierna, Delegación. Tlalpan, C.P.14240, CDMX.  
Internacional (52) México CDMX Tel:( 55) 2615 2224, 2615 2289: [www.centrogeo.org.mx](http://www.centrogeo.org.mx)