

ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE SUELO EN LOS MÁRGENES DE LA LAGUNA DE BUSTILLOS, CHIHUAHUA: EFECTOS DE LA EXPANSIÓN AGRÍCOLA.

Mirna Yadira ANTILLON VELETA^{*a}, Gladys Melissa CORRAL GUADERRAMA^a,

Luis Carlos ALATORRE CEJUDO^c

^{*a,b}División Multidisciplinaria de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en Cd. Cuauhtémoc, Km 3 carretera a Anáhuac, CP: 31600, Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México, email: ^{*}mirnantillon@hotmail.com, melissa.corral95@hotmail.com. luis.alatorre@uacj.mx

RESUMEN

Este trabajo se ha desarrollado en la materia de fundamentos de percepción remota de la Licenciatura en Geoinformática de la UACJ, y se determinaron los cambios del uso del suelo durante los años 1986, 1998 y 2011, en los márgenes de la Laguna de Bustillos, municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. La base de datos consta de tres imágenes del satélite Landsat TM. Para obtener las coberturas y uso de suelo presentes en el área de estudio se aplicó el método de clasificación supervisada Máxima Verosimilitud, y finalmente se hizo un análisis de los cambios por medio de matrices. Los resultados demuestran cómo el área agrícola ha ido ganando terreno y avanzando sobre las otras categorías presentes, principalmente sobre vegetación natural dispersa y sobre suelo desnudo. El avance de la frontera agrícola hacia superficies con vegetación natural ha traído como consecuencia la aparición de una superficie de labor frágil y con alta susceptibilidad a los procesos erosivos y, por ende, a una mayor acumulación de sedimentos, lo que ha llevado a un elevado grado de contaminación de la Laguna Bustillos en las últimas décadas.

Palabras clave: Uso de suelo, Análisis multitemporal (1986-1998-2011), Agrícola, Laguna de Bustillos, Clasificación.

ABSTRACT

This work has been developed in the field of remote sensing fundamentals of the Major of Geoinformática UACJ, and changes in land use were determined in the years 1986, 1998 and 2011, in the margins of Laguna Bustillos, Township Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico. The database consists of three Landsat TM images. To obtain the present hedges and land use in the study area the method of Maximum Likelihood supervised classification was applied, and finally an analysis of the changes through gradation. The results show how the agricultural area has been gaining ground and moving into other categories present, mainly on scattered natural vegetation and bare soil. The advance of the agricultural frontier towards areas with natural vegetation has resulted in the emergence of a fragile area and highly susceptible to erosion work and, therefore, greater accumulation of sediment, which has led to a high degree of pollution in Laguna Bustillos on recent decades.

Keywords: Land Use, Multi-temporal Analysis (1986-1998-2011), Agricultural, Laguna Bustillos, classification.

1. INTRODUCCIÓN:

En las últimas décadas el cambio del uso del suelo se ha constituido como uno de los

factores plenamente implicados en el cambio global, alterando procesos y ciclos. Los cambios del uso del suelo ya sean legales o ilegales son cada día más frecuentes.

El avance de la frontera agrícola hacia superficies forestales ha traído como consecuencia la aparición de una superficie de labor frágil y con alta susceptibilidad a los procesos erosivos y, por ende, con baja productividad (Pineda-Jaimes et al., 2009). Los cambios en la superficie ocupada por cada tipo de vegetación se pueden agrupar en dos grandes categorías: aquéllos originados por la actividad del hombre y los ocurridos por dinámicas naturales de los ecosistemas. Entre los primeros se incluye cualquier tipo de agricultura y asentamientos humanos, o la recuperación de las áreas agropecuarias abandonadas (sea por razones de índole productiva o por emigración), mientras que en el segundo grupo se incluye a los procesos de sucesión secundaria en áreas alteradas naturalmente, como los procesos derivados de la dinámica de los cuerpos de agua (Rosete-Vergés et al., 2008); La intensificación del uso del suelo se encuentra asociada con sistemas agrícolas, agroforestales o de pastoreo. Un manejo intensificado puede estar basado en técnicas como la irrigación, utilización de fertilizantes, quema agrícola (rastraje) prácticas de labranza o la integración de diferentes actividades de producción. Los impactos de la intensificación de la agricultura se pueden separar en dos categorías: la agricultura de tierra baja con riego, y la de tierra alta que depende de la lluvia. Cada una tiene su propio conjunto de problemas ambientales potenciales. En las tierras bajas, las preocupaciones principales son los efectos de los agroquímicos y el riego. En las tierras altas, es más probable encontrar problemas de erosión, pérdida de la fertilidad del suelo, uso inadecuado de la tierra y manejo incorrecto de las cuencas hidrográficas (García-Estarrón, 2008).

El análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio. (Ruizet et al., 2013). En las últimas décadas, los sistemas de percepción remota permiten el monitoreo preciso y oportuno de los cambios de cobertura de suelo facilitando la evaluación espacio-temporal de procesos

ecológicos globales y locales (Alatorre et al., 2015); El objetivo de este trabajo es evaluar los cambios ocurridos en la cobertura agrícola para el periodo de 1986 a 2011 y conocer los principales procesos de cambio de uso del suelo, en particular aquéllos asociados a los cambios agrícolas, con la finalidad de explorar posibles tendencias de cambio y la identificación de ventanas para estudiar los procesos de cambio a mayor detalle.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio (Figura 1) se localiza en los márgenes de la Laguna de Bustillos, que se encuentra situada en el seccional de Anáhuac en el Municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua rodeada de los poblados de Ciudad Cuauhtémoc y Bustillos. Su polígono se encuentra ubicado entre las coordenadas latitud 28°58'12" -28°15'00" N - longitud 107°09'36" - 106°15'00" W. En la zona se presentan diversos cultivos agrícolas, principalmente maíz, frijol y avena forrajeras (García-Cortes, 2014).

2.2 BASE DE DATOS Y PREPARACIÓN

Para la elaboración de la clasificación de cobertura y uso de suelo a través de métodos de clasificación supervisada, se trabajó con imágenes pertenecientes al sensor TM de los satélites Landsat 4 y 5. Las imágenes se obtuvieron del servidor de USGS. Este sensor tiene 7 bandas multiespectrales que van desde el visible hasta el infrarrojo, con una resolución de 30 metros y solo con 120 metros la banda del infrarrojo térmico. Además de una resolución temporal de 16 días. Las imágenes seleccionadas para la serie temporal se encuentran en la proyección UTM (Universal Transversal Mercator) zona 13 N, *Path/Row*33/40, las cuales corresponden a principios de primavera (Marzo-Abril) los años 1986, 1998 y 2011, con una cobertura nubosa próxima al 0%. Para la homogenización y corrección atmosférica de las imágenes de esta serie temporal se ha empleado el software Idrisi Selva mediante el módulo ATMOSC y se seleccionó el modelo

Cos(t), el cual es una mejora del modelo de Sustracción del Objeto Oscuro (DOS).

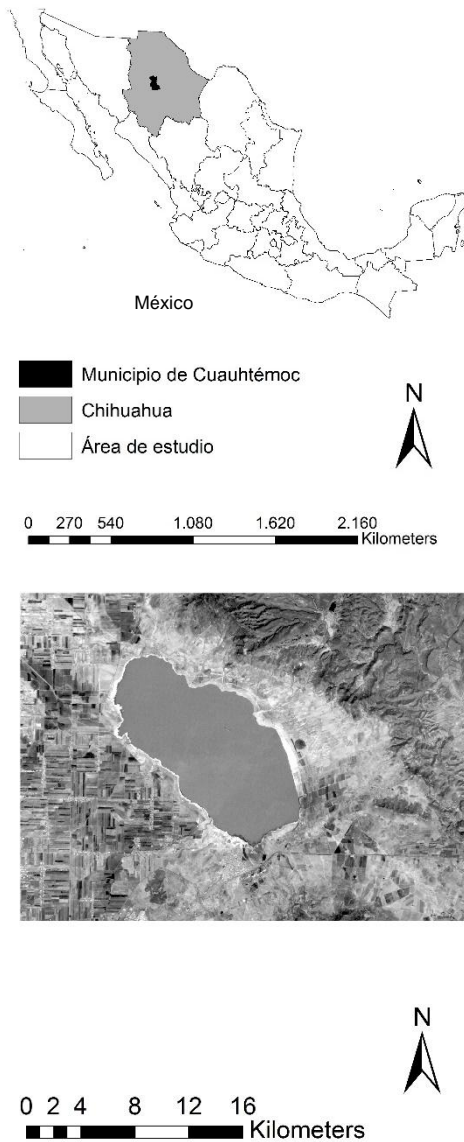


Figura 1. Localización general del área de estudio.

2.3 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA.

En este apartado el objetivo fue definir áreas de la imagen Landsat TM que representen las categorías temáticas presentes en el área de estudio, con una máxima heterogeneidad espectral. Para el correcto funcionamiento del algoritmo de clasificación es preciso establecer un conjunto de categorías que

representen de forma adecuada la variabilidad de cubiertas presentes en la totalidad del área de estudio. Ello es así porque el algoritmo de máxima verosimilitud tiene en cuenta no sólo las características medias de la signatura espectral de cada categoría, sino también la covarianza existente entre categorías (Alatorre et al., 2015); Por medio de fotointerpretación y por previo conocimiento del área de estudio, se definieron cuatro categorías: cuerpos de agua, matorrales dispersos (pino-encino), agricultura y suelo desnudo (menor al 30 % de cobertura). A partir de estas áreas de entrenamiento se obtuvieron las firmas espectrales utilizando la información de todas las bandas del sensor TM de los satélites Landsat 4 y 5, para cada cobertura y uso de suelo, y se generaron para cada año del estudio las cartografías correspondientes.

3. RESULTADOS.

3.1 COBERTURA Y USO DE SUELO (1986-1998-2011)

Se consideró que la variabilidad natural del área de estudio resultaba convenientemente representada mediante un conjunto de cuatro categorías: cuerpos de agua, matorrales dispersos (pino-encino), agricultura y suelo desnudo (menor al 30 % de cobertura). La selección de áreas de entrenamiento permitió obtener las signaturas espectrales para cada una de las categorías temáticas y para cada uno de los años de estudio (Figura 3, 4 y 5). La categoría de suelo desnudo se caracterizó por presentar valores elevados de brillo en todas las bandas y por una mayor variabilidad espectral, y debido a la nula o escasa cobertura vegetal, características que son comunes a las zonas de suelo desnudo (Alatorre et al., 2015); Las categorías de matorrales dispersos presentaron una firma espectral típica de este tipo de coberturas, con elevados valores de reflectividad en las bandas de la región del infrarrojo (TM-4 y TM-5) en comparación con la banda del

verde que presenta un valor mínimo de reflectividad (TM-2), y un acusado descenso hacia la región del infrarrojo medio (TM-7). Para los tres periodos analizados se obtuvieron medidas de separabilidad espectral con el método de divergencia transformada superiores a 1998 de 2000, lo que indica un valor bueno de separabilidad entre las cubiertas.

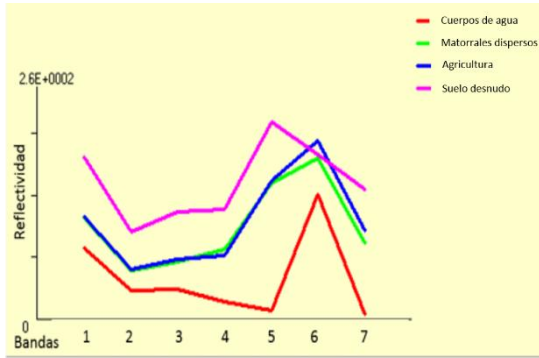


Figura 2. Firmas espectrales para cada una de las categorías de cobertura y suelo, año 1986

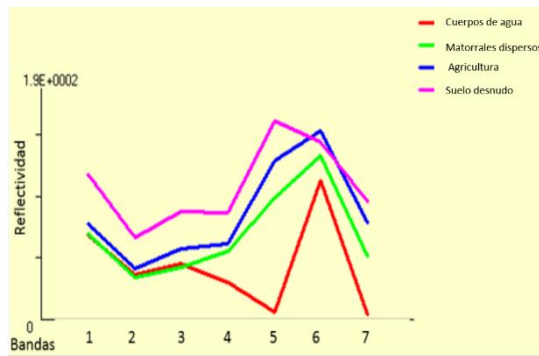


Figura 3. Firmas espectrales para cada una de las categorías de cobertura y suelo, año 1998.

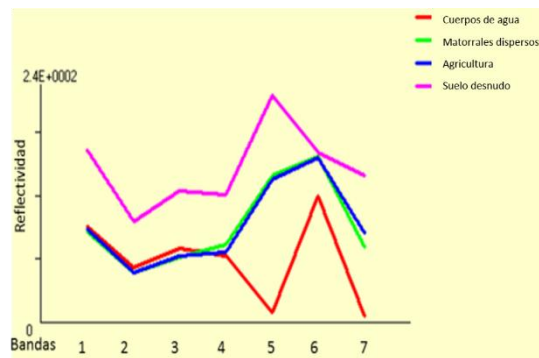


Figura 4. Firmas espectrales para cada una de las categorías de cobertura y suelo, año 2011.

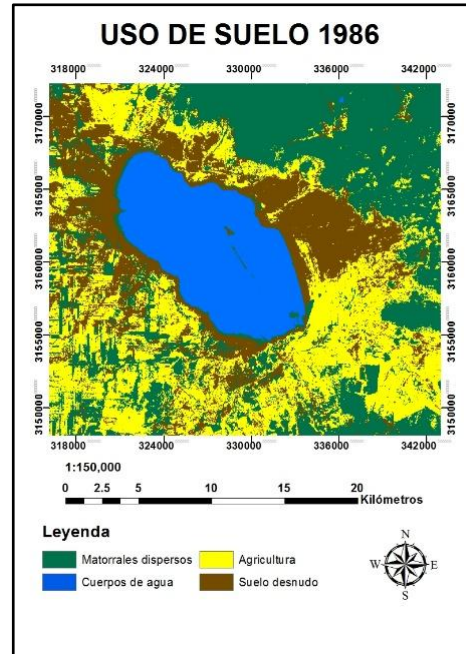


Figura 5. Mapa de cobertura y uso de suelo para el área de estudio del año 1986.

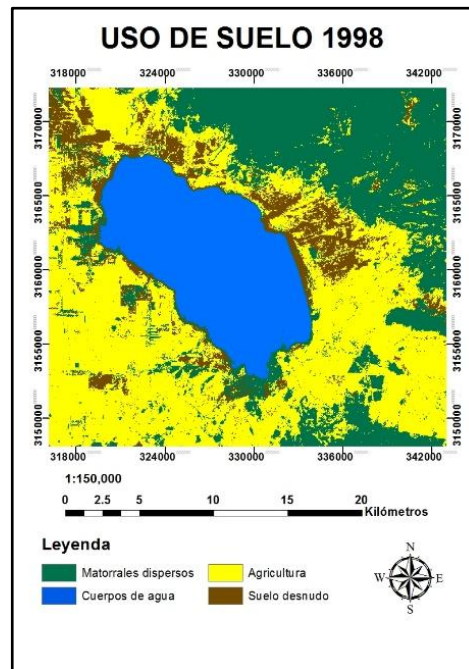


Figura 6. Mapa de cobertura y uso de suelo para el área de estudio del año 1998.

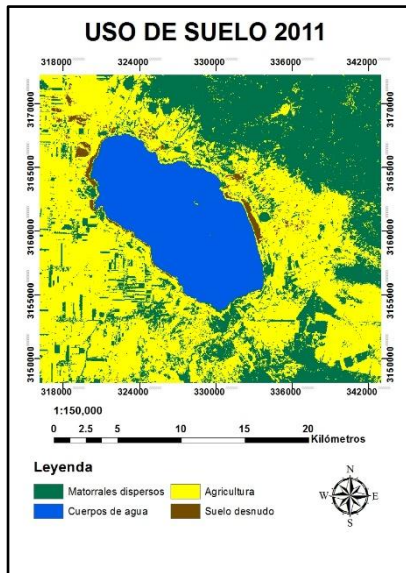


Figura 7. Mapa de cobertura y uso de suelo para el área de estudio del año 2011.

La matriz de contingencia obtenida mediante la aplicación del algoritmo de clasificación de máxima verosimilitud a la muestra de entrenamiento indica que todas las categorías presentan porcentajes de acierto superiores al 80%, lo cual confirma la buena separabilidad espectral en cada una de las categorías elegidas. Una vez validada la separabilidad espectral entre las distintas unidades temáticas del área de estudio, se procedió a aplicar el método de clasificación de máxima verosimilitud para obtener el mapa de coberturas y uso de suelo (Figura 5, 6 y 7).

3.2 CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE SUELO (1986-1998-2011).

Para analizar los cambios y transiciones más significativos en las distintas cobertura y uso de suelo se realizaron matrices de cambios en área (has). En el periodo 1986-1998, se puede observar que los cambios más significativos se dieron en las coberturas de agricultura, vegetación y suelo desnudo, pero si observamos las transiciones las cobertura de agricultura fue la que avanzo más sobre las

demás categorías, aumentando de 25,028 has (1986) a 36,725 has (1998) (Tabla 1). En el periodo 1998-2011, los cambios más significativos se dieron sobre las categorías en suelo desnudo y agricultura, la primera con una disminución en su área de 8,077.23 a 1,089.45 has, y la segunda con un aumento de 36,725.13 a 39,338.37 has. En general, se observó que el cambio más significativo se produjo en la categoría de Agricultura. En el periodo de análisis demuestra ser una de las actividades que mayores impactos tiene en la región, ya que se observa como esta categoría avanzó sobre las categorías de matorrales dispersos y suelo desnudo (30% cobertura vegetal). Estos cambios indudablemente han modificado la hidrología de las áreas limítrofes a la laguna bustillos, con probables aumentos muy significativos en la carga de sedimentos producto de la erosión por escorrentía superficial y concentrada.

4. Conclusión.

Los cambios observados en las coberturas y uso suelo de 1986-1998-2011 dejan claro que la actividad agrícola es la que más ha avanzado sobre las demás categorías, principalmente sobre la cubiertas vegetales y suelo desnudo. Estos cambios sin duda han tenido importantes repercusiones sobre la hidrología del lugar (p. ej. aumento de escorrentía y disminución de la recarga del acuífero), el efecto más importante se relaciona con las tasas de sedimentación de la Laguna Bustillos la cual ha reducido su capacidad de almacenamiento. Finalmente mencionar que las técnicas de teledetección empleadas fueron parte de nuestra primera incursión en estas metodologías, materia de fundamentos de percepción remota, sin embargo queda evidente la potencialidad de estudios para el monitoreo de fenómenos antropogénicos que ocurren sobre la superficie terrestre.

Tabla 1. Tasa de cambios de uso de suelo de 1986-1998 (hectáreas).

		1998				
		Cuerpos de agua	Matorrales dispersos	Agricultura	Suelo desnudo	Total
1986	Cuerpos de agua Cubiertas	9,435.69	12.33	0	0	9,448.02
	vegetales	478.8	18,649.26	6,775.02	870.57	26,773.65
	Agricultura	83.25	2,696.04	2,1292.2	956.79	25,028.28
	Suelo desnudo	1,552.68	2,109.96	8,657.91	6,249.87	18,570.42
	Total	11,550.42	23,467.59	36,725.13	8,077.23	79,820.37

Tabla 2. Tasa de cambios de uso de suelo de 1998-2011 (hectáreas).

		2011				
		Cuerpos de agua	Matorrales dispersos	Agricultura	Suelo desnudo	Total
1998	Cuerpos de agua Cubiertas	10,334.43	345.06	649.08	221.42	11,550.42
	vegetales	5.4	20,283.48	3,134.16	44.55	23,467.59
	Agricultura	0	7,244.82	29,374.11	106.2	36,725.13
	Suelo desnudo	0	1,179.36	6,181.02	716.85	8,077.23
	Total	10,339.83	29,052.72	39,338.37	1,089.45	79,820.37

Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 33-52.

REFERENCIAS

- Alatorre, L.C., Sánchez, E., Amado, J.P., Wiebe, L.C., Torres, M.E., Rojas, H.L., Bravo, L.C., López, E. (2015). Analysis of the temporal and spatial evolution of recovery and degradation processes in vegetated areas using a time series of Landsat TM images (1986-2011): central region of Chihuahua, Mexico. *Open Journal of Forestry*, 5 (2), 162-180
- García Estarrón, E. J. (2008). *El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua*. Tijuana, B. C., México: CICESE.
- Pineda Jaimes, N. B., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., & Plata Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones*
- Rosete Vergés, F. A., Pérez Damián, J. L., & Bocco, G. (2008). Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 39-58.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 117-123.