



EVOLUCION TEMPORAL DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL PIEDEMORTE MENDOCINO EN CONTRASTE CON LA EXPANSION URBANA (1986- 2017)

Eje Temático 3: El ambiente en crisis.

Torrejón, Analía¹. López, Carlos Alberto¹. Lo Vecchio, Andrés^{1,2}. Lenzo, Luis^{1,2}.

¹Cátedra de Laboratorio de Técnicas en Geografía Física. Dpto. de Geografía-FFyL-UNCuyo.

²Dpto. de Geomática en Ambientes Fríos-IANIGLA-CONICET

INTRODUCCION

Las actividades humanas se han convertido en el principal desencadenante de las transformaciones ambientales y el crecimiento de las ciudades representan uno de los principales responsables de gran parte de esos cambios, entre ellos los que se refieren a cambios de usos del suelo (Vázquez, 2009). En efecto, las tendencias de aglomeración y expansión de las zonas urbanas suponen el uso de terrenos que en ocasiones no son aptos para este uso por sus condiciones ambientales. Este es el caso del Gran Mendoza, que según Abraham (2005) el inicio de la "urbanización" del piedemonte se remonta a la segunda mitad del siglo XX con los primeros asentamientos espontáneos que ocuparon en su mayoría tierras fiscales con alto riesgo aluvional, cerca de fallas geológicas, sin servicios básicos, y con una población proveniente del interior de la provincia, de otras provincias argentinas y de países limítrofes. En consecuencia, el objetivo de este trabajo es realizar un análisis de los cambios de cobertura del suelo producidos por la expansión urbana del Gran Mendoza hacia la zona pedemontana en el periodo 1986 - 2017 mediante el uso de imágenes satelitales en combinación con técnicas digitales de procesamiento tales como clasificaciones supervisadas. En nuestro estudio se pretende determinar las señales más firmes de cambio sistemático y ganar en comprensión sobre las coberturas sujetas a mayor presión por parte de la ciudad, sus actividades y habitantes. Por este motivo, se entrelazan procedimientos de teledetección y SIG que permiten la cuantificación y cualificación del área urbana. En efecto se arriba a una síntesis de la evolución espacio-temporal de la cubierta urbana en detrimento del desmonte de flora nativa y se plantean algunas hipótesis sobre sus posibles causas y consecuencias.

Al oeste de la ciudad de Mendoza (figura 1) se desarrolla un dilatado piedemonte que actúa como nexo entre la Precordillera y la playa, sitio donde se emplaza la mayor parte del Gran Mendoza. Por naturaleza, la génesis del piedemonte está caracterizada por la acción sistémica de procesos aluvionales y por la acción erosiva de cauces temporales que drenan caudales con origen en lluvias estacionales y en fusión nívea de ocasionales nevadas sobre precordillera dando lugar a los pedimentos o niveles pedemontanos (Bordonaro, 2012). En este sentido el piedemonte mendocino es considerado como una unidad morfoestructural en constante dinamismo y actividad. Además, el piedemonte mendocino está caracterizado por procesos neotectónicos (Moreiras et al., 2014) que están estructurando su zona distal. A este complejo sistema hay que incorporar el rol fundamental que ejercer la continua cubierta vegetal pedemontana como sostén del suelo, disipador de crecidas y regulador de la escorrentía superficial; a la vez de los innumerables servicios ecosistémicos tales como la producción de O₂ y fijación de CO₂. En efecto, el avance urbano hacia el sector pedemontano plantea un gran desafío relacionado con el manejo ambiental, el ordenamiento territorial y la gestión de riesgos.

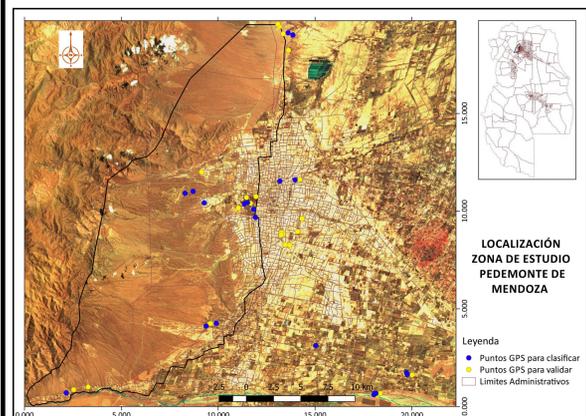


Figura 1. Localización de la zona de estudio

DATOS Y MÉTODOS

En estudios de áreas urbanas, el uso de la teledetección y los SIG ofrecen considerables ventajas para la generación, cuantificación y validación de los datos, por lo que ha sido posible definir e identificar entidades espaciales relevantes, cambios de usos de suelo, patrones de crecimiento y modelos de predicción (Kaya y Curran, 2006); (López, 2001); (Masser, 2001; Molina, 1998). Nuestro estudio propone un análisis multitemporal de la cubierta urbana y vegetal a partir del uso de imágenes LANDSAT 5, 7 y 8 en combinación con validación de campo. En primer lugar se seleccionaron las escenas a utilizar (10) (Tabla 1) entre un total de 30 imágenes descargadas (www.earthexplorer.usgs.gov) teniendo en cuenta que la fecha de adquisición fuera entre enero y febrero, de manera de eliminar cualquier cambio espectral de las cubiertas debido a la estacionalidad (por ejemplo, el contenido de clorofila de la vegetación).

ID	SATELITE	FECHA DE ADQUISICIÓN (aaaa-mm-dd)	PATH-ROW
LTS2320831986053AAZ1	LANDSAT 5	1986-02-22	232-083
LTS2320831987008XX03	LANDSAT 5	1987-01-08	232-083
LTS2320831990016CU800	LANDSAT 5	1990-01-16	232-083
LTS2320831992022CU800	LANDSAT 5	1992-01-22	232-083
LTS2320831994027CU800	LANDSAT 5	1994-01-27	232-083
LE72320832003044AG500	LANDSAT 7	2003-02-13	232-083
LTS2320832005025CU802	LANDSAT 5	2005-01-25	232-083
LTS2320832007015CU800	LANDSAT 5	2007-01-15	232-083
LCS2320832015005LGN00	LANDSAT 8	2015-01-05	232-083
LCS2320832017026LGN00	LANDSAT 8	2017-01-26	232-083

Tabla 1. Imágenes satelitales LANDSAT usadas en este trabajo

A continuación, las bandas originales de cada escena fueron transformadas a valores de reflectividad con el fin de trabajar con valores físicos de significado estándar y, en consecuencia, permitir la comparación entre escenas. Posteriormente, por cada imagen se construyó una composición falso color 5-4-2 por su gran aptitud para resaltar y discriminar la cubierta urbana de la vegetal (Kaya y Curran, 2006). Las composiciones dieron lugar a la creación de áreas de entrenamiento (AE) o testeo que posteriormente el clasificador tomó como clases patrón. Las AE se construyeron teniendo en cuenta 20 muestras de campo geo-posicionadas en sitios representativos de la cubierta urbana y vegetal, incluyendo sitios como la ciudad de Mendoza y diversos sectores del piedemonte mendocino (ver figura 1). Los píxeles seleccionados debieron ser representativos de las áreas de interés y suficientes en cantidad, en este sentido, aunque no hay una convención para determinar el número exacto de píxeles por clase, existen propuestas que hablan de un número de píxeles de entre 10 y 100 m, donde la m correspondería al número de bandas que se utilizaran para la clasificación (Chuvieco, 2002). Una vez constituidas las clases de entrenamiento se procedió a la fase de clasificación mediante el algoritmo de máxima probabilidad, el cual es el más complejo y el que demanda mayor volumen de cálculo, sin embargo, es el más empleado, por su robustez y por ajustarse con más rigor a la disposición original de los datos (Chuvieco, 1995). Finalmente, las clasificaciones obtenidas fueron contrastadas y validadas mediante la matriz de confusión y el índice Kappa a partir de 20 nuevos sitios de referencia geo-posicionados. La figura 2 muestra el esquema metodológico de procesamiento de este trabajo.

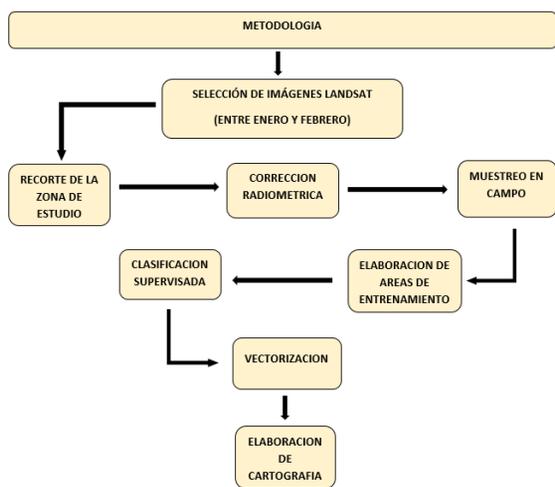


Figura 2. Resumen de la metodología empleada para el análisis de la zona de estudio

RESULTADOS Y DISCUSION

Las clasificaciones obtenidas arrojaron excelentes intervalos de confianza, donde en todos los casos superan 95% de eficacia entre lo predicho por el clasificador y la muestra de validación (tabla 2). En este sentido, es de fundamental importancia poner en valor los resultados vinculados a la confianza de las clasificaciones ya que aseguran que los posteriores análisis e interpretaciones poseen rigor.

	AÑOS									
	1986	1987	1990	1992	1994	2003	2005	2007	2015	2017
Precisión %	97,645	97,288	98,788	99,670	98,795	98,381	98,584	98,701	99,438	96,291
Coefficiente Kappa	0,9647	0,9585	0,9815	0,9949	0,9817	0,9743	0,9786	0,9802	0,9916	0,9423

Tabla 2. Resumen de valores de precisión arrojados por la matriz de confusión y el coeficiente kappa

En términos de evolución temporal (tabla 3) de coberturas vegetal y urbana se observa que ésta última duplicó su superficie inicial de 20,3km² en 1986 a 41,9km² en 2007 a una tasa promedio de 1km² por año y para el año 2017 alcanzó una extensión superior a los 47km². Por su parte, la cubierta vegetal muestra ritmos de pérdida equivalentes a los de avance del área urbana, lo que refleja la estrecha relación causa-efecto entre ambas. Un resumen de la tendencia cuantitativa puede observarse en la figura 3.

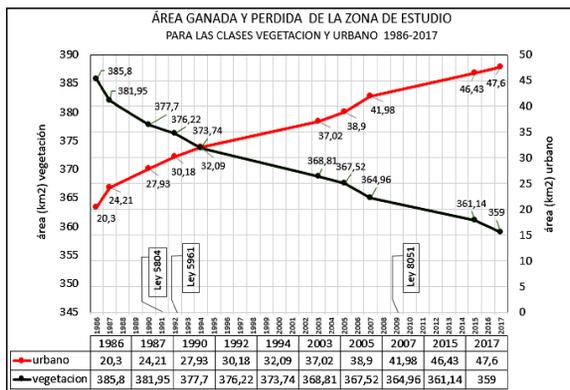


Figura 3. Evolución de las coberturas vegetal y urbana a lo largo del periodo de análisis. En las llamadas se marcan los años de sanción de leyes con incumbencias territoriales sobre el piedemonte. Año 1991: Ley 5804 de Expropiación de terrenos para conservación de sistema ecológico. Año 1992: Ley 5961 de Preservación del medio ambiente. Declaración de impacto ambiental. Año 2009: Ley 8051 de Ley 8051 de Ordenamiento territorial en Mendoza.

Clase	1986		2017		Cambio de la superficie en km ²
	km ²	%	km ²	%	
Vegetación	385,8	95	359	88	-26,8
Urbano	20,3	5	47,6	12	27,30

Tabla 3. Cambios en la superficie entre los años 1986 y 2017

En términos espaciales la distribución de los avances urbanos sobre la flora nativa no es aleatoria, por el contrario, tiene comportamientos espaciales particulares (Figura 4). En primer lugar, queremos destacar que la zona noreste del área de estudio no ha percibido cambios notorios respecto de 1986, lo cual podría explicarse por el uso del suelo que históricamente ha caracterizado a este sector como zona de extracción de áridos, presencia de cementeras y caleras y en el último tiempo la instalación de la empresa SUSTENTA, quien se encarga de procesar y depositar los residuos patológicos de gran parte de los centros de salud, hospitales y clínicas de Mendoza. Este particular uso del suelo ha llevado a que sea definido como zona industrial nociva por el departamento de Las Heras. Otro sector de interés tiene que ver con la zona centro-este del área de estudio que corresponde con el margen occidental del gran Mendoza en los departamentos de Capital y Godoy Cruz. En este sector, debido a la imposibilidad de expansión hacia cualquier otro punto cardinal, la respuesta inmediata se ha efectivizado hacia el oeste, dando lugar a barrios privados del tipo condominio como DALVIAN o PALMARES VALLEY como así también la profundización de asentamientos espontáneos como LA FAVORITA. Por su parte, el avance urbano en la porción pedemontana bajo administración del departamento de Luján de Cuyo muestra dos patrones distintivos: a) expansión a lo largo del eje del río Mendoza y b) aparición de barrios con geometría lineal que nacen en la ruta Panamericana y se extienden aguas arriba en el sentido del piedemonte. Según Mesa (2014), éstos tienen origen en la inexistencia de lineamientos claros desde los organismos de gestión, desarrollándose como islas residenciales, producto de loteos desarticulados de un plan general del área, con manzanas de forma variable, de proporción y orientaciones distintas, sin favorecer la continuidad del trazado de las calles, dificultado así la interconexión entre los mismos y su conexión con los distintos sectores de la ciudad. Finalmente, una última expresión de avance urbano sobre el área pedemontana tiene que ver con la aparición de parches residenciales en la zona limítrofe entre la precordillera y el piedemonte, planteándose la hipótesis de intereses vinculados a la captura de caudales en los sitios donde la escorrentía superficial pierde el confinamiento controlado por la estructura precordillerana.

Una síntesis del periodo de estudio se observa en la figura 5.

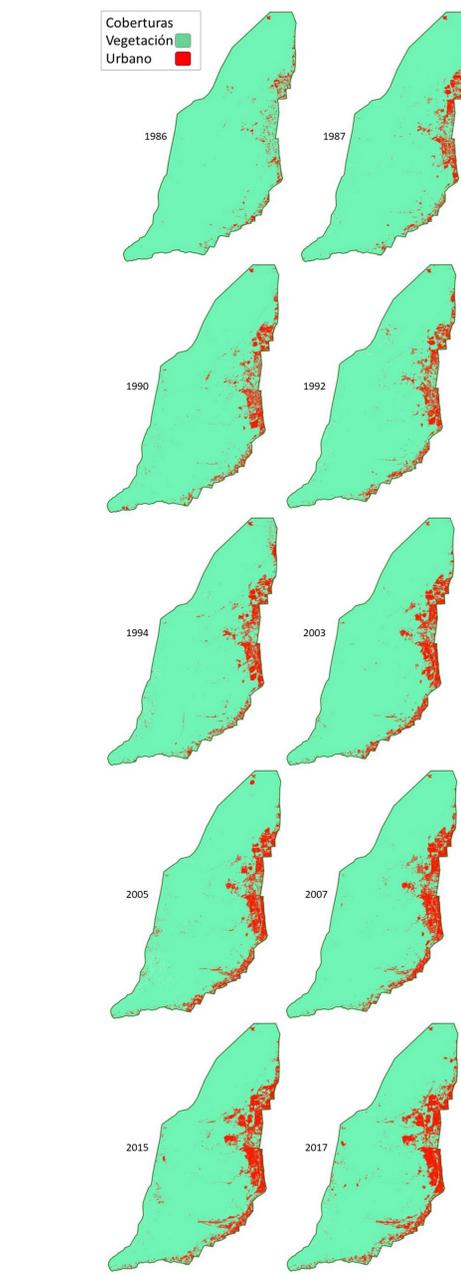


Figura 4. Evolución espacio-temporal de las cubiertas urbano y vegetal durante el periodo 1986-2017

En resumen, la cuestión vinculada a la expansión urbana hacia el piedemonte mendocino plantea varios puntos de debate y se presenta como un tópico que debe ser abordado en la inmediatez. En este sentido, estudios como el de Mikkan (2007) dan cuenta de la historia aluvional de la ciudad de Mendoza y la importancia de entender el funcionamiento de estos procesos y posteriormente trabajar sobre aspectos relacionados con la planificación, ordenamiento territorial y en estrategias para mitigar los potenciales impactos vinculados a las amenazas dominantes.

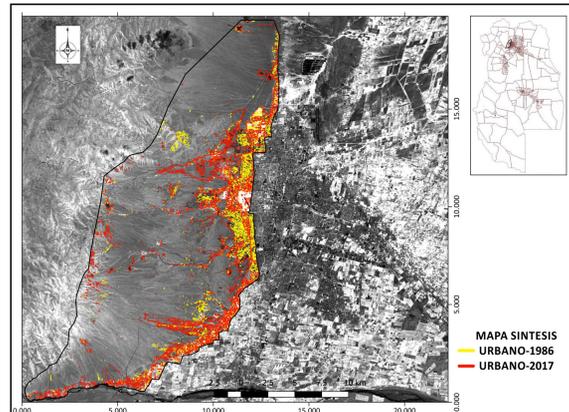


Figura 5. Síntesis del periodo de estudio

CONCLUSION

en el medio ambiente requiere que nuevos análisis y metodologías se acerquen más a detalle a la realidad. Considerar el avance urbano hacia el piedemonte debe ser analizado de manera interdisciplinaria, con debates serios para el bienestar general de la población en su conjunto. La metodología empleada en este trabajo, a partir de la combinación de técnicas en Teledetección, SIG ha señalado su potencial para estudios en los que se involucren los cambios de usos de suelo, ya que no sólo permite obtener imágenes categorizadas de las coberturas, sino que permite observar su dinámica a diferentes niveles de detalle, para con ello ganar en comprensión sobre las diferentes coberturas que se están interrelacionando. Para estudios futuros pensando en avanzar con el análisis estadístico de crecimiento, es necesario incursionar en metodologías más avanzadas de modelos normativos o predictivos que ayuden a comprender a través de los SIG el comportamiento de distintas coberturas para la planificación urbana.

REFERENCIAS PRINCIPALES

- Mikkan, R.(2007). Aguas salvajes: El problema aluvional de la ciudad de Mendoza, Argentina, FFYL UNCuyo
- Chuvieco, E. (2002), teledetección espacial. la observación de la Tierra desde el espacio, Ariel, Barcelona.
- Vázquez, V. (2007), Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de México 1990-2000, versión impresa ISSN 01884611