

Dinámica del uso del suelo en el Valle Antinaco Los Colorados, en el período 1976/2018

Recalde, Darío Jesús^{1,2}, Zerda, Hugo Raúl³, Maldonado, Francisco Darío⁴, Winschel, Cristina Inés⁵

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Estación Experimental Agropecuaria Chilecito Ruta de La Producción Km 7, CP 5360, Chilecito, La Rioja.

² Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR) – Sede Universitaria Regional Chamental. Castro Barros N° 557, CP 5380, Chamental, La Rioja.

³ Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) - Facultad de Ciencias Forestales. Av. Belgrano (s) 1912, 4200 Santiago del Estero

⁴ Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER). Avda. Ramírez 1143, CP 3100, Paraná Entre Ríos.

⁵ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi, Ruta 3 Km 794, B8142 Hilario Ascasubi, Buenos Aires.
recalde.dario@inta.gob.ar.

Resumen. El objetivo del trabajo fue caracterizar espacial y temporalmente la dinámica de la agriculturización en el Valle Antinaco Los Colorados, en la Provincia de La Rioja, República Argentina. Se usó una metodología basada en fotointerpretación de imágenes Landsat 2, 5 y 8, donde se analizaron cinco momentos 1976, 1986, 1996, 2006, y 2018. Para evaluar la dinámica espacial y temporal de cambios se clasificaron tres tipos de coberturas (áreas agrícolas, suelos desnudos y vegetación natural) y con el fin de realizar valoraciones más completas de los cambios más significativos ocurridos en el territorio el método emplea el análisis de matriz de tabulación cruzada a diferentes niveles para distinguir aquellos cambios producto de transiciones más frecuentes. A partir de las cuales se obtuvieron como resultado un cambio neto de áreas de vegetación natural entre 1976/1986: 1.400ha, 1986/1996: 3.601ha, 1996/2006: 6.711ha y 2006/2018: 11.795ha; de suelo sin vegetación entre 1976/1986: 50ha, 1986/1996: 838ha, 1996/2006: 505ha y 2006/2018: 1.128ha y de tierras agropecuarias entre 1976/1986: 1.350ha, 1986/1996: 2.760ha, 1996/2006: 6.206ha y 2006/2018: 10.623ha. Se puede concluir que el ítem con mayores pérdidas es la de “Áreas con vegetación natural”, que presenta una merma constante de superficie frente a las otras dos categorías.

Palabras claves: Agriculturización, Uso y cobertura de suelo, Antinaco Los Colorados, Análisis multitemporal.

1 Introducción

El proceso de “agriculturización” es el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas asociado a cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera agropecuaria y la tendencia de la agricultura hacia el desarrollo de producciones orientadas al monocultivo.

En esta línea, Hinojosa Castro y Plata Rocha (2015), mencionan que el cambio de uso de suelo a nivel mundial para cultivos, pastizales, plantaciones y áreas urbanas se ha expandido en las últimas décadas. Asimismo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) presentó en 2018 el informe sobre “El Estado de los Bosques del Mundo” y reveló que América Latina es una de tres regiones donde continúa la deforestación.

Cabe mencionar que entre 2010 y 2015, Argentina fue uno de los 10 países con la tasa de deforestación más alta del mundo: cada año desaparecía el 1,1 % de su superficie boscosa. Actualmente, ese índice bajó a la mitad y es del 0,5 %, pero sigue siendo alto si se lo compara con el promedio mundial, que es del 0,08 % (FAO, 2018).

En este ámbito, las zonas más afectadas del mundo son las de tierras áridas y semi-áridas, que cubren el 47% de la superficie terrestre (Gutman, 1988), aquí es donde toman relevancia los oasis bajo riego que a menores escalas no han sido la excepción y que también han sufrido deforestación en pos de habilitar tierras para la agricultura, sobre todo cultivos de importancia local/regional, tales como Olivo, Nogal y Vid en el Valle Antinaco- Los Colorados.

En el Valle Antinaco Los Colorados existe una alteración permanente en los bosques nativos que data de aproximadamente 1850, con una historia de explotación de leña para abastecer al ferrocarril, a la demanda minera del cerro Famatina a principios de siglo XX y madera para estructura de viñedos, determinando un gran detrimento local en la vegetación del valle, profundizada en los parches agrícolas desde finales de los años sesenta y que ha progresado hasta nuestros días (Rojas, et al., 2014).

A partir de 1968 comenzó una notable ampliación de la superficie cultivada del departamento Chilecito a través de un programa de colonización. El mismo habilitó 6.658 nuevas hectáreas (ha) distribuidas a lo largo del Valle de Antinaco – Los Colorados en diferentes etapas. La superficie cultivada del departamento Chilecito era de 3094 ha en 1969 produciéndose un crecimiento paulatino hasta superar 6000 has en 1988 (Cubiló et al., 2015).

Asimismo, este proceso tuvo una particular dinámica a partir de los efectos producido por la Ley Nacional de Desarrollo Económico N° 22.021 implementada en la Provincia de La Rioja en el período comprendido entre 1980 y 2009, en los sectores industrial, agropecuario y turístico (Pedraza, 2014). En los últimos tiempos el avance vitivinícola y olivícola motivado, entre otras razones, por el dinamismo del precio de las exportaciones agroindustriales y las leyes de diferimiento impositivo, impulsaron un avance de la frontera agropecuaria sobre importantes áreas de bosque de estos territorios (Rojas, et. al., 2014. Cubiló, et. al., 2015).

En este ámbito, toma importancia caracterizar la cobertura terrestre, el uso del suelo y sus cambios espacio-temporales, para entender cuáles son sus fuerzas conductoras, así como sus consecuencias, especialmente, en el contexto de los cambios ambientales

globales, aquí es donde los datos de teledetección son particularmente útiles, estas técnicas se han convertido en alternativas viables a los métodos convencionales de levantamiento y mapeo en tierra Boori y Voženílek (2014).

De esta manera, estos datos proporcionan información multitemporal valiosa de los procesos y patrones de cambio de la cobertura del suelo, en este contexto los sistemas de información geográfica son útiles para mapear y analizar estos patrones.

Teniendo en cuenta lo mencionado y que no hay registros de estudios directamente relacionados a la detección espacial de la evolución de la agriculturización en el valle Antinaco Los Colorados, es de importancia regional y provincial la determinación del avance de la agricultura que sirva como base para estudios posteriores del uso y cobertura de suelo.

El trabajo se desarrolla hasta el año 2018 siendo este año un punto de inflexión marcado por los altos costos de producción en el valle, lo cual determina un freno en el avance de la agricultura con un incipiente abandono de tierras de cultivo.

El objetivo fue caracterizar espacial y temporalmente la dinámica de la agriculturización en el Valle Antinaco Los Colorados, ocurrida entre 1976 y 2018, que sirvan como insumo o herramienta de planificación y ordenamiento para los tomadores de decisiones.

2 Área de estudio

La base del estudio fue el Valle Antinaco Los Colorados, en la Provincia de La Rioja, este valle posee una superficie aproximada de 7.500 km² y se localiza al oeste de la mencionada provincia, tiene una extensión aproximada de Norte a Sur de 150 Km, mientras que de Este a Oeste ronda los 65 km (Figura 1) Está enmarcado por dos cadenas montañosas paralelas con dirección predominante Norte – Sur, siendo la Sierra del Velasco (4.100 msnm) al este y la Sierra del Famatina (6.100 msnm) al oeste. El clima del valle es desértico, seco, cálido y con notable amplitud térmica anual. Las lluvias son escasas concentrando el 75% de las mismas en el verano (diciembre - marzo), con una marcada estación seca en invierno. Los promedios anuales de precipitación oscilan entre 100 y 200 mm y los máximos y mínimos promedios de temperaturas son 25°C y 10°C, respectivamente (Varela et al., 2010). Los principales ríos que surcan el valle provienen de la Sierra de Famatina.

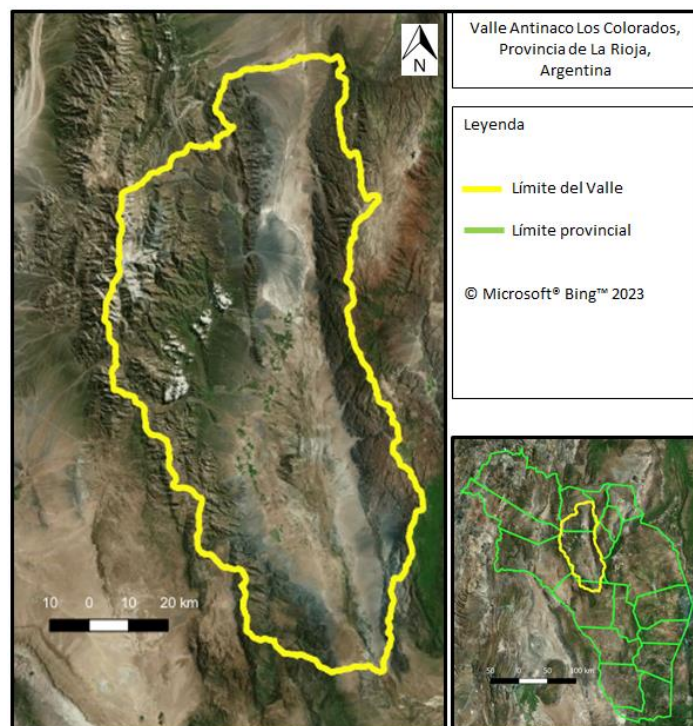


Fig 1. Ubicación del Valle Antinaco Los Colorados en la Provincia de La Rioja
Fuente: Elaboración propia

Fitogeográficamente se localiza en la región del Monte, la cual abarca alrededor de 460.000 km² (Morello, 1958; Cabrera, 1976), y está ubicada dentro de la zona árida templada argentina, extendiéndose desde los 24° 35' hasta los 44° 2' S y desde los 62° 54' a los 69° 5' O (Roig, et al., 2009).

Esta unidad se extiende desde la provincia de Salta al norte, las zonas centrales de las provincias de Tucumán, Catamarca y La Rioja, las zonas centro-orientales de las provincias de San Juan, Mendoza y del Neuquén, centro-oeste de La Pampa, nordeste de las provincias de Río Negro y del Chubut, el extremo sur de Buenos Aires y el extremo sudoeste de San Luis. El clima de esta unidad está caracterizado por la escasa variación de temperatura de norte a sur y por la aridez, ya que las precipitaciones no superan los 200 milímetros anuales. La vegetación predominante es la estepa de tipo arbustiva xerófila y halófila, acompañada, en algunas áreas donde la napa freática es poco profunda, por bosques de algarrobos. Las especies más características son las jarillas y el retamo.

Como han mencionado Le Houérou (1999) y Abraham et al. (2009), el oeste de la provincia de La Rioja es considerado una zona árida que depende del aporte nivoglacial de los ríos que descienden de las montañas que circundan el Valle Antinaco - Los Colorados y del agua subterránea que se ha acumulado progresivamente a partir de la misma fuente, para el desarrollo agrario y otras actividades sociales (Rojas et al., 2014).

3 Metodología

El trabajo se realizó a partir de estudios cuantitativos y descriptivos, basados en un análisis multitemporal y de cartografía digital (Volante, 2014; Winschel, 2017; Fan et al., 2008; Boori, Voženilek, 2014). Para ello se observó la dinámica de los principales cultivos del área por medio de la cuantificación y distribución espacial de la expansión de la superficie cultivada y los desmontes para agricultura.

En el análisis del avance de la agriculturización se determinó la dinámica de cambios ocurrida en la cubierta biofísica del suelo desde 1976 hasta 2018. Para ello se realizaron mapas temáticos del área de estudio de 1976 y 2018 en una escala de trabajo 1:100.000 y con una superficie mínima mapeable 16ha.

Las imágenes satelitales utilizadas del año 1976 fueron obtenidas por el Satélite Landsat 2 que llevaba a bordo el sensor MSS (Multi-spectral Scanner Sensor). En tanto que las perteneciente a los años 1986, 1996 y 2006 fueron obtenidas por el sensor TM (Thematic Mapper), del satélite Landsat 5; mientras que la imagen de 2018 fue obtenida por el sensor OLI (Operational Land Imager) del satélite Landsat 8. Todas se descargaron del sitio del United States Geological Survey <https://earthexplorer.usgs.gov/>, en este sitio web se conseguían imágenes Landsat Collection1 Level-1 y Landsat Collection1 Level-2 (on demand).

En el caso de Level-1, que significa calibrado radiométricamente y ortorrectificado utilizando puntos de control terrestre (GCP) y datos del modelo de elevación digital (DEM) para corregir el desplazamiento del relieve. Estos productos de nivel 1 son de la más alta calidad, adecuados para análisis de series de tiempo a nivel de píxeles (USGS, 2019). Pero igualmente le falta la corrección radiométrica y atmosférica, de este tipo son las obtenidas para el año 1976.

En tanto que para las imágenes Landsat 5 y 8 el Servicio Geológico de EE. UU. (USGS) ofrece a pedido, productos de reflectancia superficial que proporcionan una estimación de la reflectancia espectral de la superficie tal como se mediría a nivel del suelo en ausencia de dispersión o absorción atmosférica. La interfaz bajo demanda de EROS Science Processing Architecture (ESPA) corrige imágenes de satélite para efectos atmosféricos para crear productos de datos de Level-2, para lograr esto, se aplican algoritmos de calibración radiométrica y corrección atmosférica a los productos de datos Landsat level 1.

4 Procesamiento y análisis de datos

A las imágenes de 1976 obtenidas con nivel de procesamiento 1, se les aplicó la corrección DOS (Dark Object Subtraction) o substracción de objeto oscuro, utilizando el complemento Semi-Automatic Classification (SCP) en QGIS (Chávez, 1996) y explica que la suposición básica es que en la imagen algunos píxeles están completamente en sombra, y sus radiancias recibidas en el satélite se deben a la dispersión atmosférica (efecto bruma). Esta suposición es combinada con el hecho de que muy pocos elementos en la superficie de la Tierra tienen un color negro absoluto, por lo tanto, una reflectancia asumida de uno por ciento es mejor que un cero por ciento. Es importante

mencionar que la exactitud de las técnicas basadas en imagen es generalmente menor que las correcciones basadas en medidas físicas, pero son muy útiles cuando no están disponibles mediciones atmosféricas que puedan mejorar la estimación de la reflectancia de la superficie terrestre (Sobrino, et al., 2004).

Luego de las correcciones, con el software QGIS y sus software asociado, SAGA GIS y GRASS GIS se realizaron los mosaicos de imágenes, año por año, para posteriormente efectuar el corte a nivel cuenca utilizando como molde la capa vectorial de la cuenca obtenida previamente.

Teniendo en cuenta que la resolución espacial de las imágenes Landsat MSS de 1976 conseguidas es de 60 m, se realizó un remuestreo a 30 m para hacerlas compatibles con las imágenes de los sensores TM y OLI, utilizando el método de vecino más cercano, bajo este método se eligen aquellos píxeles cuya distancia entre su centro y el punto localizado en la nueva imagen sea el menor. Los valores de celdas del nuevo ráster son valores iguales al ráster inicial, por lo que no se generan nuevos datos o valores intermedios. Al no generar valores medios o derivados de los originales, este tipo de interpolación puede ser recomendable cuando se trabaja ráster de atributos cualitativos y no cuantitativos. Por ejemplo, para capas basadas en temáticas de usos de suelo en lugar de capas vinculadas con densidades, altitudes o cualquier otro aspecto numérico (Cover, Hart, 1967).

A partir de los mosaicos de imágenes cortados, se realizaron 5 mapas temáticos del área de estudio con un espaciamiento temporal de 10 años y 12 años el último período (1976, 1986, 1996, 2006, 2018) en una escala de trabajo 1:100.000.

Los mapas describen tres grandes categorías de coberturas de suelo adoptando el criterio de clasificación del Land Cover Classification System (LCCS) de la FAO: a) Áreas con vegetación natural, cobertura del suelo que comprende los tipos fisonómicos de pastizales, arbustales y bosques en sus distintas expresiones y estados; b) Suelos sin vegetación, que engloba áreas naturales (Ej.: salinas, playas de río, suelo desnudo y ambientes acuáticos) y artificiales (Ej.: peladares peridomésticos o "puestos", áreas urbanas, construcciones y caminos); y por último c) Tierras agropecuarias, son aquellas transformaciones evidentes del paisaje natural realizadas con fines de producción agropecuaria (Di Gregorio y Jansen, 2000).

Los mapas de tres categorías se elaboraron a partir de clasificaciones visuales de mosaicos de imágenes del satélite. Las clasificaciones se realizaron siguiendo la aproximación metodológica utilizada por Cohen et al. (1998, 2002), basada en clasificaciones digitales y visuales de imágenes derivadas de transformaciones Tasseled Cap (Kauth y Thomas, 1976; Crist y Cicone, 1984). Esta metodología mostró ser eficiente para detectar cambios en la cubierta vegetal producida por grandes perturbaciones tales como deforestación, fuego o remoción total de la vegetación natural, y se basa en el supuesto relevante de que, el ruido asociado con las diferencias radiométricas entre imágenes de diferentes fechas es mínimo, en relación a la señal producida por la remoción o reemplazo del bosque por otro tipo de cubierta (Cohen et al., 1998, 2002).

Para minimizar el registro de cambios atribuibles a diferencias fenológicas, los mosaicos se construyeron con escenas de la misma época del año (entre Octubre y Noviembre, salvo la imagen de 1976 que pertenece a Marzo, por ser la de mejor calidad conseguida luego de investigar en varias plataformas).

La interpretación visual comenzó a partir de la detección de parcelas agropecuarias superiores a 16 ha sobre el mosaico del año 1976, utilizando combinación de bandas en falso color 4-5-3 (R-G-B) para maximizar el contraste entre la vegetación natural y las áreas desmontadas o suelo desnudo (Chuvienco, 2002). El mapa obtenido se comparó con el mosaico del período inmediato posterior (1986) y se detectaron las parcelas correspondientes a ese período y así sucesivamente hasta finalizar con los 5 mapas de Tierras agropecuarias Siguiendo la aproximación metodológica realizada por Cohen et al. (1998, 2002), a cada mosaico MSS, TM y OLI se le aplicó la transformación de Tasseled Cap (Kauth y Thomas, 1976; Crist y Cicone, 1984), la que reduce la información original de 6 bandas expresada en niveles digitales, a 3 bandas con significado biofísico, brillo, verdor y amarillo en productos MSS, mientras que en los productos TM y OLI expresan brillo; verdor y humedad, que resultan muy útiles para la detección de coberturas vegetales y suelo desnudo.

Posteriormente, utilizando SCP en QGIS, se realizaron los análisis de cambio de cobertura de suelos, obteniendo como producto los mapas y las matrices de cambio de usos.

La manera más práctica de analizar los cambios de uso de suelo es realizar mapas del tiempo 1 y del tiempo 2; A partir de estos mapas de variación de categoría de cobertura de suelo de los años 1976 y 2018 se desarrolla una matriz de tabulación cruzada con el objeto examinar la transformación para identificar las transiciones más importantes; y luego investigar los procesos que generan esas transiciones. La matriz tradicional de tabulación cruzada o matriz de transición sigue el formato de la Tabla 1, donde las filas muestran las categorías del tiempo 1 y las columnas muestran las categorías del tiempo 2. La notación P_{ij} denota la proporción del paisaje que experimenta una transición de la categoría i a la categoría j donde el número de categorías es J . Las entradas en la diagonal indican persistencia, por lo que P_{jj} denota la proporción del paisaje que muestra la persistencia de la categoría j . Las entradas fuera de la diagonal indican una transición de la categoría i a una categoría j diferente. En la columna Total, la notación P_{i+} denota la proporción del paisaje en la categoría i en el tiempo 1, que es la suma de todos los j de P_{ij} . En la fila Total, la notación P_{+j} denota la proporción del paisaje en la categoría j en el tiempo 2, que es la suma de todos los i de P_{ij} . Usualmente las matrices de tabulación cruzada ofrecen información hasta este punto, no obstante, los análisis llevados a cabo con estos datos podrían llevar a entendimientos erróneos acerca de la dinámica de los cambios de uso del suelo. Por este motivo, se agrega información adicional para ganar en un conocimiento más profundo concerniente a los procesos potenciales que determinan un patrón de cambio de cobertura del suelo. (Pontius et al., 2004).

Tabla 1. Modelo de matriz de transición usada para la comparación de cambios de usos de suelo

Tiempo 1	Tiempo 2					6	7
	1	2	3	4	5		
1		<i>Clase 1</i>	<i>Clase 2</i>	.....	<i>Clase n</i>	<i>Total T1</i>	<i>Pérdidas (L_{ij})</i>
2	<i>Clase 1</i>	P_{11}	P_{12}	.....	P_{1n}	P_{1+}	$P_{1+} - P_{11}$
3	<i>Clase 2</i>	P_{21}	P_{22}	.....	P_{2n}	P_{2+}	$P_{2+} - P_{22}$
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	<i>Clase n</i>	P_{n1}	P_{n2}	.....	P_{nn}	P_{n+}	$P_{n+} - P_{nn}$
6	<i>Total T2</i>	P_{+1}	P_{+2}	.....	P_{+n}	P	
7	<i>Ganancias (G_{ij})</i>	$P_{+1} - P_{11}$	$P_{+2} - P_{22}$	.....	$P_{+n} - P_{nn}$		

Fuente: Pontius et al., 2004.

De esta manera, la fila 7, denominada ganancia bruta (G_{ij}), indica la proporción del paisaje que experimentó un aumento entre el tiempo 1 y el tiempo 2, es decir, la diferencia entre la columna de totales de la fila 6 y lo que permaneció estable. En lo que respecta a la columna 7, ésta corresponde a la pérdida bruta (L_{ij}) que tuvo cada categoría entre T1 y T2, es decir, la diferencia entre Total T1 y los valores de la diagonal principal.

Es posible analizar los cambios producidos en el área de estudio, por medio de los índices propuestos por Pontius et al. (2004):

Pérdidas brutas por categoría: Total de la categoría para el periodo Tiempo 1 menos la persistencia de esa misma categoría (Ecuación 1).

$$L_{ij} = P_{i+} - P_{jj} \tag{1}$$

Ganancias brutas por categoría: Total de la categoría para el periodo Tiempo 2 menos la persistencia de la misma categoría (Ecuación 2).

$$G_{ij} = P_{+j} - P_{jj} \tag{2}$$

Cambio neto total: Valor absoluto de la variación neta para todas las categorías j. Denota el máximo de la ganancia y la pérdida menos el mínimo de la ganancia y la pérdida. Es el cambio después de que todas las pérdidas y ganancias se han compensado para calcular la cantidad de Intercambios. Una forma sencilla de cálculo es, la diferencia entre los valores totales de cada categoría en cada periodo de estudio (Ecuación. 3).

$$D_j = \text{MAX}(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) - \text{MIN}(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) = |P_{+j} - P_{i+}| \tag{3}$$

$$D_j = |T_2 - T_1|$$

Intercambio total: denotado como S_j, son dos veces el mínimo de las ganancias y las pérdidas de todas las categorías j. Cada celda (pixel) que gana se empareja con una

celda que se pierde y se crea un par de celdas que permutan o intercambian (Ecuación 4).

$$S_j = 2 \times \text{MIN}(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \quad (4)$$

Cambio total o bruto por categoría: se puede expresar como la suma de la variación neta y el intercambio o la suma de las ganancias y pérdidas (Ecuación 5).

$$P_j = D_j + S_j = \text{MAX}(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) + \text{MIN}(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \quad (5)$$

5 Resultados y discusión

Producto de la metodología aplicada con imágenes de satélite y SIG, se obtuvieron cinco mapas con las coberturas de suelo para 1976, 1986, 1996, 2006 y 2018, los cuales representarían la base para el análisis de cambios ocurridos por efecto de la agriculturización (Figura 2). En los cuales se puede ver el aumento y distribución de las Tierras agropecuarias para cada período en estudio.

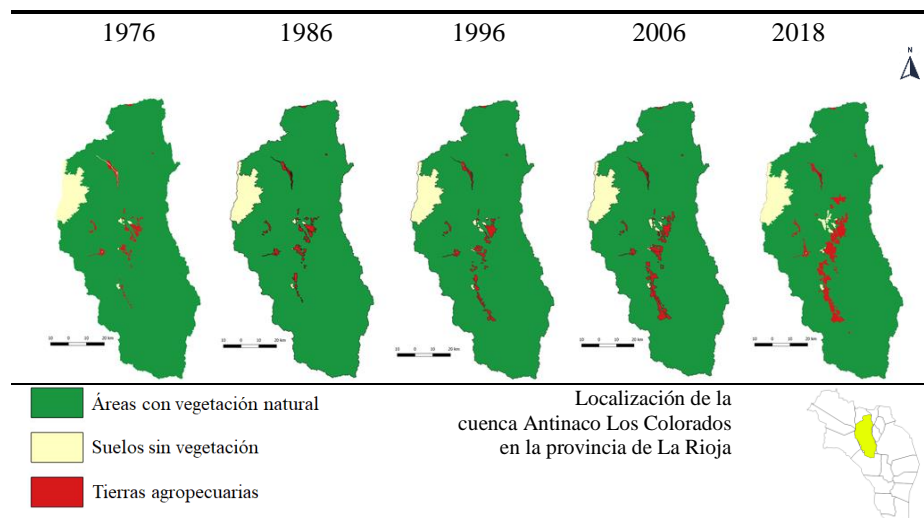


Fig 2. Mapas resultantes de los cambios de usos y coberturas de años 1976, 1986, 1996, 2006 y 2018

Fuente: Elaboración propia

Un segundo resultado fueron las matrices de transición, de ellas se obtuvo la cantidad de superficie que ocupa cada una de las categorías en los años respectivos, además de las persistencias, los intercambios entre clases y las ganancias y pérdidas totales para cada una de ellas.

En las tablas a continuación, se presentan los valores transición obtenidos de las matrices. Donde de áreas de vegetación natural se expresa como 1; suelo sin vegetación 2 y tierras agropecuarias 3.

Tabla 2. Valores de transición, expresada en ha., para el período 1976/1986

	<i>Sup.</i> 1976	<i>Sup.</i> 1986	<i>Dif.</i> 1976/1986	<i>Ganan-</i> <i>cias</i>	<i>Pé-</i> <i>rdidas</i>	<i>Inter-</i> <i>cambio</i>	<i>Cambio</i> <i>Neto</i>	<i>Cambio</i> <i>Total</i>
1	729685.44	728285.04	-1400.40	402.12	1802.52	3605.04	-1400.40	2204.64
2	34872.39	34922.61	50.22	122.13	71.91	143.82	50.22	194.04
3	10824.57	12174.75	1350.18	1724.85	374.67	749,34	1350,18	2099,52

Tabla 3. Valores de transición, expresada en ha., para el período 1986/1996

	<i>Sup.</i> 1986	<i>Sup.</i> 1996	<i>Dif.</i> 1986/1996	<i>Ganan-</i> <i>cias</i>	<i>Pé-</i> <i>rdidas</i>	<i>Inter-</i> <i>cambio</i>	<i>Cambio</i> <i>Neto</i>	<i>Cambio</i> <i>Total</i>
1	728288.28	724687.20	-3601.08	1247.67	4848.75	9697.50	-3601.08	6096.42
2	34922.25	35760.69	838.44	1010.16	171.72	343.44	838,44	1181,88
3	12174.75	14934.51	2759.76	4388.67	1626,03	3254,94	2759,76	6014,70

Tabla 4. Valores de transición, expresada en ha., para el período 1996/2006

	<i>Sup.</i> 1996	<i>Sup.</i> 2006	<i>Dif.</i> 1996/2006	<i>Ganan-</i> <i>cias</i>	<i>Pé-</i> <i>rdidas</i>	<i>Intercam-</i> <i>bio</i>	<i>Cambio</i> <i>Neto</i>	<i>Cambio</i> <i>Total</i>
1	724622.31	717911.37	-6710.94	1445.85	8156.79	16313.58	-6710.94	9602.64
2	35825.22	36330.12	504.90	592.11	87.21	174.42	504.90	679.32
3	14934.51	21140.91	6206.40	7685.55	1479,51	2958,66	6206,40	9165,06

Tabla 5. Valores de transición, expresada en ha., para el período 2006/2018

	<i>Sup.</i> 2006	<i>Sup.</i> 2018	<i>Dif.</i> 2006/2018	<i>Ganan-</i> <i>cias</i>	<i>Pérdidas</i>	<i>Inter-</i> <i>cambio</i>	<i>Cambio</i> <i>Neto</i>	<i>Cambio</i> <i>Total</i>
1	718333.02	706538.07	-11794.95	1099.62	12894.57	25789.14	-11794.95	13994.19
2	35952.84	37080.72	1127.88	1470.78	342.90	685.80	1127.88	1813.68
3	21140.91	31763.61	10622.70	11734.38	1067,31	2178,99	10622,70	12801,69

De las tablas se puede extraer que los valores netos de cambio fueron los siguientes: para las áreas de vegetación natural entre 1976/1986: 1.400ha, 1986/1996: 3.601ha, 1996/2006: 6.711ha y 2006/2018: 11.795ha; de suelo sin vegetación entre 1976/1986: 50ha, 1986/1996: 838ha, 1996/2006: 505ha y 2006/2018: 1.128ha y de tierras agropecuarias entre 1976/1986: 1.350ha, 1986/1996: 2.760ha, 1996/2006: 6.206ha y 2006/2018: 10.623ha.

Asimismo, en las figuras a continuación se presentan gráficamente las pérdidas y ganancias netas de las categorías definidas.

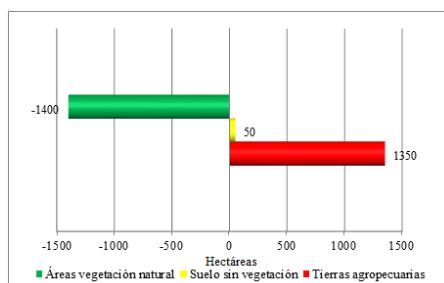


Figura 3. Cambios Netos período 1976/1986

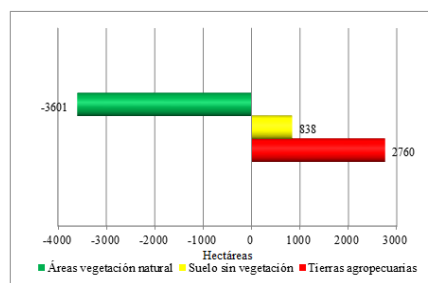


Figura 4. Cambios Netos período 1986/1996

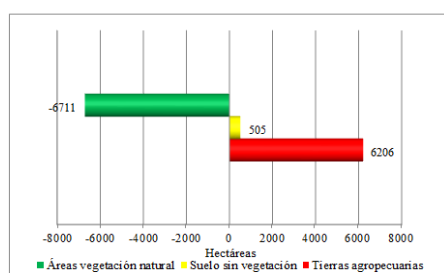


Figura 5. Cambios Netos período 1996/2006

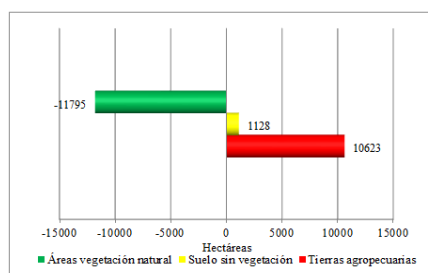


Figura 6. Cambios Netos período 2006/2018

En estas figuras, se puede ver la disminución de la superficie de área natural en los sucesivos períodos del estudio. Así como también se nota la variación del área de suelo sin vegetación. Mientras que el área ocupada por la categoría Tierras Agropecuarias, presenta un aumento constante.

6 Conclusiones y Recomendaciones

Se puede concluir que desde 1976 hay un aumento permanente de la superficie ocupada por “Tierras agropecuarias”, sin embargo y tras ver la evolución de las tres categorías, se puede mencionar que hubo cambios tanto con pérdidas de esta clase en beneficio de “Suelo sin vegetación”; así como también de “Suelo sin vegetación” en beneficio de “Tierras agropecuarias”; aunque se visualiza que el ítem con mayores pérdidas es “Áreas con vegetación natural”, que presenta una merma constante de superficie frente a las otras dos categorías.

Sería de interés la continuación del trabajo mediante metodologías emergentes, para determinar abandono de tierras y otros cambios de usos de suelos que pudieran haberse realizado en los años posteriores a los incluidos en este estudio.

References

1. Abraham, E. Del Valle H. Roig, F. Torres, L. Ares, J. Coronat, F. Godagnone, R. Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina), en: *Journal of Arid Environments*, 73, 144–153. (2009).
2. Boori M. Voženilek, V. Remote Sensing and Land Use/Land Cover Trajectories. *J Geophys Remote Sensing* 3: 123. doi:10.4172/2169-0049.1000123. (2014).
3. Cabrera, A. Regiones fitogeográficas argentinas. Buenos Aires, Editorial Acme. (1976).
4. Chávez, J. Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 62. 1025-1036. (1996).
5. Chuvieco, E. Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Barcelona, España. (2015).
6. Cohen, W. Fiorella, M. Gray, J. Helmer, E. Anderson, K. An efficient and accurate method for mapping forest clearcuts in the Pacific Northwest using Landsat imagery. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 64(4): 293–300. (1998).
7. Cohen, W. Spies, T. Alig, R. Oetter, D. Maiersperger, T. Fiorella, M. Characterizing 23 Years (1972-95) of Stand Replacement Disturbance in Western Oregon Forests with Landsat Imagery. *Ecosystems* 5(2): 122–137. (2002).
8. Cover, T.; Hart, P. Nearest neighbor pattern classification, in *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 13, no. 1, pp. 21-27, doi: 10.1109/TIT.1967.1053964. (1967).
9. Crist, E. Cicone, R. A physically-based transformation of thematic mapper data - the TM Tasseled Cap. *IEEE Trans Geosci Remote Sensing* 22: 256–263. (1984).
10. Cubiló, M. López, T. Cano, R. Recchioni, L. La agricultura campesina y empresarial en el Valle Antinaco – Los Colorados de la Provincia de La Rioja. ARTÍCULOS - Abordajes UNLaR – ISSN 2346-8998. – Volumen 1 – Número 5 - Primer Semestre. La Rioja. Argentina. (2015).
11. Di Gregorio, A. Jansen, L. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts And User Manual. FAO Environment and Natural Resources Service Series, No. 8 – FAO, Rome. (2000).
12. Fan, F. Wang, Y. Wang, Z. Temporal and spatial change detecting (1998-2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images. *Environmental monitoring and assessment*. 137. 127-47. 10.1007/s10661-007-9734-y. (2008).
13. FAO. El estado de los bosques del mundo - Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. (2018).
14. Foley, A. DeFries, R. Asner, G. Barford, C. Bonan, G. Carpenter, S. Chapin, S. Coe, M. Daily, G. Gibbs, H. Helkowski, J. Holloway, T. Howard, E. Kucharik, C. Monfreda, C. Patz, J. Prentice, I. Ramankutty, N. Snyder, P. Global Consequences of Land Use. *Science* (New York, N.Y.). 309. 570-4. 10.1126/science.1111772. (2005).
15. Gutman, P. Desarrollo rural y medio ambiente en América Latina. Ediciones Centro Editor de América Latina. Buenos Aires, Argentina. 136p. (1988).
16. Hinojosa Castro, G. Plata Rocha, W. Change Analysis of Land Use and Urban Growth in the Municipalities of Culiacan and Navolato, Sinaloa, Mexico Using Statistical Techniques and GIS" published by *Journal of Geographic Information System*, Vol.7 No.6. (2015).
17. Kauth, R. Thomas, G. The Tasseled Cap. A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. p. 13. In *Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. LARS Symposia. Data; 6 June–2 July 1976. West Lafayette. Purdue University, Indiana.* (1976).

18. Lambin, E., Geist, H., Rindfuss, R. Introduction: local processes with global impacts. In: Lambin, E.F. and H. J. Geist (ed.). *Land-use and land-cover change*. Springer. Berlin, Heidelberg. Germany. pp- 1-8. (2006).
19. Le Houérou, H. Estudios e investigaciones de las zonas áridas y semiáridas de Argentina. Informe Interno. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA), Mendoza, 228 p. (1999).
20. Morello, J. La Provincia Fitogeográfica del Monte. Buenos Aires: Opera Lilloana. 55p. (1958).
21. Pedraza, M. Beneficios tributarios, impacto económico en la provincia de La Rioja 1980-2009. Actas de las XXXIV Jornadas Nacionales de Administración Financiera, Valle Hermoso, Córdoba, Argentina. (2014).
22. Pielke, R. Marland, G. Betts, R. Chase, T. Eastman, J. Niles, J. Niyogi, D. Running, S. The influence of land-use change and landscape dynamics on the climate system: Relevance to climate-change policy beyond the radiative effect of greenhouse gases. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*. 360. 1705-19. 10.1098/rsta.2002.1027. (2002).
23. Pontius, R. Shusas, E. McEachern, M. "Detecting important categorical land changes while accounting for persistence", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, no. 101, pp. 251–268. (2004).
24. Roig, F.; Roig, S.; Corbalán, V. Biogeography of the Monte Desert. *Journal of Arid Environments*. 73. 164-172. 10.1016/j.jaridenv.2008.07.016. (2009).
25. Rojas, F. Prieto, M. Villagra, P. Álvarez, P. Deforestación y actividades productivas en los valles del oeste de La Rioja y Catamarca, desde mediados del siglo XIX hasta la actualidad. *Boletín de Estudios Geográficos* N° 103 – 2014 – ISSN 0374-618. (2014).
26. Sobrino, J.; Jiménez-Muñoz, J. C. & Paolini, L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5 Remote Sensing of Environment, Elsevier, 90, 434-440. (2004).
27. Varela, R. Jaime, G. Nota sobre la estructura poblacional de árboles en la llanura de Los Mogotes Colorados, La Rioja, Argentina. *Lilloa*. 47, 1-2 (dic. 2010), 118–122. (2010).
28. Vitousek, P. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* 75:1861–1876. (1994).
29. Volante, J. Dinámica y consecuencias del cambio en la cobertura y el uso del suelo en el Chaco Semi-Árido. Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Área Ciencias Agropecuarias. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano. Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires. (2014)
30. Winschel, C. Integración por medio de geotecnologías de la información ambiental en estudios de degradación de los suelos para los partidos de Villarino y Patagones, Provincia de Buenos Aires- Argentina, Tesis Doctoral. (2017).
31. Zuleta, G. 2009. Informe Final, Proyecto: Estrategias para la promoción del desarrollo regional en el marco de regiones concertadas, capítulo Región Cuyo. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2009/01/48858.pdf>, página visitada el 04 de Mayo de 2017.