



## A2-277 Transformación territorial: Intensificación agraria y pérdida del suelo en la cuenca del río Marapa, Tucumán, Argentina.

Romina Díaz Gomez<sup>2</sup> y Fernanda J. Gaspari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Curso de Manejo de Cuencas Hidrográficas. FCAF. UNLP. <sup>2</sup> Becaria Postdoctoral CONICET. Dirección: Diagonal 113 N° 469. La Plata, CP 1900, Buenos Aires.  
Email: [cuencas@agro.unlp.edu.ar](mailto:cuencas@agro.unlp.edu.ar)

### Resumen

La transformación territorial está vinculada a la expansión de la agricultura sobre ecosistemas naturales, principalmente ecosistemas boscosos. Al pasar de coberturas naturales a usos agrarios se disminuye la cobertura del suelo, incrementando la pérdida del suelo. Esta intensificación agraria transforma el ecosistema a configuraciones espaciales más simples y homogéneas. El objetivo de este trabajo es analizar la relación entre la expansión agraria y la pérdida de suelo en la cuenca del río Marapa, Tucumán (1986-2010). Se aplicaron técnicas de teledetección y se definieron diferentes escalas altitudinales. Los resultados sugieren que en la llanura el incremento de 55 km<sup>2</sup> de cultivos generó una pérdida de 121 Mg.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> de suelo en el año 2010. En zonas altitudinales superiores se reduce a 96 Mg.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> de pérdida de suelo debido a la expansión del bosque nativo. El territorio presentó una tendencia a una homogenización del paisaje, respondiendo al modelo productivo de *land sparing*.

**Palabras clave:** pérdida de suelo; intensificación agrícola; cuenca.

### Abstract

The territorial transformation is linked with the agriculture expansion on natural ecosystems, mainly forest ecosystems. The change of forest to agricultural uses, increase the soil loss. This agrarian intensification transforms the ecosystem to spatial configurations more simple and homogeneous. We analyzed the relationship between the agrarian expansion and soil loss in Marapa watershed, Tucumán (1986-2010). We applied remote sensing technique and defined different altitudinal scales. The results suggest that in the lowlands the expansion of 55 km<sup>2</sup> of crops generated a loss of 121 Mg.ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> in 2010. In highland the native forest expansions reduces the 96 Mg.ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> of soil loss. The territory showed a tendency to a homogenization of the landscape, responding to the productive model of *land sparing*.

**Keywords:** soil loss; agrarian intensification; watershed.

### Introducción

La transformación territorial está vinculada a la expansión de la agricultura sobre ecosistemas naturales, principalmente en ecosistemas boscosos. En la región del NOA (Noroeste Argentino) se constató la presencia del proceso de deforestación en varios estudios a diferentes escalas donde se destaca la pérdida de masa forestal en manos de la agricultura en las zonas de llanura (Gasparri et al. 2010, Volante et al. 2012).

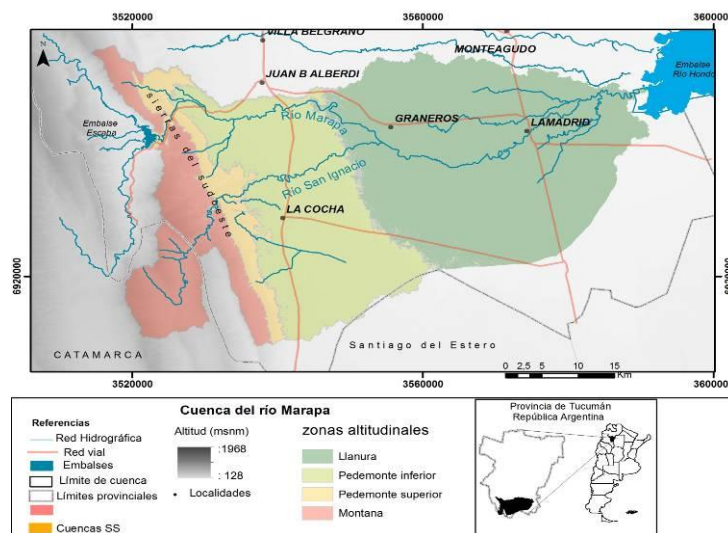
La intensificación agraria (IA) es un proceso de transformación del sistema ambiental que ejerce presión sobre los atributos estructurales y/o funcionales en la dimensión biofísica (Santos & Borrás, 2014). Transformando el agroecosistema a configuraciones espaciales más simples y homogéneas, se modifican los ciclos biogeoquímicos.

La degradación de suelos en los agroecosistemas implica una pérdida de utilidad actual y una reducción de sus funciones potenciales. Al pasar de coberturas naturales a usos

agrarios se disminuye la cobertura del suelo, incrementando la erosión superficial. (Busnelli 2009). La pérdida de suelo por erosión constituye un indicador del grado de degradación de los suelos en los agroecosistemas, que refleja la evolución del estado de conservación de los suelos y utilizar para la toma de decisiones (Spangenberg & Bonniot, 1998).

La cuenca hidrográfica es una unidad espacial natural para la planificación y gestión participativa, al integrar factores ambientales y económico-productivos (Gaspari et al, 2011). Sin embargo, son escasos los estudios que analicen estos procesos a escala de cuenca.

La cuenca del río Marapa es una cuenca subtropical representativa de la región del NOA, donde la producción agroindustrial se ubica en las zonas de baja pendiente (cuencas bajas) y avanza hacia el pedemonte (Figura 1). La cuenca pertenece al sistema hídrico endorreico de Mar Chiquita, cuenca Río Salí- Dulce. Presenta un clima monzónico con estación lluviosa en verano (167 mm) y seca en invierno (3 mm) y temperatura media anual de 17, 6 °C. Los suelos que predominan en la zona montañosa pertenecen al orden de los Entisoles, con escaso desarrollo edáfico y poco profundo. En la zona pedemontana se trata de suelos desarrollados que responden a los ordenes Inceptisoles y Molisoles (Fernández et al. 2004).



**FIGURA 1.** Ubicación de la cuenca del río Marapa. Provincia de Tucumán. Argentina.

El estudio de la dinámica de la transformación territorial en la cuenca del río Marapa durante el periodo 1986-2010 es el objetivo del trabajo, definido por medio del análisis de la relación entre intensificación agraria y el proceso de pérdida de suelo por erosión hídrica superficial.

### Metodología

El análisis del cambio de uso del suelo en el territorio se realizó mediante el procesamiento digital de imágenes satelitales LANDSAT 5 (TM), con fecha 23/08/1986 y 21/08/2010 (Path 231/230 Row 79), donde se identificaron las clases de cobertura de suelo. La vegetación se caracteriza por su marcado gradiente altitudinal según: clase bosque, que incluye al bosque montano, selva montana y selva pedemontana entre 350 y 300 msnm; la clase bosque seco incluye al bosque chaqueño distribuido hacia el este en las zonas de llanura aluvial entre los 200 y 350 msnm; la clase pastizal: constituido por la cobertura natural de pastizales de altura, formada por matas de gramíneas y a cotas superiores a los 3000 msnm; la clase cultivo de granos: incluye los cultivos de soja, trigo y suelo desnudo y la clase y otros

cultivos: cultivos de caña de azúcar, cítricos y algunas hortalizas distribuidos en toda el área y en menor escala cultivos de tabaco y arándano (Díaz Gómez, 2015).

Se consideraron los pisos altitudinales definidos como: llanura, pedemonte inferior y superior y montana; definidos mediante un modelo digital de elevación (ASTER GDEM 2).

Por medio de un procesamiento digital cartográfico con Sistemas de Información Geográfica (SIG) se realizó la cuantificación y espacialización de la pérdida de suelo superficial, aplicando la ecuación universal de pérdida del suelo (USLE) (Wischmeier & Smith, 1978). Esta se determinó a nivel geoespacial con tamaño de pixel de 30 m, basándose en el producto de los siguientes factores: R: su zonificación se basó en Busnelli (2009), considerando datos pluviométricos de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) y de localidades del centro y sur de la provincia de Tucumán; K: la erodabilidad del suelo está relacionado con la estabilidad estructural del mismo. Los valores de K fueron considerados a partir de los utilizados por Busnelli (2009); LS: el factor de longitud y gradiente de la pendiente se obtuvo a partir de los valores calculados por Busnelli (2009) determinados para cada unidad geomorfológica.; C: el factor cubierta y manejo es la relación entre el valor de pérdida de suelo en un campo con vegetación o cultivos y la pérdida ocurrida en un suelo en barbecho. La zonificación de C en la cuenca del río Marapa se definió según la cobertura y usos basados en Busnelli (2009) y corroborados por medio de muestreos a campo. Se tomó como base el mapa de uso y cobertura del suelo para el año 1986 y 2010 (Díaz Gómez, 2015): Bosque 0,077, Bosque Seco 0,16, Pastizales: 0,002, Granos: 0,31 y Otros cultivos 0,34. El valor del factor C se mantuvo para ambos períodos, debido a que no se modificó la estructura vegetal, pero si se visualizó el cambio espacio-temporal en la distribución; P: el factor de prácticas de conservación del suelo. Se asignó el valor 1 en las coberturas naturales (Pastizal, Bosque y Bosque seco) mientras que para las zonas de cultivo el valor de p es 0,80 prácticas conservacionistas escasas.

Como resultado de procesamiento con SIG se obtuvo la distribución de la pérdida de suelo (A) ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ) y su variabilidad entre 1986 y 2010 en los diferentes pisos altitudinales. Esta metodología permitió identificar los sistemas de producción que responden al modelo de *land sharing*, donde la intensificación productiva es necesaria para poder liberar tierras para la conservación. La aplicación del modelo consiste en desarrollar una agricultura diversa y agroecológica basada en paisajes fragmentados (Perfecto & Vademer, 2012). Este modelo implica un mosaico de agricultura (cultivo y granos) que incorpora características naturales tales como los bosques naturales y pastizales.

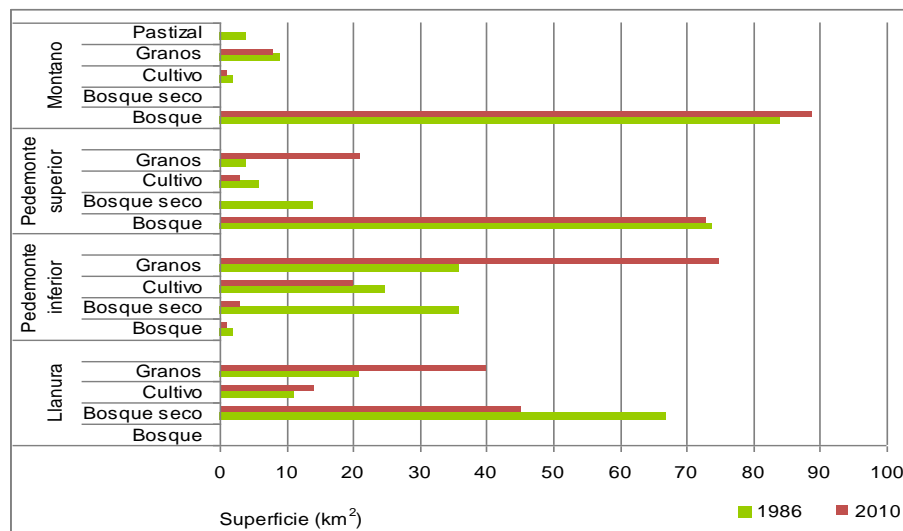
## Resultados y discusión

La expansión agraria entre 1986-2010 representó una pérdida de masa boscosa total de 56  $\text{km}^2$  (2,6 %) en la cuenca del río Marapa. El proceso de deforestación se presentó de manera heterogénea en los pisos altitudinales analizados. En la zona correspondiente a la llanura, el uso de suelo para agricultura se expandió sobre 22  $\text{km}^2$  de bosque seco. Mientras que en la zona altitudinal del pedemonte inferior se deforestaron 33  $\text{km}^2$ . El bosque en la zona altitudinal montana perdió 5  $\text{km}^2$  (Figura 2).

La pérdida de suelo en la cuenca responde a la distribución espacial de los factores C y LS que son los potenciadores de este proceso (Figura 3). La expansión agraria durante el período 1986 -2010 está correlacionada con la variabilidad espacial del factor C.

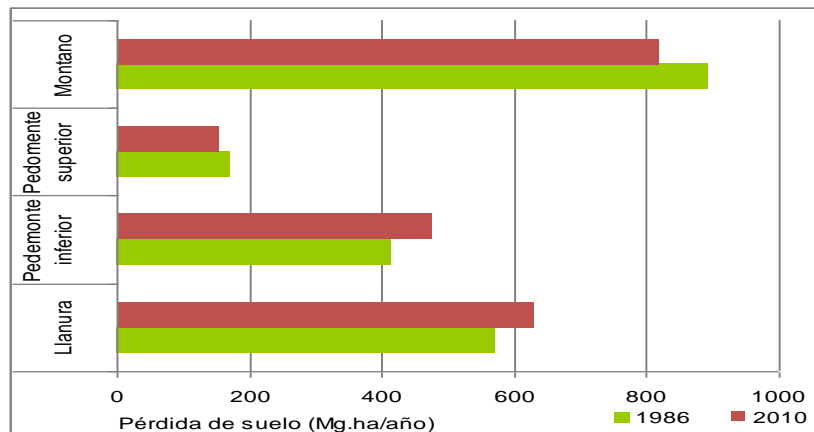
En la llanura el incremento de 19  $\text{km}^2$  de área para granos y 3  $\text{km}^2$  en otros cultivos generó una pérdida de suelos de 59  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  mayor en el año 2010. En el pedemonte inferior se incrementó en 62  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  por la transformación del bosque seco (33  $\text{km}^2$ ) en cultivos.

Estos cambios están distribuidos espacialmente en la zona de transición entre el pedemonte inferior con mayores pendientes. En la zona de llanura se observa mayor pérdida en áreas perifluviales que estaban cubiertas por remanentes de bosque seco en el año 1986. Sin embargo, en los pisos altitudinales superiores, se observa una disminución en la pérdida de suelo. En la zona del pedemonte superior se reducen  $18 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de pérdida de suelo durante el período y en la zona montana  $78 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ . Esta reducción se debe al cambio de la cobertura natural donde se expanden el bosque sobre el pastizal ( $4 \text{ km}^2$ ) y sobre otros cultivos y granos ( $2 \text{ km}^2$ ). La reducción de la pérdida de suelo se potencia en estas zonas debido a la coincidencia geoespacial de suelos con mayor erodabilidad y altas pendientes (mayor al 60 %).



**FIGURA 2.** Cambios de uso y cobertura del territorio por pisos altitudinal entre 1986 y 2010.

Se identificó que en áreas donde se expresa una mejora en cobertura del suelo se reduce notablemente la pérdida de suelo. Este proceso es similar al observado por Nanni y Grau (2014) en la cuenca del río de Trancas, donde identifican expansión agrícola en la zona baja y expansión forestal en las montañas. En esta cuenca las zonas del pedemonte superior y montano, estarían siendo conservadas a expensas de la intensificación en el pedemonte inferior y llanura, promoviendo indirectamente a la conservación de los servicios ambientales como la retención de la pérdida de suelo en zonas con mayor pendiente. Además, este sistema de producción responde al modelo de *land sharing*, donde la intensificación es necesaria para poder liberar tierras para la conservación.



**FIGURA 3.** Pérdida de suelo según USLE por pisos altitudinal entre 1986 y 2010.

El análisis del cambio de uso del suelo en el río Marapa basado en los pisos altitudinales refleja que el sistema productivo conlleva el uso intensivo del suelo en las zonas bajas. La expansión agraria podría responder a la introducción de nuevas tecnologías, cambios en los modos de producción y tipos de cultivos y particularmente a la producción a gran escala. En estas cuencas el sistema productivo es impuesto por un modelo socioproductivo escala regional, y se aleja del modelo *land sharing*. El análisis del uso del suelo entre 1986 y 2010 refleja la disminución de los parches de bosque y la expansión de la matriz agrícola provocando la homogeneidad en el territorio, integrando la producción y la conservación.

### Conclusión

La expansión agraria es la principal transformación de uso del territorio en la cuenca del río Marapa. La pérdida de masa boscosa, incrementó la pérdida de suelo en las zonas de llanura y pedemonte entre 1986-2010. En las zonas altitudinales superiores, la pérdida de suelo se reduce debido al cambio en la cobertura natural de pastizal a bosque.

La aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo USLE, y el uso de GIS, permitió identificar las zonas prioritarias para la conservación del suelo y constituyó una herramienta simple para la potencial toma de decisiones en el desarrollo de planes de manejo y pautas de conservación a diferentes escalas, cuenca, predio. El factor controlador potencial de la pérdida del suelo es el manejo de los suelos y la pendiente.

Los resultados sugieren que la transformación del territorio por expansión agraria generó una alta variabilidad espacial de pérdida de suelo por erosión superficial en el año 1986 y en 2010, representando una tendencia al modelo *land sharing* del territorio.

### Referencias bibliográficas

- Busnelli J (2009). Evolución Histórica, Situación Actual y Perspectivas Futuras del Riesgo de Inundación en la cuenca del Río Gastona. Tucumán. Argentina. Tesis Doctoral de la Carrera de Posgrado en Geología (Inédita). Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. 629 p. San Miguel de Tucumán.
- Díaz Gómez AR (2015). Análisis de la vulnerabilidad a cambios climáticos y de uso del territorio de las cuencas hidrológicas del faldeo oriental de la sierra del Aconquija y del Sudoeste, Tucumán. Tesis Doctoral de la Carrera de Posgrado en Ciencias biológicas (Inédita). Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. 228 p. San Miguel de Tucumán.



- Fernández, DS & García M (2004). Carta de Líneas de Base Ambiental 2766-IV: Concepción: 89-115. SEGEMAR. Tucumán. Argentina.
- Gaspari FJ, AR Vagaría, MI Delgado, GE Senisterra & GA Denegri (2011). Vulnerabilidad ambiental en cuencas hidrográficas serranas mediante SIG. *Multequina*, 20(1), 03-13.
- Gasparri, N. I., Parmuchi, M. G., Bono, J., Karszenbaum, H., & Montenegro, C. L. (2010). Assessing multi-temporal Landsat 7 ETM+ images for estimating above-ground biomass in subtropical dry forests of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 74(10), 1262-1270.
- Nanni AS & Grau HR (2014). Agricultural adjustment, population dynamics and forests redistribution in a subtropical watershed of NW Argentina. *Regional Environmental Change*, 1-9.
- Perfecto I & Vandermeer J (2012). Separación o integración para la conservación de biodiversidad: la ideología detrás del debate "land-sharing" frente a "land-sparing". 2012. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2).
- Santos IG & Borrás MA (2014). Transformación territorial: análisis del proceso de intensificación agraria en la cuenca del área protegida Esteros de Farrapos, Uruguay. *Revista brasileira de agroecología*, 9(2).
- Spangenberg JH & Bonniot O (1998). Sustainability indicators: a compass on the road towards sustainability (Vol. 81). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.
- Volante JN., Alcaraz-Segura, D., Mosciaro, MJ, Viglizzo, E. F., y Paruelo, J. M., (2012). Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154, 12-22.
- Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning *Agriculture Handbook No 537*. US Department of Agriculture, Washington, D.C. EE.UU.