

DINÁMICA ESPACIO TEMPORAL DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL POR CAMBIO DE USO DEL SUELO EN UNA CUENCA RURAL SERRANA

Dra. **Fernanda Julia Gaspari**¹, Mg.Sc. **Gabriela Elba Senisterra**¹,
Mg.Sc. **Alfonso Martín Rodríguez Vagaría**¹, Dra. **María Isabel Delgado**^{1,2}

¹Cátedra Manejo de Cuencas Hidrográficas, FCAyF, UNLP

²Becaria Posdoctoral Extraordinaria

del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas(CONICET).

FCA y F. UNLP. Diagonal 113 N° 469. CP 1900.

Ciudad de La Plata, Buenos Aires.

Resumen

En las últimas décadas, dada la capacidad productiva de los suelos de la región de Tandilia, los pastizales pampeanos han sido sustituidos por agroecosistemas y evidencian un importante nivel de degradación y un escaso grado de conservación. En particular, las regiones dedicadas a las actividades agropecuarias se ven amenazadas por su degradación, representando dificultades para la producción de alimentos. La degradación se produce por erosión hídrica superficial, compactación y pérdida de fertilidad. El objetivo del trabajo fue analizar el escurrimiento superficial en una cuenca hidrográfica rural serrana en el sudeste bonaerense, que presenta una predominante actividad agropecuaria, que no ha estado ajena a las problemáticas del sector rural de la región pampeana de los últimos 30 años. En la cuenca del Arroyo Napaleofú se analizaron los usos del suelo para los años 1996 y 2011 a partir de interpretación supervisada de imágenes satelitales Landsat. La clasificación de uso del suelo se cartografió a partir del estudio de PNUD Argentina 85/019 como línea de inicio para el año 1986. La modelización hidrológica del escurrimiento superficial se realizó con el módulo Geo Q de Idrisi Taiga para tres tormentas modales para cada año de estudio. Se analizó la erosividad pluvial según Índice de Fournier Modificado (IFM) y se zonificó el coeficiente de escurrimiento superficial. En la cuenca se presentó una variabilidad espacial en el uso del suelo reflejando en la modelización hidrológica, la generación de escurrimiento superficial que varió un aumentando en las zonas agrícolas hacia la década de 1990, disminuyendo la lámina de escurrimiento hacia el año 2011. El CE permitió evaluar la dinámica del escurrimiento a nivel de cuenca para el período analizado. El FM a nivel de cuenca, se encuentra en un rango de baja erosividad.

Palabras clave: cuenca hidrográfica * sierras bonaerenses * escurrimiento superficial * erosividad de las precipitaciones.

Introducción

La generación del escurrimiento superficial está directamente relacionada con la cobertura y/o uso del suelo y la capacidad erosiva de la precipitación. Los cambios que se originen en la cobertura y/o uso del suelo provocan procesos erosivos que aumentan la fragilidad de los sistemas ambientales.

En la zona serrana del sudeste de la provincia de Buenos Aires, la erosión hídrica superficial ha provocado una disminución en la producción agropecuaria, consecuencia del actual manejo del suelo, la pérdida del horizonte superficial y la disponibilidad de agua superficial y subterránea. En las últimas décadas, dada la capacidad productiva de los suelos de esta región, los pastizales pampeanos han sido sustituidos por agroecosistemas y evidencian un importante nivel de degradación y un escaso grado de conservación (Vázquez y Zulaica, 2011). En particular, las regiones dedicadas a las actividades agropecuarias se ven amenazadas por su degradación, y representan dificultades para la producción de alimentos. La degradación se produce por erosión hídrica superficial, compactación y pérdida de fertilidad (Díaz Rivera *et al.*, 2008).

La aplicación de programas integrados de manejo y conservación de suelos a nivel de cuenca hidrográfica se plantea como una necesidad inmediata para revertir el aumento de la erosión hídrica por escurrimiento superficial y la pérdida de la producción. Por ello es imprescindible el avance sobre estudios orientados a enriquecer el conocimiento en esta temática.

El objetivo del trabajo fue analizar a nivel espacio temporal el escurrimiento superficial en una cuenca hidrográfica rural dentro del sistema serrano de Tandilia, Argentina. El área de estudio abarcó la cabecera de la cuenca del arroyo Napaleofú, ubicada en el sistema serrano de Tandilia, provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1), con una superficie de 347,73 km².

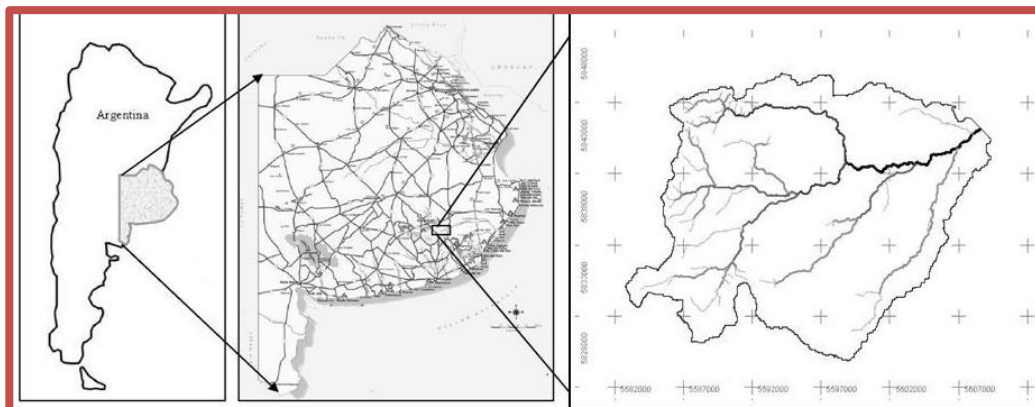


Figura 1. Ubicación de la cuenca alta del arroyo Napaleofú. Argentina.

Según la clasificación climática de Thornthwaite es un clima C2 B' r a', que indica un clima mesotermal subhúmedo-húmedo, con nula o pequeña deficiencia de agua. Para el período 1968-2010, para la localidad de Tandil la temperatura media anual fue de 13,9 °C y la precipitación media anual de 901 mm. La precipitación máxima se presentó entre los meses de octubre a marzo (Barranquero *et al.*, 2012). Las unidades cartográficas de suelo corresponden a los dominios edáficos 1 y 2, con los grupos predominantes de Argiudoles y Hapludoles, según la carta de Suelos de la República Argentina (escala 1:500.000) descrita en el Atlas de Suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-Castelar, 1989). La flora pertenece a la región geográfica

de la pampa húmeda, cuya vegetación es la de la estepa o pseudoestepa de gramíneas, propias de los pastizales pampeanos (Cabrera, 1976). Es una región con una economía diversificada, con actividades primarias tales como la agricultura y la ganadería, que ejercen supremacía sobre las demás (Venacio, 2007). Actualmente, a partir de la estructura productiva del área y la buena aptitud edáfica, se han generado cambios en el uso del suelo.

Metodología

La cuantificación y zonificación del escurrimiento superficial se confeccionó a partir del procesamiento geoespacial de los mapas para aplicar el modelo GeoQ. Este modelo espacio temporal del escurrimiento superficial aplica el método del Número de Curva (NC) bajo el programa Idrisi Taiga ® por medio de procesamientos (Idrisi Macro Modeler-IMM) que comprende un entorno gráfico para la construcción y ejecución de modelos de pasos múltiples (Rodríguez Vagaría y Gaspari, 2012). El cálculo del escurrimiento a través de GeoQ, requirió de tres archivos vectoriales de tipo polígono: límite de cuenca hidrográfica, zonificación del suelo según grupos hidrológicos y la distribución de la vegetación y uso del suelo y un archivo de atributos de valor con el dato de la tormenta a modelar. Para definir el impacto producido por el cambio en la intensidad de las precipitaciones, se caracterizó además el cambio de uso del suelo en dichas instancias temporales. Los escenarios temporales de uso del suelo se establecieron para los años 1986, 1996 y 2011. La tormenta modal utilizada para el año 1986 fue de 73 mm/día, 75 mm/día para el 1996 y 58 mm/día para 2011. Estas tormentas fueron definidas considerando los registros de la estación meteorológica ubicada en Tandil (SMN).

La clasificación de uso del suelo se cartografió a partir del estudio de PNUD Argentina 85/019 como línea de inicio para el año 1986, el cual consideró las siguientes clases de uso: agricultura (A), ganadero-agrícola (GA), ganadería en suelos con roca (G3b), agrícola- ganadero (AG) y montes de reparo o cortinas forestales (M). A partir de esta clasificación, por compatibilización cualitativa de uso del suelo y por medio de una clasificación no supervisada de imágenes satelitales, se determinaron los usos de 1996 y 2011, con imágenes Landsat TM del 26/12/1996 y Landsat ETM+del 18/01/2011, respectivamente. Ambas imágenes fueron obtenidas del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Brasil (INPE). La resolución espacial de las imágenes fue de 30 x 30 metros por píxel, las bandas utilizadas en este trabajo fueron la 3, 4, 5 y 7. El grupo hidrológico de suelo se cartografió a partir de los mapas de suelo de INTA (1989).

La agresividad de la precipitación fue caracterizada para el período, a partir del Índice de Fournier Modificado (IFM), el cual describe la magnitud de la erosividad de la precipitación (Jordan y Belfante, 2000). Para determinar el IFM se utilizaron bases de datos pluviales diarios pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2011), de las localidades de Benito Juárez (-37° 40'; -59° 48'), Tandil (-37° 13'; -59° 13') y Balcarce (-37° 45'; -58° 18'), para el período 1985-2011. Posteriormente, por medio de un análisis de interpolación

del IFM con SIG, se estableció el IFM a nivel de cuenca. Se adoptó la clasificación cualitativa de IFM de la Comisión Europea de Medio Ambiente (CORINE, 1992).

Se generaron mapas dinámicos de la cuenca utilizando SIG, que mostraron los cambios en la producción de escurrimiento durante los años analizados. Estos mapas se calcularon mediante la diferencia de los mapas de coeficiente de escurrimiento (CE) para los años 1986-1996 y 1996-2011 y como síntesis del período los cambios entre 1986-2011. El CE calculado se obtuvo a partir del cociente por álgebra de mapas del escurrimiento en relación con la precipitación correspondiente a cada año estudiado. El signo positivo o negativo en el CE se interpreta como una disminución o aumento respectivamente, en la producción de escurrimiento.

Resultados

La superficie ocupada por las clases de vegetación y uso del suelo para los años analizados, se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Usos del suelo en la cuenca alta del arroyo Napaleofú.

| Usos del suelo y superficie de ocupación (ha) | | | | | |
|---|--------------|--------|--------|--------|-----|
| Año | A | GA | G3b | AG | M |
| 1986 | - | 18.275 | 10.343 | 5.632 | 125 |
| 1996 | - | 14.597 | 2.988 | 16.507 | 283 |
| 2011 | 6.522 | 11.043 | 2.219 | 14.226 | 365 |

El valor de IFM obtenido en la cuenca varió entre 78,26 y 81,75, para el período estudiado. Esta escasa variación se justifica a partir de la similitud hallada entre los datos analizados. Según CORINE (1992), estos valores se encuadran en el rango de baja erosividad.

La dinámica de cambios entre los diferentes usos de suelo durante el período de tiempo estudiado, se interpretó como un flujo de terrenos que pasaron de un uso a otro. El aumento en superficie del uso del suelo agrícola detectado en la cuenca alta del arroyo Napaleofú concuerda con lo expresado por López Bidone (2010), quien indica que esta transformación se comenzó a manifestar en la región a partir de la década de 1970, profundizándose a mediados de la década del 90, cuando el sector agropecuario experimentó una profunda transformación debido a la crisis financiera del país, con un intenso proceso caracterizado por una mayor eficiencia en el uso de los factores productivos, acompañado por la adopción de cambios técnicos y el desarrollo de nuevas formas organizacionales de la producción, a través de la tecnificación y la diversificación de la producción. Además, como menciona Vázquez (2014), para el partido de Tandil la expansión agrícola fue evidente a partir del año 2010. Este proceso no es sólo característico de este partido, sino también de la ecorregión de las Pampas.

La zonificación de la lámina de escurrimiento con GeoQ en la cuenca alta del Arroyo Napaleofú, para los tres años estudiados, se presenta en la Figura 2.

A partir de la interpretación de la zonificación del GeoQ para los tres años analizados se realizó una reclasificación en clases según Rodríguez Vagaría y Gaspari (2012). Las mismas expresaron diferentes valores ante el cambio de uso del suelo, según:

- Los escurrimientos menores de 10 mm se consideraron leves. En el año 1986 ocupaban el 45,1% de la superficie, en el año 1996 bajó al 33,5% y en el año 2011 disminuyó el porcentaje de ocupación a 4,2.
- Los escurrimientos entre 10 y 20 mm fueron considerados moderados, ocupando en 1986 el 20 %, en 1996 el 5,3 % y en 2011 el 81% de la superficie de la cuenca.
- Los escurrimientos mayores de 20 mm, fueron considerados altos, y se distribuyeron sobre una superficie de 34,2%, 61,2 % y 15,6% para los años 1986, 1996 y 2011 respectivamente.

Los escurrimientos menores de 10 mm presentaron una tendencia a la disminución en los años estudiados. Los escurrimientos medios ocuparon el 80% de la superficie en el año 2011, y disminuyeron en el 1996 con respecto al año 1986. Los escurrimientos mayores de 20 mm predominaron en el año 1996 y abarcaron una superficie del 61,2%.

Los mapas dinámicos de la cuenca mostraron los cambios en la producción de escorrentía durante los años analizados. La zonificación de la diferencia del CE para los años 1986-1996, 1996-2011 y 1986-2011 se presenta en la Figura 3.

Los mapas dinámicos reflejan el comportamiento observado en la variación de los escurrimientos en la cuenca, de aumento del mismo en la parte media y baja de la cuenca entre los años 1986 y 1996 y disminución del mismo en el período 1996-2011 en esa zona de la cuenca. Sin embargo, la tendencia general del escurrimiento entre los años 1986 y 2011 ha sido el aumento del escurrimiento, pero con láminas menores contenidas en la clase de 10-20 mm.

Conclusiones

La variabilidad espacial en los cambios observados en el uso del suelo, establecidos por la modelización hidrológica, produjo modificaciones en la generación de escurrimiento que provocaría impactos en la degradación de los suelos si no se aplicaran buenas prácticas agrícolas. A nivel país, a partir del año 1991 hasta la crisis de fines del 2001, el sector agropecuario experimentó estos cambios, en los que el agro vivió un proceso que se caracterizó por una transformación productiva. La cuenca del Arroyo Napaleofú no estuvo ajena a mayor eficiencia en el uso de los factores de producción (la siembra directa, el uso de fertilizantes y agroquímicos asociados a los paquetes tecnológicos introducidos), acompañado por la adopción de cambios técnicos y por el desarrollo de nuevas formas de producción.

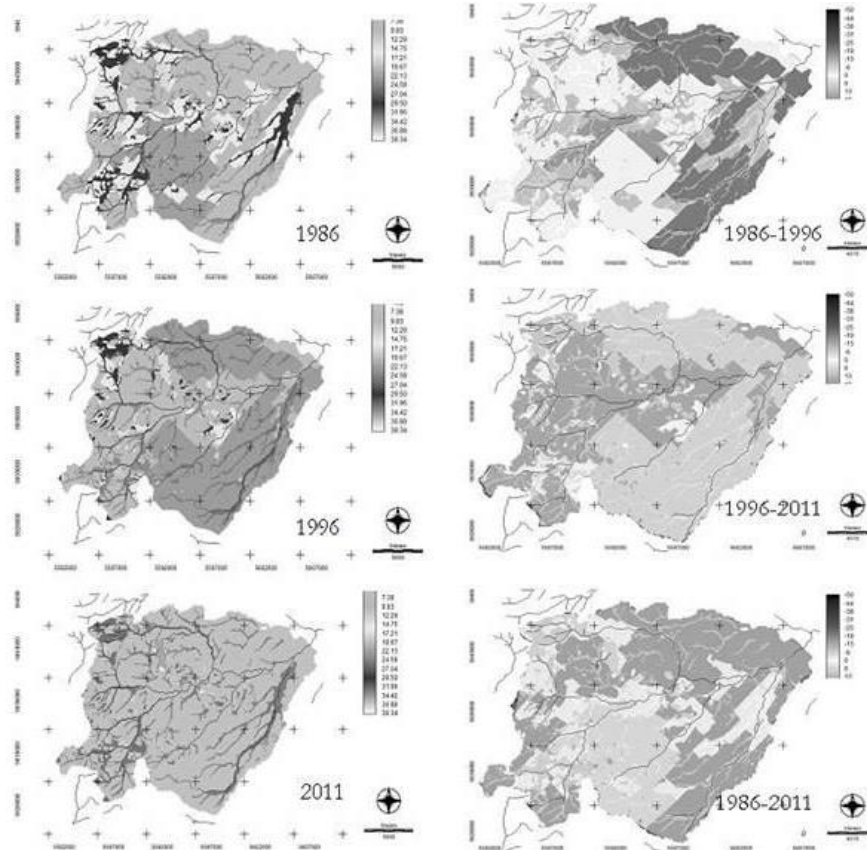


Figura 2.

Lámina de escurrimiento para los años de estudio

Figura 3.

Diferencia del coeficiente de escurrimiento para los períodos analizados

Estos procesos de cambio han generado un aumento en el escurrimiento superficial en las zonas agrícolas hacia la década de 1990, disminuyendo la lámina de escurrimiento hacia el año 2011. El CE permitió evaluar la dinámica del escurrimiento a nivel de cuenca para el período analizado.

Para el período analizado, el IFM a nivel de cuenca, se encontraba en un rango de baja erosividad.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Proyecto N° 11/A223 “Servicios Ambientales de Agroecosistemas para el Ordenamiento Territorial en el sur de la provincia de Buenos Aires”. Programa de Incentivos. Ministerio de Educación de la Nación Argentina.

Referencias bibliográficas

Barranquero RS, Varni M, Ruiz De Galarreta A, Banda Noriega R. Aporte de la hidroquímica al modelo conceptual del sistema hídrico subterráneo, Tandil.

Argentina. GEOACTA, 2012; 37: 130-46. ISSN 1852-7744. Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas.

Corine Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community. http://reports.eea.eu.int/COR0-soil/en/soil_erosion.pdf, 1992.

Díaz-Rivera J, Pérez Costa D, Rodríguez Álvarez Y, Febles-González J. Determinación de índices de erosión de suelos aplicando análisis SIG para la localidad de San Andrés en la provincia de Pinar del Río. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 14: p 15-21. México.

INTA Castelar, 1989. Descripción de Cartas de Suelo de la Provincia de Buenos Aires. 2008. Cap. 4.1: p 43-55. Escala. 1:500.000. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais (INPE).. Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil (www.inpe.br), 2011.

Jordán, A. y Bellinfante, N.. Cartografía de la erosividad de la lluvia estimada a partir de registros pluviométricos mensuales en el Campo de Gibraltar (Cádiz). Edafología. 2000; 7: p 83-92.

López Bidone, E.. El capital intangible y el proceso de reorganización sectorial como génesis de la competitividad territorial. Tandil como caso de estudio. Observatorio de la Economía Latinoamericana N° 125, 2010.

PNUD. Proyecto Argentina 85/019. Área edafológica. Aptitud y uso actual de las tierras argentinas. Anexo mapa de aptitud y uso de las tierras de la provincia de Buenos Aires. Secretaria de Agricultura Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. 1986. 32 p.
Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Climatológicas, Serie 1985-2011.

Vázquez P. Agriculturization and environmental impacts in a representative area of the ecoregion of the Pampas, Argentina. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, 2014; 5: p 20-45.

Vázquez, P. y Zulaica, L. Cambios en el uso de la tierra del partido de Tandil y principales impactos ambientales. Revista Párrafos geográficos. 2011; 10: p 242-67.

Venacio L. Globalización, desarrollo local y sociedad civil. Edición electrónica gratuita. www.eumed.net/libros/2007a/222/, 2007.