

IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE TRANSFORMACIÓN ANTRÓPICA Y RIESGO AMBIENTAL EN CUENCAS FLUVIALES SERRANAS. EL CASO DE LA CUENCA DEL ARROYO EL BELISARIO (ARGENTINA)

GUILLERMO R. ÁNGELES^{1,2} Y VERÓNICA GIL^{1,3}

¹Departamento de Geografía y Turismo (Universidad Nacional del Sur),
12 de octubre y San Juan, 4º Piso, 8000, Bahía Blanca, Argentina.

²Departamento de Ingeniería Civil (Universidad Tecnológica Nacional),
11 de Abril 461, 8000, Bahía Blanca, Argentina.

³ CONICET

angeles@uns.edu.ar - verogil@uns.edu.ar

RESUMEN

Se presenta una metodología basada en la elaboración de mapas temáticos a partir del uso de geotecnologías y tratamiento espacial con GIS sobre un espacio concreto delimitado por una pequeña cuenca serrana (localizada en el sistema de Ventania, SO de la provincia de Buenos Aires, Argentina). El objetivo es determinar el grado de degradación ambiental, a partir del análisis de las interrelaciones entre las variables geofísicas consideradas y los resultados derivados del índice de transformación antrópica (ITA). La metodología utilizada está basada en la superposición de mapas y análisis espacial para obtener un mapa de riesgo de degradación ambiental e identificar áreas de intervención prioritarias. Los resultados revelaron el alto grado de fragilidad ambiental de la cuenca como consecuencia de la interrelación entre los eventos naturales y la acción antrópica identificando 4 categorías de grado de degradación ambiental. Estas categorías demuestran la fragilidad de algunos sectores como consecuencia de deficiente planeamiento local y regional. Además, este trabajo podría ser una herramienta para la gestión futura tanto local como regional de estas áreas.

Palabras clave: cuenca fluvial, Índice de Transformación Antrópica, análisis espacial, planificación regional, sistemas de información geográfica (SIG)

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6 , p. 138-151. ISSN: 1578-5157

MEASURING THE LEVEL OF ANTHROPIC TRANSFORMATION AND ENVIRONMENTAL RISK IN MOUNTAINOUS WATERSHED. THE CASE OF EL BELISARIO WATERSHED (ARGENTINA)

ABSTRACT

GIS technologies were applied to generate thematic cartography and study the interrelationship among natural processes, human activities and regional planning policies in El Belisario basin (located in the SW Buenos Aires Province, Argentina). The aim of this work is to determine the degree of environmental degradation, considering both interrelations between geophysical variables and the results derived from the index of anthropic transformation (ITA). The methodology adopted was based on overlap mapping and spatial analysis to obtaining an environmental hazard map and also to identify where the priorities areas of intervention are located. The result shows the high degree of environmental fragility of the river basin due to the interrelation between the natural events and the anthropic action. Four categories of environmental degradation were identified. Also, the deficient local and regional planning derives in a weak environment conditions in the area of study. For this reason, this work could be a powerful tool in both local and regional management processes carried out in the future.

Keywords: river basin, environmental risk, regional planning, spatial analysis, Geographical Information System (GIS).

1. Introducción

En los últimos años se han desarrollado, en diversas regiones de Argentina, numerosos proyectos públicos y privados vinculados al turismo-recreativo en áreas naturales. A. Otero (2000) refiriéndose a los espacios turísticos de montaña sostiene que: "El crecimiento del turismo alternativo, fuertemente relacionado con las comunidades locales y con la existencia de patrimonio natural y cultural, deriva en nuevas posibilidades de utilización de los recursos con la consecuente generación de beneficios económicos para los pobladores tanto en áreas protegidas como, en cercanía de ellas". Esta afirmación, bien podría adaptarse a otras áreas naturales (e.g. ambientes lacustres, marismas, pastizales, pantanos, etc.) que actualmente están incorporándose a las diversas ofertas turísticas. Sin embargo, uno de los aspectos a considerar en este tipo de emprendimientos es el relativo a la degradación ambiental que generan en los diversos ecosistemas sobre los que evolucionan.

En este sentido, resulta interesante destacar que en Argentina la mayoría de los espacios naturales no protegidos y potencialmente aptos para desarrollar actividades vinculadas al denominado "turismo verde" carecen de un plan de manejo o de un proyecto de gestión ambiental que asegure el desarrollo sostenible de los diversos ecosistemas. Por otro lado, tampoco se cuenta con estudios diagnósticos que permitan establecer las relaciones entre los diferentes componentes que interactúan en un determinado espacio (sociedad-naturaleza) y cual es el grado de degradación ambiental que producen.

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): “Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)”, *GeoFocus (Artículos)*, n° 6 , p. 138-151. ISSN: 1578-5157

Según Bruniard (1992) “La problemática de degradación ambiental en cuencas fluviales de montaña se relaciona con las características de inestabilidad geológica, el tipo de pendientes, su relieve topográfico, las prácticas agropecuarias inadecuadas y el crecimiento no planificado de las zonas urbanas y rurales localizadas dentro de su área de influencia”. En el caso de la cuenca del arroyo El Belisario la interrelación e interacción de estos factores permite detectar al menos tres problemas prioritarios como los procesos de erosión hídrica, la escasez del agua para consumo de la población y peligro de incendio en épocas de sequía y las crecidas y desbordes de los arroyos provocados por lluvias torrenciales y que afectan al normal desarrollo de las actividades humanas.

Para ello, teniendo en cuenta las posibilidades que brindan los sistemas de información geográfica (SIG) para el análisis integrado de la información espacial, se presenta una metodología aplicativa sobre un espacio concreto, donde variables naturales y antrópicas, que intervienen en la cuenca, fueron integradas y analizadas con un SIG. Los objetivos del trabajo son los siguientes a) determinar el impacto de las actividades antrópicas en cada una de las unidades espaciales o subcuencas mediante la aplicación de un índice cuantitativo denominado Índice de Transformación Antrópica (ITA) y; b) determinar el grado de degradación ambiental, existente en el área estudiada, a partir del análisis de las interrelaciones establecidas entre las variables consideradas y los resultados derivados del ITA.

1.1. El área de estudio

Las Sierras Australes situadas al SO de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) forman un conjunto de elevaciones bien definidas que sobresalen de la llanura pampeana circundante. El conjunto, con una orientación noroeste-sudeste, tiene unos 175 kilómetros de longitud y alcanza una anchura máxima de 50 kilómetros (Harrington, 1947). El área objeto de estudio corresponde a la cuenca del arroyo El Belisario localizada en el cordón sur-occidental denominado Sierra de la Ventana ([Figura 1](#)). Está formada principalmente por los arroyos El Belisario y Las Piedras y se localiza al noreste del Partido de Tornquist, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. Sus cursos discurren sobre terrenos rocosos con pendientes que varían entre 8 y 30%. A partir de su parte media evolucionan sobre suelos formados por material loésico. Además, ambos cursos bordean la localidad turística de Villa Ventana que, junto a otras localidades serranas, conforman la denominada “Comarca turística de las Sierras de la Ventana” que constituye un enclave en expansión y de gran importancia para el desarrollo turístico provincial.

La relación entre las características climáticas y las características orográficas determinan una serie de variaciones locales que no llegan a formar microclimas, pero que difieren de los registros climáticos de la región. De acuerdo con la clasificación de Thornthwaite (1948) el clima es subhúmedo seco (C1). La precipitación media anual es de 610 mm, con una gran variabilidad de los valores medios, con una máxima de 1056mm y mínima de 396 mm. En cuanto a la temperatura los meses más calurosos son los de enero y febrero, registrando máximas medias superiores a los 30° C y mínimas medias de 15° C. En contrapartida los meses más fríos del año son junio, julio y agosto coincidiendo con la época de nevadas (Gil y Campo, 2000). Los vientos predominantes son los del cuadrante norte, mientras que los registros mínimos son los que corresponden a la dirección este y oeste (Capelli y Campo, 1994).

2. Materiales y Métodos

2.1. Delimitación del área correspondiente a la cuenca del arroyo El Belisario

Para delimitar el área ocupada por la cuenca se utilizó como mapa base la carta topográfica a escala 1:50.000 elaborada por el Instituto Geográfico Militar (IGM). En el programa de CAD disponible se digitalizaron tanto la red hidrográfica como las curvas de nivel. Luego con el apoyo de fotografías aéreas a escala 1:20000 se delinearón las líneas de crestas o divisorias de agua para obtener las 18 sub-cuencas y el límite general de la cuenca. ([Figura 2](#)).

La superficie total calculada para la cuenca del arroyo El Belisario fue de 24,62 km². En general, la extensión de la cuenca se relaciona con los tipos de alimentación. De acuerdo con Bruniard (1992) las cuencas que ocupan grandes superficies presentan regimenes de alimentación ponderado debido a que cubren áreas climáticas variables o bien porque las lluvias y sequías excepcionales no alcanzan a afectarla sino parcialmente. Mientras, las cuencas pequeñas presentan un mayor contraste estacional entre los aportes de agua máximos y mínimos.

En la cuenca la mayoría de los ríos permanentes y los cursos temporarios de verano, fluyen en profundos cañadones. Generalmente, los cauces se hallan encajados entre barrancas de poca altura. Los principales cursos son los arroyos El Belisario, De las Piedras y Del Negro que evolucionan sobre la llanura como cursos maduros de marcada aloctonía formando amplios valles (González Uriarte, 1984).

2.2. Elaboración de la cartografía temática

Utilizando el SIG disponible, las distintas variables temáticas espaciales fueron digitalizadas obteniéndose la cartografía temática ajustada al mapa base del IGM a escala 1:50000. De acuerdo con los objetivos del trabajo se elaboraron diferentes mapas temáticos representando las pendientes, los usos de la tierra, suelos, la cobertura vegetal y el índice de transformación antrópica (ITA). Luego, en una segunda etapa, con el objeto de determinar y cartografiar el grado de degradación ambiental se elaboró con el SIG un modelo espacial de confrontación de variables con base en matrices bidimensionales de asignación de pesos relativos. Los pesos de las variables fueron determinados siguiendo criterios establecidos por otros autores (De Dios Centeno *et al.* (1994) y Méndez *et al.* (1996a y b) y adaptadas por los autores a las características del área estudiada.

2.2.1. Mapa de pendientes y de suelos

La altura de una cuenca tiene incidencia directa en el escurrimiento fluvial a través del sistema de pendientes (Bruniard, 1992). Además, la pendiente influye en la capacidad de infiltración y retención de los suelos y en consecuencia sobre las características hidrológicas de los

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6, p. 138-151. ISSN: 1578-5157

terrenos (Capitanelli, 1998). Para elaborar el mapa de pendientes se utilizó como mapa base la carta topográfica a escala 1:50.000 elaborada por el IGM. En primer lugar, se digitalizaron las curvas de nivel con una equidistancia de 10 m. En segundo lugar, sobre el mapa obtenido se superpuso una matriz regular con celdas de 1cm x 1cm y se obtuvo la velocidad de pendiente en cada celda de acuerdo con la fórmula: $V = (h/L) * 100$. Finalmente, los valores de V calculados se interpolaron para delimitar áreas con distintos valores de pendiente expresadas en porcentaje.

El mapa de suelos se realizó, a nivel de dominio edáfico, tomando como base el efectuado para toda la provincia de Buenos Aires (año 1989) por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación conjuntamente con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

2.2.2. Mapas de Usos de la tierra y de cobertura vegetal

Una vez obtenidos los mapas de usos de la tierra y cobertura vegetal, se calibraron los resultados mediante una salida al terreno y la utilización de dos ventanas en falso color compuesto (RGB= 3-2-1 y 4-5-3) correspondiente a una imagen satelital TM Landsat 5. Cabe mencionar que tales composiciones de bandas fueron utilizadas por ser las únicas disponibles. Las diferencias identificadas en cada una de las ventanas y el relevamiento en el terreno permitió identificar 5 clases de vegetación (Figura 2a y 2b).

2.3. Índice de Transformación Antrópica (ITA)

Una vez elaborados los distintos mapas temáticos se procedió al cálculo del Índice de Transformación Antrópica (ITA). Este índice propuesto por Lemechev (Mateo, 1991) es utilizado para el análisis de las cuencas fluviales consideradas como unidades funcionales de paisaje y representa la participación areal a nivel de sub-cuenca de los diferentes tipos de usos de la tierra, previamente ponderados de acuerdo con el tipo de usos de la tierra y la vegetación. El ITA permite realizar un diagnóstico ambiental e identificar los impactos causados por la ocupación no planificada del espacio (Sanches Vicens, 1997). En consecuencia no se aplica en forma aislada sino que es preciso correlacionarlo con otras variables como por ejemplo pendiente, usos de la tierra, etc. El cálculo del ITA para cada unidad de paisaje o subcuenca se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_{an} = 1/100 \sum_{i=1}^n (r_i p_i q_i)$$

Donde, r=nivel de transformación antrópica del paisaje para un determinado tipo i de usos de la tierra; p= área (en %) de tipo de usos de la tierra en las unidades de paisaje (tipos de paisajes y/o sub-cuencas de drenaje); q= índice de profundidad de transformación de paisaje; n = cantidades máximas de tipos de usos de la tierra identificados en cada subcuenca.

El nivel de transformación antrópica (r) y el índice de profundidad de transformación del paisaje (q), se determinan a partir del método Delphi (Sanches Vicens, 1997). Este método se basa

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6, p. 138-151. ISSN: 1578-5157

en una visión interdisciplinaria en la cuál diferentes profesionales determinen, según su especialidad, ponderaciones o valoraciones cuantitativas y cualitativas de cada uso de la tierra en relación al grado de transformación que producen ([Tabla 1](#)).

Una vez calculado el ITA para cada una de las 18 subcuencas los valores obtenidos fueron reagrupados en tres clases (alta, media y baja) de acuerdo con el método de Sturges (Hyndman, 1995) y representados en un mapa que muestra el grado de transformación antrópica en la cuenca objeto de estudio ([Figura 3](#)). El ITA adopta valores entre 0 y 15 permitiendo cuantificar la magnitud o grado en que un paisaje es modificado pudiendo ser considerado:

Bajo (0-5): El área analizada no presenta usos de la tierra que produzcan alteraciones considerables en el funcionamiento del paisaje.

Medio (5-10): Alteraciones considerables son provocadas por las actividades antrópicas, intensificando procesos que afectan a la calidad ambiental, siendo necesarias medidas que reviertan estos procesos negativos.

Alto (10-15): Las cualidades ambientales son afectadas por el predominio de actividades antrópicas que desequilibran el funcionamiento del paisaje.

2.4. Mapa de Riesgo de degradación Ambiental.

Una vez obtenidos los resultados derivados de aplicar el ITA, se integró esta variable a los datos de suelos, vegetación y pendientes para obtener la cartografía de riesgo de degradación ambiental a partir del modelo espacial de confrontación de variables mencionado anteriormente. Los pesos asignados a cada variable ([Tabla 2](#)) fueron establecidos a nivel de subcuencas y la confrontación de las mismas permitió establecer valores medios de cada unidad o subcuenca de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V_m = \sum_v / n$$

Donde: V_m es la valoración media

\sum_v suma de valor de todas las porciones que aparecen en la unidad (subcuenca)

n es el número de porciones dentro de la unidad.

El orden de confrontación de las variables fue el siguiente: Suelos vs. Vegetación = SUEVEG; SUEVEG vs. ITA = ITASUEVEG; ITASUEVEG vs. Pendientes = Riesgo (1,2,3 y 4). El resultado obtenido es un mapa de riesgo de degradación ambiental donde se identificaron 4 clases: muy bajo (1), bajo (2), medio (3) y alto (4)

3. Resultados y Discusión

3.1. Características de las pendientes, usos de suelo y vegetación.

De acuerdo al método descrito anteriormente en el mapa de pendientes ([Figura 3](#)) fueron identificados 6 niveles clasificados de acuerdo con Van Zuidam *et al.* (1979) e ITC (1980) como: 1_ Llano (0 a 2 %); 2_ Poca pendiente (3 a 7 %); 3_ Pendiente (8 a 13 %); 4_ Poco escarpado (14 a 20 %); 5_ Escarpado (21 a 55 %); 6_ Muy escarpado (> 55%).

Considerando la relación entre la pendiente y las características hidrogeológicas la cuenca del arroyo El Belisario presenta dos unidades morfológicas importantes. La primera está conformada por la roca de base correspondiente a una unidad metamórfica, que aflora o se ubica a escasa profundidad, especialmente en las zonas más elevadas de la cuenca. Las pendientes oscilan entre 30% y 5%, llegando en algunos casos al 50%. Las zonas correspondientes a las divisorias de agua están, en general, desprovistas de suelo, mientras que las laderas con suaves pendientes presentan suelos esqueléticos. Esta unidad por su composición posee infiltración media y retención alta (Gil y Campo; 2000). La segunda unidad morfológica está constituida por una capa sedimentaria moderna con un espesor variable que va desde pocos centímetros hasta más de 30 metros. Básicamente, se compone por un conglomerado de base y encima sedimentos limo-arcillosos con proporciones variables de carbonato de calcio. (Giusso *et al.*, 1995). Se desarrollan además, áreas con depósitos coluviales, en algunos casos con cultivos, y en otros con forestación introducida. Este conjunto por sus características presenta infiltración alta y retención baja.

En el mapa de usos de la tierra se delimitaron 5 categorías de usos (agrícola, ganadero, recreativo, urbano y sin uso específico). El 75% de la superficie de la cuenca no presenta un uso de la tierra específico manteniéndose cubierto por vegetación autóctona. Sin embargo, esta zona es frecuentemente visitada por turistas y excursionistas que intentan ascender a los cerros cercanos. Esta situación deriva en la degradación del paisaje natural (pisoteo de flora autóctona) y, en numerosas ocasiones, estos sitios aislados y de acceso difícil se convierten en lugares de origen de incendios fruto de la negligencia humana. En el resto del área, a excepción del sector urbano-recreativo de Villa Ventana, se extienden explotaciones agropecuarias. En los últimos años, se observa un aumento del uso agrícola en desmedro del uso ganadero que ha determinado la reducción del número de cabezas de ganado y, en consecuencia, una disminución del pastoreo y un aumento del pastizal natural caracterizado por su elevada combustibilidad y el consecuente aumento del peligro de incendios (Ángeles y Uboldi, 1998).

El mapa de vegetación muestra la distribución de las 5 categorías identificadas (pastizal, cultivos, matas, matorrales y forestal). La distribución de las plantas está condicionada por el clima en primer término y por el tipo de suelo en segundo. En la cuenca estudiada la influencia edáfica es la condicionante del desarrollo de la vegetación. Se encuentra entonces, asociada a esta clasificación de la vegetación los distintos tipos de suelos que la sustentan. La cuenca alta correspondiente con las nacientes de los arroyos El Belisario y De las Piedras está dominada por especies herbáceas autóctonas correspondientes a la formación pastizal pampeano, estas especies se desarrollan en un suelo Hapludol lítico. En los sectores medios de la cuenca el espesor de la capa de suelo aumenta y

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6, p. 138-151. ISSN: 1578-5157

la cobertura vegetal oscila entre el 80 y 100%. En estos sectores predominan los cultivos (trigo y alfalfa) desarrollados sobre suelos Argiudoles típicos que evolucionan en fase inclinada. Por esta razón, se utiliza la técnica de cultivos en terrazas teniendo en cuenta las curvas de nivel para desacelerar el escurrimiento y evitar el lavado del suelo. Finalmente, en la cuenca baja predomina la categoría forestal, mayormente en el sector urbanizado. Constituida por especies arbóreas introducidas en su mayoría salicáceas, coníferas, leguminosas y ulmáceas, que evolucionan sobre suelos tipo Argiudol típico.

3.2. Índice de Transformación Antrópica (ITA)

La aplicación del Índice de Transformación Antrópica permitió, por un lado, lograr un diagnóstico del grado de transformación del paisaje dentro de la cuenca; y por otro la coincidencia existente entre los mayores valores de ITA con las áreas afectadas por procesos como erosión hídrica y los episodios de avenidas. Las zonas donde el ITA es bajo (1-4,26) corresponden principalmente a las áreas de sierras, donde existen pocos usos de la tierra que afecten al sistema. Estas no presentan mayores problemáticas en cuanto a erosión hídrica causada por el mal manejo de zonas de cultivo ya que poca superficie está destinada a este uso. En cuanto al uso recreativo que se le da en algunos sectores, el mismo no produce una alteración peligrosa por lo que los valores de transformación son bajos.

Dentro de los valores de ITA medio (4,27-7,53) se encuentra la mayor superficie ocupada por uso de suelo agrícola y una menor proporción destinada al uso urbano que coincide con parte de la localidad de Villa Ventana. Los valores del ITA indican que las actividades antrópicas anteriormente mencionada afectan a la calidad ambiental. Dentro de los procesos negativos que producen, se pueden destacar los erosivos, en estos sectores el escurrimiento es por arroyamiento difuso, que afectan las áreas de cultivo, produciendo pérdida de suelos. Donde el agua de lluvia se concentra se produce la formación de cárcavas, las mismas se producen cercanas a los cursos de agua pero dentro de los campos, reduciendo la superficie cultivable. Estos procesos podrían amortiguarse si se produjera un manejo más eficiente de estas áreas. Una de las alternativas que se propone para reducir estos efectos negativos es la utilización de la técnica de cultivos en terrazas, es decir, respetando las curvas de nivel, la cual es aconsejada mayormente para campos con pendiente, debido a la necesidad de retener agua para que no se produzca el lavado del suelo y su consiguiente pérdida de fertilidad. En cuanto a las áreas ocupadas por residencias, en este caso particular la mayor parte son casas utilizadas en los fines de semana por los turistas que llegan al lugar, sin embargo, los mayores problemas se dan debido a la apertura de calles no pavimentadas las cuales quedan expuestas a la erosión y el lavado. Con las lluvias las regueras se reactivan y profundizan los márgenes de las mismas y dejan expuestas las raíces de los árboles dificultando el tránsito.

Finalmente el ITA alto (7,54 – 10,8) abarca una pequeña área de la cuenca. Aquí se desarrolla principalmente el uso residencial. El ITA alto se debe a que se encuentra en esta zona la mayor densidad de construcciones. La infraestructura cercana al arroyo El Belisario, sobre todo la que se halla sobre la llanura de inundación, es la que eleva considerablemente este índice. La misma está expuesta a desbordes debido a que el curso de agua es el principal colector de grandes

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6, p. 138-151. ISSN: 1578-5157

volúmenes de agua al producirse precipitaciones en la zona de cabecera de la cuenca. Esta característica del sector produce una importante modificación en el funcionamiento del sistema. Para paliar los efectos negativos de esta alteración se propone la restricción de la construcción de infraestructura para uso residencial sobre la llanura de inundación del arroyo y respetar el espacio natural de avance y retroceso de las aguas en períodos de crecida y estiaje.

3.3. Mapa de Riesgo de degradación Ambiental

En el mapa ([Figura 3](#)) se observa que el riesgo alto se localiza en las zonas de máxima pendiente, terrenos muy escarpados coincidentes con las nacientes de los arroyos y también, en el extremo NO de la cuenca. En este último sector, debido a la proximidad a la ruta provincial 76 y a la existencia de senderos que conducen a los cerros, al problema de erosión hídrica pueden identificarse otros conflictos relacionados con el pisoteo de especies autóctonas y con el peligro de incendios. Las zonas con riesgo medio se relacionan con problemas de erosión hídrica, tanto en las zonas de piedemonte, como en las márgenes de los arroyos y en el sector correspondiente a la cuenca baja donde se manifiestan los mayores inconvenientes sobre todo luego de fenómenos de avenidas. También, este riesgo medio se observa en las áreas cultivadas donde la erosión laminar origina procesos de remoción, pérdida de fertilidad y lavado de los suelos. El riesgo bajo predomina en el sector residencial donde las regueras se reactivan durante la lluvia y profundizan los márgenes de los caminos. Finalmente, el riesgo muy bajo corresponde a sectores elevados con densa cobertura vegetal (predominio de matorrales y árboles) que, ocasionalmente, son afectadas por incendios.

Conclusiones

Mediante la elaboración de mapas temáticos con base en la utilización de geotecnologías, trabajos de campo y tratamiento espacial con SIG, se ha desarrollado una metodología que permitió generar un modelo diagnóstico espacial en una cuenca serrana caracterizada por una creciente transformación del paisaje como consecuencia de las actividades agropecuarias por un lado y, turístico-recreativas, por el otro. Además, la integración de las variables estudiadas resultó de gran utilidad para determinar el grado de degradación ambiental así como también, identificar las zonas de intervención prioritarias.

En relación con el grado de transformación del paisaje, fue posible identificar al menos tres categorías de ITA: alto (7,54-10,8) predominando en la zona más urbanizada, medio (4,27-7,53) en áreas de uso urbano y agrícola y bajo (1-4,26) cubriendo la mayor superficie de la cuenca que, si bien no presenta un uso específico, es frecuentemente visitada por turistas. Los procesos de degradación más relevantes son derivados del mal uso que se realiza de la tierra por la actividad agrícola y la escasa planificación y gestión del espacio a partir de cuencas hídricas. Tales procesos se localizan en la parte inferior de la cuenca donde los valores de ITA corresponden a alto y medio. Esto conlleva a una progresiva degradación del medio así como el aumento de los peligros derivados de la dinámica natural de la cuenca.

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6, p. 138-151. ISSN: 1578-5157

Finalmente, el análisis integrado de las variables reveló el alto grado de fragilidad ambiental de la cuenca como consecuencia de la interrelación entre los eventos naturales y la acción antrópica. Se identificaron 4 categorías de riesgo donde los mayores inconvenientes se relacionan con procesos de erosión laminar en áreas cultivadas originando fenómenos de remoción, pérdida de fertilidad y lavado de los suelos; desarrollo de regueros en las zonas residenciales; eventos de avenidas de los arroyos e incendios.

La metodología propuesta, basada en aplicaciones SIG, pone en evidencia la necesidad de modificar las formas y estructuras tradicionales de generar información espacial y, al mismo tiempo, constituye una nueva forma de planificar el desarrollo tanto regional como localmente.

Referencias bibliográficas

- Angeles, G.R. y Uboldi, J.A., (1998): "Fire Risk Cartography of a Sector of the Ventana Mountain Range. A Case of Technological Transference to the Environment". *ISPRS-International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXII, Tome 6W4, 20-25, (ISSN 0256-1840).
- Bruniard, E. (1992): *Hidrografía, procesos y tipos de escurrimiento superficial*. Buenos Aires, Ed. CEYNE, 124 p.
- Capelli de Steffens, a. y Campo de Ferreras, A. (1994): *La transición climática en el sudoeste bonaerense*. Sigeo 5, serie: monografías. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. 76 p.
- Capitanelli, R. G., (1998): *Geografía Física y Medio Ambiente: revalorización y enseñanza. Método y técnicas de trabajo*. Ecogeo, Mendoza, 153 p.
- De Dios Centeno, J.; Fraile, M.J.; Otero, M.A. y Pividal, A.J. (1994): *Geomorfología Práctica. Ejercicios de fotointerpretación y planificación geoambiental*. Madrid, Ed. Rueda, 66 p.
- Gil, V. y Campo, A. (2000): "Cuenca del Arroyo del Oro: Características hidrográficas y los efectos sobre la población". *Actas III Jornadas de Geografía Física*, Universidad del Litoral, Santa Fe, 153-159.
- Giusso, E.; Ainchil, J.; Sacchi, M.; Rombulá, A.; Kruse, E. (1995): *Prospección geofísica con fines hidrogeológicos en Villa Ventana. Partido de Tornquist*. Universidad Nacional de La Plata. 80 p.; Inédito.
- Gonzales Uriarte, M. (1984): "Características geomorfológicas de la porción continental que rodea la Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires". *Actas 9no. Congreso Argentino de Geología*, Bariloche, Argentina, 556 – 576.
- Harrington, H. (1947): *Explicación de las hojas geológicas 33m y 34m Sierras de Curamalal y de la Ventana. Provincia de Buenos Aires*. Ministerio de Industria y Minería, Bs. As., 43 p.
- Hyndman, R.J. (1995): "The problem with Sturges' rule for constructing histograms". Australia, Monash University. In: www.buseco.monash.edu.au/~hyndman/papers/sturges.pdf. 2p.
- ITC. (1980): *El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos*, ITC, Enschede, 20-83 p.
- Mateo, J. (1991): *Geoecología de los Paisajes*. Universidad Central de Caracas. Monografía.
- Méndez, R.; Stadmuller, T y Vargas, O. (1996a): "Metodología para priorización de cuencas andinas a partir de las experiencias en una cuenca piloto: Cordillera del Tunari – Cuenca Taquiña. Parte I", *Boletín SELPER-MEXICO*, n° 34, Ed. SELPER, México, 14-29.

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): “Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)”, *GeoFocus (Artículos)*, n° 6 , p. 138-151. ISSN: 1578-5157

Méndez, R.; Stadmuller, T y Vargas, O. (1996b) “Metodología para priorización de cuencas andinas a partir de las experiencias en una cuenca piloto: Cordillera del Tunari – Cuenca Taquiña. Parte II”, *Boletín SELPER-MEXICO*, n° 35, Ed. SELPER, México, 14-26.

Otero, A.M. (2000): “Los espacios de montaña como espacios turísticos”. *Realidad, enigmas y soluciones en turismo*, vol. 1, CONDET, Neuquén, 115-133.

Sanchez Vicens, R. (1997): “O transporte de sedimentos em suspensao como parte da analise ambiental da bacia hidrográfica do rio Mazomba”, Universidade Federal do Rio de Janeiro, *Tese de Mestrado*, 117 p.

SAG y P-INTA. Proyecto PNUD. (1989): “Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires”. Buenos Aires. 525 p.

Thornwaite. (1948): “An approach toward a rational classification of climate”. *Geography*, n° 38.; USA, 55-94.

Van Zuidam, R. y Van Zuidam-Cancelado, F.I.; (1979). “Terrain analysis and classification using aerial photographs”. ITC Texbook of photo-interpretation, Vol. II, Enschede, 309 p.

TABLAS

Tabla 1. Ponderación según usos de la tierra.

Usos de la tierra	r	q
Recreativos	1	1
Sin uso específico	2	1,05
Ganadería	4	1,15
Agricultura	6	1,25
Urbano	8	1,35

Fte. Elaboración propia de los autores utilizando el método Delphi (Sanches Vicens, 1997).

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6 , p. 138-151. ISSN: 1578-5157

Tabla 2. Tabla de Valoraciones de las variables suelo, vegetación y pendiente.

-	↓		Limitante 1	Limitante 2
		1	Profundidad	Pedregosidad
		2	Profundidad	Rocosidad
		3	Profundidad	Susceptibilidad a erosión hídrica
+	↑	4	Susceptibilidad a erosión hídrica	

Valoración Suelo en base a los limitantes 1 y 2.

-	↓		Vegetación
		1	Forestal
		2	Pastizal
		3	Matorral
		4	Matas
		5	Cultivos

-	↓		Pendiente
		1	Llano a casi llano
		2	Pendiente
		3	Poco escarpado
		4	Escarpado
+	↑	5	Muy escarpado

Valoración de la Vegetación y la Pendiente.

FIGURAS

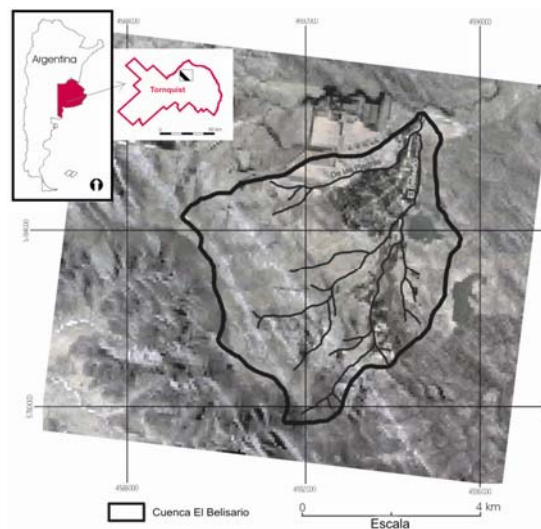


Figura 1. Área de estudio.
Elaboración propia de los autores

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6 , p. 138-151. ISSN: 1578-5157

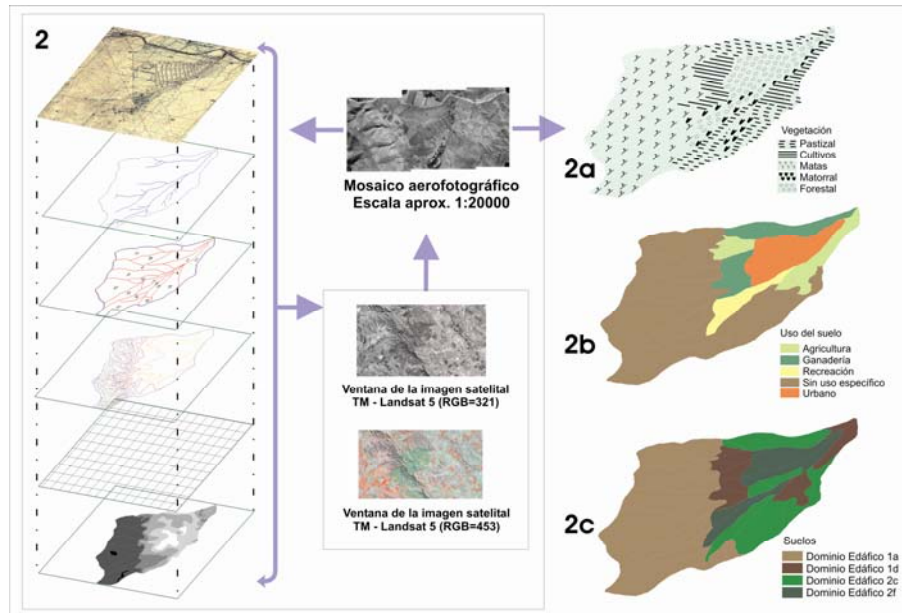


Figura 2. Elaboración de los mapas temáticos cobertura vegetal, usos de la tierra, suelos y pendientes.

Fuente: Carta topográfica, imágenes satelitales, fotos aéreas. Elaboración propia de los autores.

Ángeles, Guillermo R. y Gil, Verónica (2006): "Identificación del grado de transformación antrópica y riesgo ambiental en cuencas fluviales serranas. El caso de la cuenca del arroyo El Belisario (Argentina)", *GeoFocus (Artículos)*, n° 6 , p. 138-151. ISSN: 1578-5157

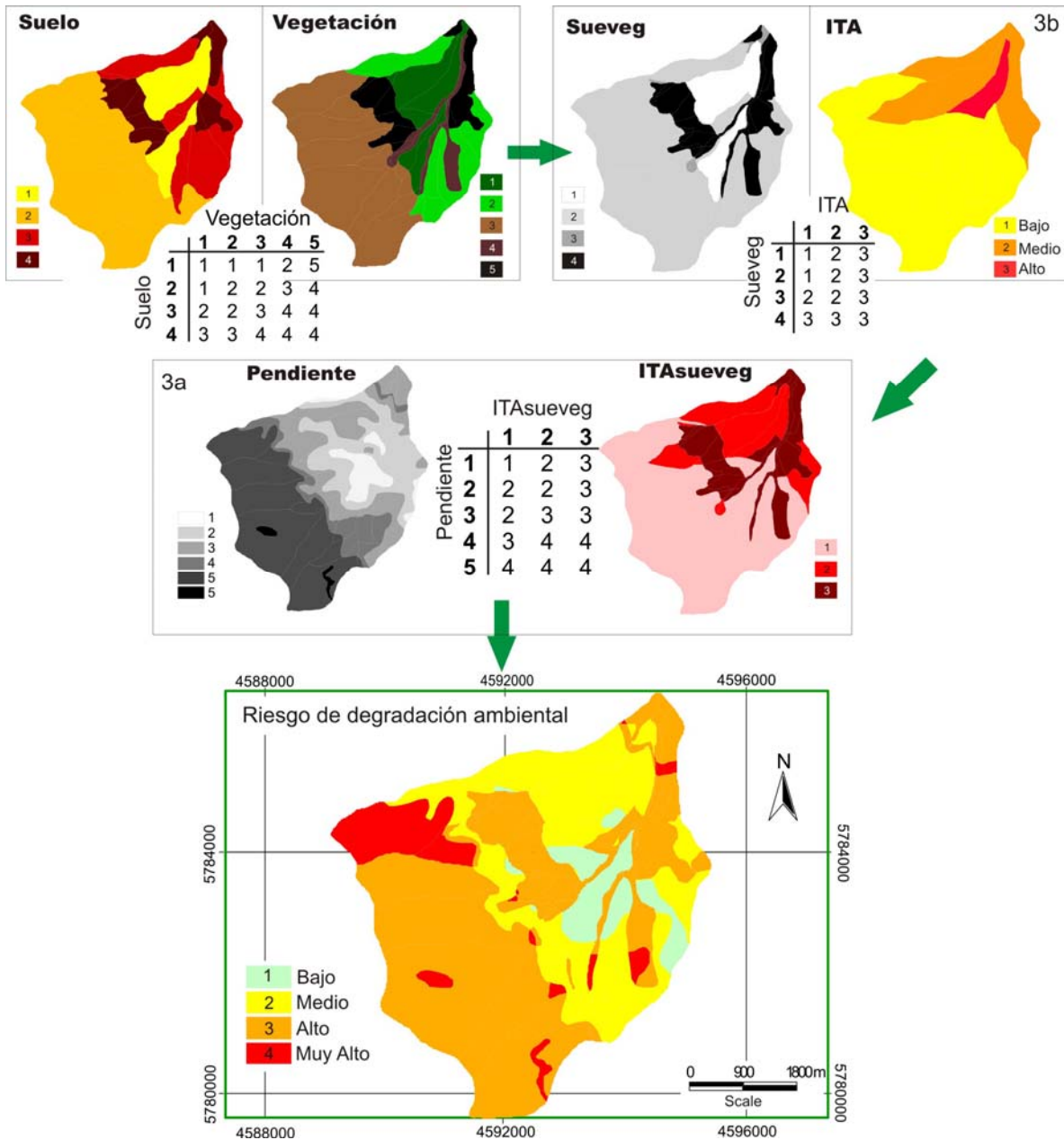


Figura 3. Combinación de mapas temáticos para la obtención del riesgo de degradación ambiental de la cuenca del arroyo El Belisario.

Elaboración propia de los autores