

Herrera, Luis ; Castellarín, Julio ; Sanchez, Julio ; Casiello, Francisco

Herramientas y métodos para la caracterización de la sostenibilidad socio, productivo, ambiental en áreas representativas de la cuenca del río Carcarañá, en el sur de la Provincia de Santa Fe II

Energeia, Año 14, N° 14, 2016

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central “San Benito Abad”. Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Herrera, L, et al. Herramientas y métodos para la caracterización de la sostenibilidad socio, productivo, ambiental en áreas representativas de la cuenca del río Carcarañá, en el sur de la Provincia de Santa Fe II [en línea]. *Energeia*, 14(14), 2016.

Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/herramientas-metodos-sostenibilidad-socio-ii.pdf>
[Fecha de consulta:]

Herramientas y métodos para la caracterización de la sostenibilidad socio, productivo, ambiental en áreas representativas de la cuenca del río Carcarañá, en el sur de la Provincia de Santa Fe II

Luis Herrera, Julio Castellarín, Julio Sánchez y Francisco Casiello

Facultad de Química e Ingeniería del Rosario. Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA)
Av. Pellegrini 3314 – 2000 – Rosario – Santa Fe – Argentina
{jcastellarin,fcasiello}@uca.edu.ar

Abstract. *This paper addresses the socio-environmental characterization of a stretch of the Rio Carcarañá that crosses the southern province of Santa Fe, Argentina. To achieve this goal the use of the multimodal methodology and Geographic Information Systems (GIS), is proposed to generate a framework of social as well as biophysical and energy assessments and also sketching empirical models and / or theorists who allow interpreting the dynamics of different pollutants in the watershed and the public concerns regarding these issues.*

Keywords: *Multimodal Methodology, Geographic Information Systems (GIS), Carcaraña River Basin.*

Resumen. *El presente trabajo aborda la caracterización socio-ambiental de un tramo de la cuenca del Río Carcarañá que atraviesa el sur de la Provincia de Santa Fe, en Argentina. Para lograr este objetivo se propone el empleo de La metodología multimodal y de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para generar un marco de evaluaciones tanto sociales como biofísicas y energéticas y además bosquejar modelos empíricos y/o teóricos que permitan interpretar la dinámica de los diferentes contaminantes en la cuenca, así como las preocupaciones de la población con relación a estos temas.*

Palabras Clave: *Metodología Multimodal, Sistema de Información Geográfica (SIG), Cuenca del Río Carcarañá.*

1. Introducción

El desarrollo de la agricultura extensiva en el sur de la provincia de Santa Fe ha sido un elemento determinante del crecimiento económico y de la expansión tanto de las áreas de uso agropecuario, como del medio urbano y recreacional hacia el rural. El área de interés en este estudio pertenece al tramo inferior de la denominada “Cuenca del río Carcarañá” [Venencio, 2007], que atraviesa de oeste a este la provincia de Santa Fe con una superficie aproximada de 4700 km². Dicha cuenca es interprovincial (atraviesa las provincias de Córdoba y Santa Fe) y se extiende por más de 60.000 Km² en el territorio argentino. Encuentra su inicio en la provincia de Córdoba continuando por la parte centro y sur de la misma para luego atravesar la frontera provincial por el sur de la provincia de Santa Fe donde encuentra su cierre. Los cursos de agua superficiales más importantes son el Río Tercero y el Río Cuarto que al unirse antes de cruzar la frontera inter-provincial reciben el nombre de Carcarañá.

Dentro de la delimitación de la cuenca se encuentran alrededor de 140 localidades de ambas provincias y más de 400.000 habitantes. Ninguno de los dos grandes conglomerados urbanos provinciales, Córdoba y Rosario, se encuentran comprendidos en el perímetro de la cuenca, lo cual le imprime un perfil eminentemente rural. Se destaca a lo largo de la cuenca la presencia de localidades pequeñas y medianas, con un número reducido de localidades entre 50.000 y 100.000 habitantes y predominando aquellas con menos de 10.000. Por otro lado a lo largo de la misma podemos observar diferentes patrones de usos del suelo e influencia de actividades económicas.

En la explotación rural, si bien el avance de la agricultura de la mano del monocultivo de soja se refleja en toda la cuenca, se observa una mayor incidencia de la ganadería en la parte alta, como así también mayor presencia de vegetación nativa. Este cuadro se desdibuja en la parte central para terminar con la presencia de cultivo de soja en más de un 80% de la superficie sembrada en la parte baja [Documentos técnicos, INTA - UCA, 2012]. La actividad industrial en las zonas urbanas sufre el mismo tipo de intensificación desde el centro y hacia el cierre de la cuenca.

Del mismo modo, la actividad turística y recreativa va sufriendo importantes modificaciones, mientras que en la parte alta es intensa, en la parte baja los usos del agua se presentan más limitados. Esta heterogeneidad se repite en las fuentes de agua para consumo humano, mientras que en la parte alta se utiliza agua superficial para este fin, en la parte media y

baja se utiliza agua subterránea. En este contexto los conflictos se definen como la divergencia entre los diferentes objetivos que tienen los grupos de interés a lo largo de la Cuenca del río Carcarañá.

Básicamente, aplicando la metodología Multimodal, se analizará los conflictos generados por la contaminación hídrica, producto de la actividad agrícola en una determinada Cuenca del sur de la Provincia de Santa Fe. También se identificarán los sectores claves en el uso del agua en la Cuenca del río Carcarañá. Finalmente se analizará el sistema de reglas constitucionales y operativas contenidas y definidas en la legislación local, provincial y nacional. También se analizará el diagnóstico que hacen los propios agentes involucrados en el problema.

La cuenca objeto de estudio nos ofrece una relativa homogeneidad que la vuelve asequible, por un lado, pero al mismo tiempo una diferenciación interna que da lugar a la identificación de diferentes grupos de interés. De esta manera se busca representar mediante un análisis multimodal, los conflictos relacionados con la contaminación del agua en la Cuenca del río Carcarañá, donde los conflictos derivados de la contaminación del agua y la escasez relativa pueden modelarse con esta metodología de estudio.

2. Objetivos

- 1) Dar a conocer cuáles son las herramientas con las que se cuenta para modelizar las modalidades propias de la naturaleza, de modo de poder caracterizar la vulnerabilidad ambiental de la cuenca por pérdida de bienes y servicios ecosistémicos.
- 2) Mostrar las herramientas conceptuales disponibles para evaluar el soporte ambiental, el uso de los recursos y la sostenibilidad ambiental, empleando un marco de evaluaciones biofísicas y energéticas.
- 3) Esbozar modelos empíricos y/o teóricos que permitan interpretar la dinámica de los diferentes contaminantes en la cuenca.
- 4) Bosquejar la manera en que dichos modelos pueden ponerse en correspondencia con los aspectos propios de las ciencias sociales, de modo de integrar los mismos en un modelo socio-productivo integral capaz de describir la realidad compleja de la región de interés.

3. Métodos propuestos a ser empleados

En el presente trabajo se propone la aplicación del enfoque propio de la metodología multimodal ya que se entiende como el adecuado marco teórico para abordar problemas complejos y plurales, como lo es la gestión integrada de los recursos hídricos, en donde esta metodología adquiere particular importancia [Casiello, 2011], integrando dentro de la misma el empleo de modelos formales de la cuenca y de la difusión de agroquímicos y fertilizantes en el curso superficial de la cuenca y su aporte en las aguas subterráneas.

En el informe anterior [Herrera et. al, 2014], se destacaba la necesidad de estudiar la contaminación agrícola del agua a nivel de cuenca ya que a partir de su comportamiento hidrológico es posible predecir su capacidad de generación y exportación de contaminantes. Este estudio preliminar nos permitirá diseñar estrategias de atenuación de dicha fuente de contaminación. Ahora bien, como soporte a la toma de decisiones, a dicha escala, tanto la erosión y el escurrimiento, como la dinámica de los contaminantes químicos y biológicos pueden ser cuantificados mediante modelos hidrológicos de base física. El modelado hidrológico es a menudo el primer paso en el desarrollo de sistemas de decisión espacial para identificar áreas vulnerables a la contaminación por nutrientes, y pesticidas, así como también contaminantes biológicos.

Justamente, la necesidad de evaluar los efectos que causan cambios de uso y manejo de la tierra sobre la conservación del suelo y calidad del agua, ha llevado a recurrir cada vez con más frecuencia al uso de modelos de simulación, ya que es más económico y racional que realizar mediciones reales que generalmente deben ser de larga duración y además se evita modificar el ambiente con fines experimentales. Los modelos de simulación hidrológicos como el SWAT (Soil and Water Assessment Tool) fueron desarrollados para predecir impactos de las prácticas de manejo de las tierras en las aguas, sedimentos y agroquímicos en cuencas hidrográficas con diferentes suelos, usos y prácticas en largos períodos de tiempo.

Este modelo en particular, aunque esté siendo aplicado en todo el mundo, todavía su uso no está muy difundido en la Argentina. Ante esta circunstancia un modelo para la simulación hidrológica como el que provee el software SWAT es válido para nuestro caso de estudio (Cuenca del río Carcarañá) aunque originariamente haya sido generado en Estados Unidos. SWAT es el acrónimo en inglés para Soil and Water Assessment Tool. Es un software de modelado hidrológico, diseñado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en conjunto con la Universidad de Texas y distribuido en forma gratuita, desde el siguiente sitio web: <http://swat.tamu.edu/>

Este paquete de software permite simular la producción de agua y sedimentos en cuencas hidrográficas de gran escala, cuencas complejas, con diferentes suelos, usos de terreno y condiciones de manejo en periodos de tiempo mayores de un año, también simula el efecto que tienen determinadas prácticas agronómicas en la calidad del agua por el uso de

pesticidas y fertilizantes. SWAT permite la simulación de un gran número de procesos físicos en la cuenca. Esta es fraccionada en varias sub-cuencas a través de un valor de área umbral, que dependerá del objetivo y de la exactitud del estudio, dichas sub-cuencas poseen una posición geográfica determinada y están relacionadas con las vecinas. Las sub-cuencas se dividen en unidades de respuesta hidrológica (HRU) que conforman una combinación única de tipos de suelo, usos y cobertura, de forma que cada sub-cuenca posee al menos una HRU. La subdivisión de la cuenca permite al modelo reflejar diferencias en la evapotranspiración para varios tipos de suelos y coberturas.

Como lo sugiere la bibliografía [Gassman et. al, 2007] para determinar las HRU, en nuestro caso de estudio, se reducirá los tipos y uso de suelo que constituyen una minoría, es decir se establecerá áreas umbrales en función del porcentaje de ocupación de los mismos respecto al área total de la cuenca tal que, por debajo de estos umbrales se descartan como HRUs diferentes. Los valores recomendados para este tipo de cuenca son de menor de un veinte por ciento para uso de suelo y un diez por ciento para el tipo de suelos. En este sentido un análisis preliminar de la cuenca del Carcarañá, nos permite inferir que si bien se desarrollan diversas actividades vinculadas al uso del suelo, según sea la capacidad de uso de la tierra, aplicando este control de escala (áreas umbrales) resulta que, para la estimación de caudales líquidos y sólidos los escenarios de uso de suelo son uniformes en toda la extensión de la cuenca.

SWAT es un modelo basado en principios físicos, es decir, en lugar de integrar ecuaciones regresivas para describir las relaciones entre las variables de entrada y salida, el software requiere de datos específicos acerca del clima, propiedades físicas del suelo, topografía, vegetación y prácticas de manejo de suelo. La base conceptual del modelo para identificar los que pasa en la cuenca es predecir el comportamiento del ciclo hidrológico. Así con el paquete de software SWAT se puede predecir los efectos que tienen las distintas decisiones de manejo en la calidad de agua, sedimentos, nutrientes y cargas de pesticidas en cuencas sin monitoreo.

Los componentes principales de SWAT incluyen: (1) el clima, (2) la escorrentía superficial, (3) los flujos de retorno, (4) la infiltración, (5) la evapotranspiración, (6) las pérdidas por transmisión, (7) el almacenamiento por reservorios, (8) el crecimiento de cultivos, (9) la irrigación, (10) el flujo de aguas subterráneas, (11) el direccionamiento de las corrientes, (12) la recarga de nutrientes y pesticidas y (13) la transferencia de agua. En los E.E.U.U. estos tipos de modelos y técnicas de simulación numérica son aplicados y actualizados por el Departamento de Agricultura (Agricultural Research Service USDA-ARS) y por la Agencia Medioambiental (Environmental Protection Agency - EPA).

En una etapa posterior, la integración del modelo de simulación SWAT y el modelo hidrodinámico provisto por MODFLOW es una alternativa a estudiar en la cuenca del Carcarañá, dado que contamos con algunos estudios y desarrollos en Visual Modflow (V.M.). El potencial de respuesta hidrológica – hidrodinámica de la integración SWAT - MODFLOW es también reportado en el sitio de SWAT (<http://swat.tamu.edu/>).

Recordemos que Visual Modflow (V.M.) es una herramienta de modelación de flujo subterráneo en dos y tres dimensiones. Es esencialmente un modelo numérico de flujo y transporte que calcula las áreas de contribución a las captaciones mediante modelos computacionales que utilizan una combinación de ecuaciones complejas de la hidráulica subterránea. El modelo V.M. representa el medio físico mediante series de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que se obtienen de los procesos reales de hidráulica subterránea a través de (p.ej. Ecuación de Continuidad, Ley de Darcy, etc.).

Lo más interesante es que una vez calibrado este modelo, es decir, asegurada su confiabilidad, mediante la contrastación de los datos obtenidos en el terreno, el mismo permite simular procesos y obtener información a tiempo futuro de lo que ocurrirá en el medio, prediciendo los hechos.

Los modelos hidrológicos de simulación, precisan datos de entrada con información espacialmente distribuida de suelos, uso de suelos, elevación del terreno e información hidro-climática, en formato digital (bases de datos). La generación de esta base de datos requiere de una recopilación, tratamiento y carga de grandes volúmenes de información. También es importante que estos datos estén estandarizados para obtener mayor consistencia, consolidación y comunicación.

Por tal motivo, en esta etapa de trabajo, nos proponemos sistematizar toda la información disponible sobre la cuenca a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG). En esta etapa de desarrollo del proyecto cobran vital importancia los SIG, ya que con ellos se puede lograr la administración de una gran cantidad de información distribuida espacialmente en forma rápida y eficaz. Buscamos con la sistematización de los datos en un sistema de información geográfica incrementar la eficiencia del conjunto de datos y permitir que los datos puedan ser utilizados en distintas aplicaciones.

Específicamente, en Santa Fe, para el uso de la tecnología SIG, se cuenta con la asistencia y asesoramiento de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe – IDESF. La IDESF, es el conjunto de estándares y recursos tecnológicos que facilitan la producción, obtención, uso y acceso de información geográficamente referenciada de cobertura provincial: <http://www.idesf.santafe.gov.ar/idesf/index.php/ide>.

Se trata de un servidor de datos geográficos: límite provincial, de departamentos, de distritos y de localidades, rutas, ferrocarriles, manzanas y ejes de la planta urbana de ciudades, entre otras, los que se pueden visualizar y descargar.

También tenemos planeado utilizar el software gvSIG. El mismo es un sistema de información geográfica elaborado por la Generalitat Valenciana y Unión Europea (2004), cuyo acceso es libre: <http://www.gvsig.com/es>

Los SIG además de ser una poderosa herramienta para la dotación de datos de modelos con elevado grado de detalle espacial, permiten el intercambio de información almacenada en diferentes formatos (archivos de texto, planillas de cálculo, bases de datos, programas de diseño asistido por computadora tipo CAD, etc.). Asimismo poseen un entorno visual para la representación de los resultados que resulta muy útil a fin de detectar errores groseros, cosa que se torna casi imposible mediante la simple observación de una matriz de datos.

En cuanto a la representación topográfica de la cuenca se planea generarla mediante la realización de un modelo digital del terreno (MDT). Pero como la información disponible de la cuenca de estudio es distinta procedencia y formato, es necesario particularizar algunas tareas del procesamiento para llegar al resultado buscado. Como información de partida se cuenta con las cartas de Suelos del INTA, contando con esta DATA en formato no digital, se planea realizar dos tareas: (a) georreferenciación de estas cartas a partir de puntos de ubicación conocida y (b) digitalización de la información. Para la georreferenciación de las cartas se propone utilizar el programa gvSIG y en cuanto a la digitalización de las cartas se puede realizar utilizando algún software tipo CAD.

4. Conclusiones

Si bien este trabajo está todavía en su etapa inicial, a través de la metodología multimodal y del uso de una herramienta informática (Sistema de Información Geográfica), hemos podido nuclear a un equipo interdisciplinario en torno a la caracterización socio-ambiental de un tramo de la cuenca del Río Carcarañá y hemos podido abordar esta problemática compleja. También se han generado algunas publicaciones, presentaciones en Congresos y se continúa trabajando en este sentido. El desafío siguiente es incorporar a mas docentes y alumnos interesados en esta temática de estudio.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), por establecer un convenio marco que está permitiendo desarrollar este proyecto de fuerte carácter interdisciplinario.

5. Referencias

Casiello, F., Villarruel, J. M., "The Acceptance and Progress in Argentina of Multi-Modal Systems Thinking for Community Development", Systemic Practice and Action Research, Springer Verlag, 2011, Volume 24, Number 6, pp. 523-531.

Documentos Técnicos, Convenio de Cooperación Técnica UCA - INTA (N° 22078), año 2012.

Gassman P. W., Reyes M. R., Green C. H., Arnold J. G. "The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research directions", Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers) Vol. 50(4): 1211-1250, 2007.

Herrera L., Castellarin J., Sanchez J., y Casiello, F., "Herramientas y métodos para la caracterización de la sostenibilidad socio, productivo, ambiental en áreas representativas de la cuenca del río Carcarañá, en el sur de la Provincia de Santa Fe", ENERGEIA, Año 12, N° 12, 2014.

INTA (1988). Cartas de Suelo de la República Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

INTA (1990) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Atlas de Suelos de la República Argentina. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. Tomo II. Proyecto PNUD Argentina 85/019. ISBN 950-432964-2.

Venencio, M. Del Valle, "La Recarga Natural al Acuífero Libre y su Vinculación con la Variabilidad Climática Regional", Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Física y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, 2007.

Viglizzo, E. F., Frank, F. C., "Erosión del suelo y contaminación del Ambiente", en Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental, Viglizzo, E., Jobbágy (Editores), Ed. INTA, Bs. As., 2010, pp. 37 – 41.