Pontificia Universidad Católica Argentina
Biblioteca digital de la Universidad Católica Argentina

Herrera, Luis ; Castellarín, Julio ; Sánchez, 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

Energeia, Año 12, Nº 12, 2014

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 [en línea]. *Energeia*, 12(12), 2014. Disponible en:
http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/herramientas-metodos-sostenibilidad-socio.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

Luis Herrera, Julio Castellarín, Julio Sánchez y Francisco Casiello

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

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. El sector de interés ha sido especialmente afectado por el desarrollo de la agricultura extensiva que, si bien 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, ha sido sometido a un uso extensivo que requiere analizar la vulnerabilidad ambiental de la cuenca por pérdida de bienes y servicios ecosistémicos, evaluar el soporte ambiental, el uso de los recursos y la sostenibilidad ambiental. Para lograr este objetivo se propone el empleo de La metodologia multimodal, 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, Cuenca Río Carcaraña.*

Abstract. *This paper addresses the socio-environmental characterization of a stretch of the Rio Carcarañá that crosses the southern province of Santa Fe, Argentina. The area of interest has been particularly affected by the development of extensive agriculture. The latter, although it has been a key determinant of economic growth and expansion in both the areas of agricultural use, such as urban and rural recreational means towards, has undergone such an extensive use that requires analyzing the environmental vulnerability of the basin for loss of ecosystem goods and services, evaluate the environmental support, the use of resources and environmental sustainability. To achieve this goal the use of the multimodal methodology 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, Carcaraña River Basin.*

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" (Figura 1), que atraviesa de oeste a este la provincia de Santa Fe con una superficie aproximada de 4700 km^2. Esta porción de la cuenca se emplaza entre los 32° 26' y 33° 20' de Latitud Sur y los 62° 04' y 60° 36' de Longitud Oeste formando parte los departamentos Belgrano e Iriondo al norte del río Carcarañá y Caseros y San Lorenzo al sur del mismo, con una longitud de 140 km, con márgenes que oscilan entre 3 y 4 metros de altura y un ancho medio de 65 m, presentando un derrame medio anual de 2626 hm^3 entre 1981 y 2003 y un valor máximo de 5100 hm^3 en el año hidrológico 2001/2002 [Venencio (2007)].

Figura 1 – Cuenca del Río Carcarañá. Fuente: Venencio (2007)

El proceso de crecimiento indicado anteriormente en esta cuenca, fue acompañado por algunos problemas que fueron subestimados como: mayor producción de desechos urbanos resultantes de un consumo creciente; acumulación de materiales no degradables; residuos industriales, como fuentes probables de contaminación del aire, del agua superficial y subterránea y de los suelos.

Algunos autores [Viglizzo y ot. (2010)] señalan esto como "frentes estructurantes de avance" lo cual significa que toda expansión de la agricultura tiende a transformar la dinámica económica, social y ambiental de las regiones intervenidas. La región objeto del estudio es una de las más afectadas en este sentido [Viglizzo (2010)], con áreas de vulnerabilidad para el ordenamiento territorial sostenible [Pappa (2009)]. El modelo productivo agrícola extensivo se caracteriza por el predominio de los cultivos sin labranza, con una superficie en siembra directa de 19 millones de hectáreas, por las escasas rotaciones con una marcada tendencia al monocultivo de soja con 16,6 millones de hectáreas de soja tolerante a glifosato y una relación soja de primera - maíz de alrededor de 8/1 en 2007/2008 y por la elevada dependencia de unos pocos herbicidas, prácticamente como opción exclusiva para manejar malezas, con un indiscutible predominio del glifosato (Figura 2).

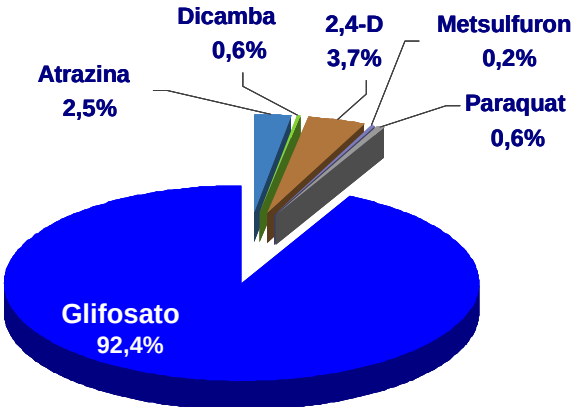

Figura 2 - Importancia relativa del glifosato dentro del conjunto de herbicidas utilizados en el barbecho en el mercado argentino. Fuente: Papa (2009)

En nuestro país durante la campaña 2009/2010 se utilizaron aproximadamente 257 millones de litros de glifosato de los cuales aproximadamente el 52% se aplicó durante el período de barbecho y un 42% en el cultivo de soja. Es el más utilizado dentro del área que se estudiará en el presente proyecto, alcanzando valores mayores a 5 litros por hectárea y por año [Papa (2009)]. Si bien el glifosato como tal no es volátil y tiene escasa movilidad, sus metabolitos probablemente más tóxicos y móviles podrían contaminar el suelo, las aguas subterráneas y superficiales y el riesgo se incrementa por la utilización intensiva que de él se realiza [Cerdeira (2006)]. A este habría que agregarle otros principios activos, algunos de gran persistencia.

Sin embargo la presión de selección ejercida sobre la flora de malezas del agroecosistema no está determinada sólo por la cantidad de glifosato utilizado sino también por la modalidad con que se lo emplea y por la escasa o nula rotación con otros principios activos como resultado de lo cual se están verificando casos de tolerancia y de resistencia. La tolerancia a un herbicida se la puede definir como la capacidad natural y heredable de la totalidad de los individuos de una especie para sobrevivir y reproducirse luego de la aplicación del herbicida debido a características morfológicas y fisiológicas propias de la especie, por lo tanto las especies que son tolerantes nunca antes fueron susceptibles; mientras que la resistencia a un herbicida se la define como la capacidad heredable de una población o biotipo para sobrevivir y reproducirse después de la aplicación de una dosis de herbicida que era letal para la población original.

El modelo AgroEcoIndex, por ejemplo, mostró un coeficiente de correlación (lineal y positivo) de 0,65 y 0,85 entre el porcentaje de área cultivada y el riesgo relativo de contaminación por plaguicidas para los periodos 1956/60 y 2001/05 respectivamente. Si bien en este último periodo analizado se utilizaron fitosanitarios menos agresivos con el ambiente, el incremento observado en el riesgo de contaminación se explica a través de un aumento significativo del área cultivada con soja [Viglizzo (2010)]. A los problemas urbanos se sumaron otros como la erosión y degradación de los suelos, la sedimentación de ríos y cuerpos de agua, la destrucción del hábitat natural y la pérdida de vida silvestre [Menendez (2002)]. Este estudio emplea el término "sostenibilidad" para remarcar el hecho de que, para lograr y asegurar la continuidad de un bienestar, son importantes no sólo establecimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas que permitan operar a los ecosistemas regionales dentro de su zona de resiliencia, sino también el esfuerzo comunitario y el compromiso de las instituciones que tienen injerencia en la región de interés. Al escenario indicado anteriormente se agrega una falta de trabajos de investigación que caractericen la situación socio-productiva-ambiental de una manera integrada en la zona mencionada, vacio que este trabajo pretende comenzar a llenar.

La aplicación del enfoque sistémico multimodal a entornos de este tipo, en el que se requiere la integración con modelos propios de las ciencias naturales a los efectos de representar los movimientos de nutrientes y fitosanitarios en aguas superficiales y subterráneas, a la vez que diseñar políticas de acción tendientes a limitar la carga dentro de la capacidad de absorción del ecosistema natural, a la vez que se tiene en cuenta el impacto de estas acciones sobre la vida cotidiana de la población, su desarrollo social y el bienestar de la comunidad, representa un desafío. Para ello se plantean los siguientes objetivos para el presente trabajo:

Objetivos

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.

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.

Esbozar modelos empíricos y/o teóricos que permitan interpretar la dinámica de los diferentes contaminantes en la cuenca.

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.

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 un informe anterior [Casiello (2003)], se ha observado que la metodología sistémica multimodal ha quedado ubicada dentro de las que son capaces de abordar el modelaje de sistemas complejos, atendiendo situaciones pluralistas y coercitivas. Esto es así porque permite el abordaje de problemas que involucran múltiples aspectos: éticos, estéticos, laborales, económicos, físicos, etc., y permite tratar situaciones donde los participantes tienen intenciones diferentes. Específicamente, en el caso de la cuenca del Carcarañá, en el sur de la provincia de Santa Fe, se procederá a identificar

las siguientes modalidades.

Aspectos éticos: Se refieren a la ética en la distribución de la riqueza, al cuidado y preservación de la naturaleza, desde el punto de vista filosófico teológico.

Aspectos Jurídicos: Tienen que ver con la legislación tanto vigente como necesaria, para la regulación de la actividad agropecuaria en la región y en el país, pretendemos también incluir aspectos tales como contratos de arrendamiento y límites constitucionales en la carga impositiva.

Aspectos Económicos: Están vinculados con varios puntos tales como los aspectos relacionados con los beneficios económicos de los propietarios y de las partes arrendatarias, el impacto del precio internacional de los productos agropecuarios (soja, maíz, carne, etc.) el problema del cultivo exclusivo de la soja frente a cualquier otro tipo de explotación de menor rendimiento, la situación macroeconómica del país y los aspectos económicos del sistema de retenciones.

Aspectos sociales: Conciernen a una descripción del tipo de vínculos sociales que se entraman en la actividad agropecuaria. No solo se tiene en cuenta la naturaleza del trabajo sino también la vida social en instituciones diversas y actividades espontaneas.

Aspectos biológicos y físicos: Son los que hacen referencia especialmente al impacto ambiental del monocultivo de soja y otros relacionados con la preservación del ecosistema físico y biológico.

Aspectos Matemáticos: Son los que refieren a una formalización del proceso económico en cuestión, así como sus implicancias en cuestiones sociales y ambientales.

Una vez constituidas las distintas modalidades se procederá a identificar la relación entre las mismas y la manera en que ellas se afectan mutuamente, constituyendo así un verdadero análisis interdisciplinar. De este trabajo surgirá un diagnostico y propuestas de solución basadas en la actividad conjunta de las diversas instituciones que obran en el sector. En definitiva, este trabajo aplicado a un caso concreto de estudio permitirá visualizar las potencialidades del enfoque de la metodología multimodal.

Los modelos físicos y biológicos obrarán como "relatos referenciales" [Casiello et al, 2003], de modo que permitirán valorar y cotejar las percepciones sociales con relación a cuestiones relativas al uso de la tierra en agricultura con el conocimiento científico vigente.

En particular, en lo que respecta a los aspectos físicos y a los efectos de identificar las áreas de mayor vulnerabilidad para el ordenamiento sostenible del territorio, se está subdividiendo la región de interés en áreas homogéneas (AH) y unidades de paisaje (UP) y se evaluará la vulnerabilidad mediante el uso de indicadores como el AgroEcoIndex [Monti y ot (2010)].

Para analizar nutrientes, fitosanitarios y sus metabolitos y eutrofización, se tomarán muestras en estaciones de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, así como en el suelo. A partir de estos datos de campo se trabajará en la modelización, mediante el paquete de software WASP6 (USEPA), el flujo de nutrientes y contaminantes en el Río Carcarañá y sus tributarios principales. Dentro de ellos se determinarán cuáles son los de mayor contribución de contaminación.

De la misma manera se intenta modelar el comportamiento del flujo subterráneo a través del Software Visual Modflow y MT3D, para visualizar los efectos posibles de los contaminantes en el medio subterráneo. Recordemos que Visual Modflow (V.M.) es una de las más completas herramientas 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.). Si por otro lado agregamos las condiciones iniciales de nuestro Sistema (estado al t=0), la geometría del medio, es decir la topografía del área considerada y las propiedades físicas del mismo como ser: permeabilidad, transmisividad, almacenamiento y finalmente fijamos las condiciones de contorno, o sea, hasta donde consideramos que se extiende nuestro Sistema y donde dejan de tener influencia los procesos en el considerados y finalmente introducimos las variables de entrada al sistema como ser la infiltración o recarga, obtenemos un complejo de ecuaciones diferenciales a resolver que representan posibles escenarios futuros.

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. Además, con el programa MODPATH (accesorio del Visual Modflow) se pueden observar las trayectorias de los filetes acuíferos que inciden sobre un determinado punto, delimitando así áreas de captura del flujo subterráneo, lo que es una aproximación a los perímetros de protección de las captaciones de agua subterránea.

En los E.E.U.U. estos tipos de modelos y técnicas de simulación numérica son aplicados y actualizados por el Geological Survey (GS) y por la Enviromental Protection Agency (EPA), la principal agencia medioambiental a nivel mundial. Ahora bien, Tengamos presente que tanto estos modelos como los instrumentos económico-ambientales recomendados por la EPA, para las descargas puntuales y no puntuales, no están exentos de limitaciones, entre ellas, la dificultad para valorar en términos monetarios los beneficios, la incertidumbre sobre los daños y la falta de información, entre otros. Sin embargo, el efecto de las regulaciones en el mejoramiento de la calidad del agua es innegable, sobre todo en países donde las normas van acompañadas de apoyos financieros y de programas de educación y donde existe una vigilancia eficiente por parte de la autoridad reguladora.

Una vez determinados los impactos, será posible trabajar en el diseño de cuotas para la intervención de los sectores agrícolas con fitosanitarios y nutrientes. El impacto económico de los mismos puede ser adecuadamente analizado mediante el enfoque multimodal. Entre las alternativas para el diseño de cuotas, que supone la vigilancia y cumplimiento de regulaciones es posible gracias a la madurez de las instituciones involucradas en estas acciones, pero sobre todo al hecho de que se aplican a descargas que se pueden observar y cuantificar, tal como lo plantea el esquema de trabajo TMDL (Total Maximum Daily Load), fuertemente recomendado por la EPA en http://water.epa.gov/lawsregs/lawsguidance/cwa/tmdl/overviewoftmdl.cfm:

$$TMDL = \sum_{i=1}^{n} WLA_i + \sum_{1=1}^{n} LA_i + MOS$$

WAL: fuentes puntuales de descargas

LA: fuentes no puntales de descargas

MOS: Margen de seguridad

Un problema, aún dentro del campo de las ciencias naturales es el caso de las descargas no puntuales. Éstas no se pueden observar y su cuantificación es difícil por razones técnicas y económicas; por lo tanto tampoco se puede identificar al responsable de la descarga y el monitoreo de ésta resulta sumamente complicado. Esta es la situación de la agricultura bajo riego, la ganadería con altas concentraciones de animales, etc., tal como es nuestro caso de estudio. Hasta hace algunos años, el foco principal de atención en relación con la contaminación de cursos de agua era la contaminación directa o puntual, sin embargo, en la actualidad existe una creciente preocupación por la contaminación difusa, principalmente desde los lotes agrícolas, de esta forma, los problemas particulares de las descargas difusas de los diferentes sistemas del sector agropecuario, han dado lugar al desarrollo de una "teoría de las descargas no puntuales".

Podemos establecer como punto de partida de la teoría de las descargas no puntuales el trabajo de Ronald Griffin y Daniel Bromley [Griffin y Bromley (1982)] quienes aportan el concepto "función de producción no puntual" (FPNP) para medir, en forma directa, las emisiones contaminantes de la agricultura que no podemos observar. Las FPNP relacionan opciones de producción, con emisiones que se estiman a partir de modelos hidrológicos y estadísticos, y constituyen la base para la toma de decisiones ambientales. La expresión del modelo para la iésima granja la FPNP es:

$$r_i(x_i, \alpha_I) \qquad (1)$$

donde:

r_i son las emisiones no puntuales o FPNP

x_i es el vector (1 x m) de opciones de producción y control de contaminación (insumos)

α_I representa las características físicas del lugar (tipo de suelo, topografía)

Fuente: Griffin y Bromley (1982).

Esta FPNP representa un estimador de las descargas no puntuales (DNP) no observables, a diferencia de las emisiones puntuales que se pueden observar sin error. Cuando la autoridad ambiental fija un objetivo a un cuerpo de agua, la estimación parte de las concentraciones ambientales que incluyen la suma de emisiones puntuales y no puntuales, los niveles naturales prevalecientes de contaminación ζ y las características y parámetros de la cuenca ψ:

$$a = a(r_i, ..., r, e_1, ..., e_s, \xi, \psi) \qquad (2)$$

$$\frac{\partial a}{\partial r_i} \geq 0, \forall_i \qquad \frac{\partial a}{\partial e_k} \geq 0, \forall_k$$

donde:

r_i son las emisiones no puntuales para la iésima granja

e_k son las emisiones puntuales para la késima fuente

ζ indica los niveles prevalecientes de contaminación en la cuenca

ψ son las características y parámetros de la cuenca

Fuente: Griffin y Bromley (1982).

A partir de estas relaciones de carácter determinístico y tomando como base los principios de optimización de sistemas, los autores construyen cuatro tipos de instrumentos ambientales económicamente eficientes para las DNP agrícolas:

1. Un impuesto (o subsidio) basado en el monitoreo de insumos (o de los productos) a partir de la FPNP; ejemplo, un impuesto sobre fertilizantes o sobre la pérdida estimada de suelo.
2. Un sistema de estándares para la escorrentía estimada; ejemplo: normas sobre la pérdida estimada de suelo.
3. Subsidios (o cargos) a las prácticas de manejo en cada granja, dependiendo que la FPNP sea positiva o negativa; ejemplo: impuestos a las aplicaciones de nutrientes.
4. Un sistema de estándares sobre prácticas de manejo; ejemplo: empleo de labranza cero.

Ciertamente cualquiera de estos instrumentos tiene un efecto económico y aspectos legales que hacen a su implementación. De esta manera obran como vínculos parcialmente determinantes de las modalidades económica y legal. Si bien, estos modelos desarrollados [Griffin y Bromley (1982)], constituyeron el principal punto de partida para el diseño de instrumentos de control económicamente eficientes para las DNP, incluían dos supuestos ajustados con la realidad:

- Que el regulador conoce los beneficios que obtienen los agricultores cuando modifican sus prácticas de manejo (esto es, que no existen problemas de información)
- Que la escorrentía de las unidades agrícolas puede ser determinada sin error sólo observando las prácticas de manejo.
- La validez de estas suposiciones se cotejará por medio del modelo multimodal.

A partir del trabajo de Griffin [Griffin y Bromley (1982)], otros autores, [Shortle y Dunn (1986)] elaboran un modelo más sofisticado, en el que reconocen que las emisiones no puntuales no son determinísticas, sino estocásticas y no observables, que los procesos de destino y transporte de contaminantes también son estocásticos y que existe asimetría en la información entre el agente regulador y el productor. Bajo estas especificaciones, la observación de los insumos de la granja en la FPNP ya no es un sustituto perfecto para medir las emisiones sin error; los agricultores no pueden controlar sus descargas con certeza, pero pueden optar por controles de producción y contaminación para influir en la distribución (de probabilidades) de los niveles posibles del escurrimiento. En este trabajo [Shortle y Dunn (1986)] se estimaron los mismos cuatro instrumentos presentados en [Griffin y Bromley (1982)], pero se agregaron tres consideraciones importantes:

- Información diferencial sobre los costos de cambiar las prácticas de manejo.
- Imposibilidad de un monitoreo directo y preciso.
- La naturaleza estocástica de la contaminación no puntual.

Así, mediante el auxilio de modelos hidrológicos que no eliminan, sino que reducen la incertidumbre sobre la magnitud de las DNP, en [Shortle y Dunn (1986)] concluyeron que el instrumento de mayor eficiencia era una regulación a las prácticas de manejo.

Después, nuevamente otro autor [Kathleen Segerson (1988)] modifica radicalmente el enfoque mantenido hasta ese momento, cuestionando la eficiencia del énfasis puesto por autores anteriores en lo que se conoce como “mejores prácticas de manejo”. Así, en un nuevo trabajo se plantea que las regulaciones directas y los incentivos sobre la escorrentía estimada como instrumentos para controlar las DNP, son ineficientes e impracticables. Se propone en cambio trasladar el eje de la observación y estimación de las emisiones, a los niveles de contaminación ambiental de un cuerpo de agua, estableciendo para el contaminador individual un impuesto ambiental que variará proporcionalmente con las concentraciones ambientales.

El cambio fundamental que se introduce a partir de [Kathleen Segerson (1988)], es que se descarta la observación de las emisiones, ya sea directa o indirectamente, y reorienta la política de control al cuerpo de agua. El cargo o el subsidio que se establezca, dependerá de que se rebase (o se esté por debajo) de un nivel objetivo de calidad del cuerpo de agua, dejando al productor la selección de la tecnología de producción y tratamiento y sugiriendo una estrategia mínima de monitoreo aleatorio.

Considerando este aporte, otro autor [Romstad (2003)] plantea incentivos más directos para resolver las DNP del sector agrícola, proponiendo un enfoque sofisticado de basado en la iteración de múltiples agentes que descargan a un mismo cuerpo de agua. Es de destacar que el autor recurre aquí para desarrollar sus razonamientos y conclusiones, a las metodologías sistémicas propias de los sistemas complejos.

Una cuestión adicional, que viabiliza aún más la aplicación de la metodología sistémica multimodal, resulta del registro de las sucesivas experiencias que se han obtenido en E.E.U.U. y Latinoamérica, de aplicar estas políticas y surge así la necesidad de:

Mejorar la coordinación entre la política ambiental y la agrícola y de desarrollo rural.

Focalizar las políticas en los programas en los cuales los bienes ambientales son más valorados.

Diferenciar los pagos en función de la variación en los costos de oportunidad del cumplimiento.

Nuevamente la validación de la aplicabilidad de políticas de este tipo o la aparición de nuevas propuestas será resultado del análisis multimodal en el que se coteje el impacto de las diferentes alternativas sobre el medio natural y el social.

También nos encontramos con que ciertos pagos ambientales se comprometen en términos de acciones de manejo (reducción de inventarios y de fertilizantes) pero el vínculo entre las acciones de manejo y los efectos en el ambiente no está claro, además de la dificultad de cuantificar las consecuencias, debido a la naturaleza de las DNPA. En definitiva, resulta un desafío para la metodología multimodal abordar esta problemática económico ambiental e implementar mecanismos eficientes de coordinación.

Es importante destacar que la metodología multimodal evita la pretensión de una ciencia de capturar según su lógica y su método aspectos de lo real propios de otra modalidad, [Casiello (2003)] vemos así, a modo de ejemplo, como los aspectos contables de la economía pretenden capturar según su lógica aspectos biológicos o sociales. Aunque este intento pueda estar bien intencionado, omite tratar aspectos específicos que son propios de las contribuciones que otras ciencias han desarrollado, agregando a la manera de un número indicador, por ejemplo, aspectos cuya comprensión requieren de un ejercicio intelectual diferente.

Por tal motivo, y tratando de evitar reduccionismos, se está realizando una búsqueda bibliográfica de la legislación vigente a nivel nacional e internacional para cotejar los valores que se emplean en cada caso y se está empleando la metodología multimodal para sistematizar y analizar los relatos de experiencias, inquietudes, prácticas de uso y la percepción que tienen los actores (productores, familia rural, jóvenes, asociaciones de mujeres de productores, etc.), así como instituciones tales como cooperativas agropecuarias y otras, sobre el impacto del uso de agroquímicos a corto, mediano y largo plazo.

Una vez constituidas las distintas modalidades se procederá a identificar la relación entre las mismas y la manera en que ellas se afectan mutuamente, constituyendo así un verdadero análisis interdisciplinar. De este trabajo surgirán un diagnostico y propuestas de solución basadas en la actividad conjunta de las diversas instituciones que obran en el sector.

Con el fin de sistematizar la toda esta información, se utilizará un Sistema de Información Geográfica (SIG) y el análisis de imágenes satelitales para la georeferenciación de los atributos naturales y no naturales. También a la aplicación de técnicas de análisis de datos georeferenciados [Navone y ot. (2003)], que permitirán una caracterización más precisa de la sostenibilidad productivo ambiental de la Cuenca del Río Carcarañá. 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.

Los archivos para descarga tienen formato reconocido por software específico, comúnmente conocidos como software SIG (Spring, Arc View, MapInfo, Grass, ArcInfo, GvSig, entre otros). Cada capa se acompaña con datos descriptivos que refieren al origen, tipo, formato y otras características técnicas.

Conclusiones

Si bien este trabajo está todavía en su etapa inicial, a través de la metodología multimodal 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.

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 para poder desarrollar este proyecto de fuerte carácter interdisciplinario y al profesor PhD. Mariano Rabassa (University of Illinois at Urbana-Champaign) por sus valiosos comentarios.

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.

Casiello, F, "Informe de Investigación", Facultad de Ciencias Económicas, Pontificia Universidad Católica Argentina, Septiembre 2003.

Cerdeira, A.L. & Duke, S.O. "The current status and environmental impact of glyphosate-resistant crops: a review. Journal of Environmental Quality. Vol 35. 2006. pp. 1633 – 1658.

Griffin, R.C. and Bromley, D.W., "Agricultural runoff as a nonpoint externality: a theoretical development", American Journal of Agricultural Economics, 64:37-49, 1982.

Menéndez, A. N., Jaime, P., Natale, O., "Balance de nutrientes del Río de la Plata usando modelización matemática", Actas del XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana, 2002.

Monti, M., Montico, S., "Identificación de vulnerabilidad para el ordenamiento sustentable del uso del paisaje en la cuenca La Salada, Santa Fe, Argentina", Actas del I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras, Azul, Buenos Aires, 21 al 24 sep. 2010. pp, 53-61.

Navone, S. M., Movia, C. P., Marienko, N., Maggi, A. E., Raed, M. A., López, M. V., "Sensores Remotos aplicados al estudio de los Recursos Naturales", Ed. Facultad de Agronomía, UBA, 2003.

Papa, J. C. "Problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo". Revista Agromercado, Cuadernillo Temático Nº 29. 2009. pp, 2-8.

Romstad, E., "Team Approaches to Reducing Nonpoint Source Pollution", Ecological Economics, 47(1):71-78, 2003.

Salvador, V., "Impacto sobre el Hábitat", en "Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental", Viglizzo, E., Jobbágy (Editores), Ed. INTA, Buenos Aires, 2010, pp. 43-46.

Segerson, K, "Uncertainty and Incentives for Nonpoint Pollution Control", Journal of Environmental Economics and Management, 15:87-98, 1988.

Shortle, S.J. and Dunn, W. J. ,"The Relative Efficiency of Agricultural Source Water Pollution Control Policies", American Journal of Agricultural Economics, 68(3):668-677, 1986.

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. pp, 28.

Viglizzo, P., Carreño, E., Frank, F., "La relación soja-ecología- ambiente. Entre el mito y la realidad", en Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental, Viglizzo, E., Jobbágy (Editores), Ed. INTA, Bs. As., 2010, pp. 53-61.

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.