

## **RIESGO AMBIENTAL POR PESTICIDAS EN UNA CUENCA DEL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE, ARGENTINA**

Sergio MONTICO\* y Néstor DI LEO

Centro de Estudios Territoriales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Casilla de Correo N° 14, (C2125ZAA) Zavalla, Santa Fe, Argentina

\*Autor de correspondencia: smontico@unr.edu.ar

*(Recibido noviembre 2013; aceptado junio 2014)*

Palabras clave: IRA, unidad de paisaje, uso del suelo

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue establecer relaciones entre la gestión de uso de la tierra y el riesgo ambiental por la utilización de pesticidas en una cuenca rural del sur de la provincia de Santa Fe. Se identificaron diez unidades de tierra, en las cuales se calculó un índice de riesgo ambiental por la aplicación de pesticidas en los cultivos de soja, maíz y trigo. Se asumieron pautas de gestión de los pesticidas relacionadas con el tipo de principio activo, dosis promedio y oportunidad de aplicación. El índice consideró atributos de suelo y agua de las unidades de tierra y tuvo valores de menor a mayor riesgo según soja-trigo/soja-maíz. La cuenca posee el 34.9 % de la superficie con riesgo bajo o nulo, 40.5 % con riesgo medio y 8.1 % con riesgo alto. Los resultados obtenidos proveen un soporte útil para la formulación de políticas que fomenten interacciones sustentables entre la agricultura y el ambiente a manera de poder incorporarse en los planes de los tomadores de decisiones como estrategias proactivas.

Key words: IRA, landscape unit, soil use

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to establish relationships between land use management and environmental risk by the use of pesticides in a rural basin at the south of Santa Fe province. Ten land units were identified in which an environmental pesticide risk index was calculated for soybeans, corn and wheat. Pesticide management patterns related to the type of active ingredient, average dose and opportunity for application, were assumed. The index considered attributes of soil and water from land units, and had values from lowest to highest risk according to soybean-wheat / soybean-corn. The basin has 34.9% of the surface with little or no risk, 40.5% with medium and 8.1% with high risk. Results obtained provide useful support for the formulation of policies promoting sustainable interactions between agriculture and the environment, so they can join with the plans of decision makers as proactive strategies.

---

## INTRODUCCIÓN

Los agroquímicos y en particular los plaguicidas, han llegado a ser una parte integral de los sistemas modernos de agricultura, con los que se ha logrado mejorar el rendimiento de las cosechas. A pesar de su visible contribución, producen residuos indeseables en el medio (Pimentel 1998). Torres y Capote (2004) advierten sobre la necesidad de determinar la presencia de los plaguicidas en el ambiente y realizar un programa de seguimiento para analizar cada uno de los entornos que estén sujetos a posibles alteraciones como producto de su uso. Los indicadores son herramientas valiosas dado que sintetizan la información y por lo tanto pueden ayudar a las partes interesadas y a los responsables de las decisiones a comprender sistemas complejos (Trevisan *et al.* 2009). Son medidas o parámetros que proveen información acerca del estado de un fenómeno y cuyo significado va más allá del valor que se asocia de manera directa al parámetro (Montico y Di Leo 2008). Respecto a los indicadores utilizados para predecir el impacto de los plaguicidas, la sencillez es una característica generalmente reconocida y muy valorada. Esto a menudo hace que sean aceptables, utilizables incluso con datos escasos, rápidos de calcular y fáciles de comunicar, aún en detrimento de una representación más realista de los impactos que producen los plaguicidas (Reus *et al.* 1996, Castoldi *et al.* 2007). Feola *et al.* (2011) consideran que aún no está claro qué indicadores podrían ser más apropiados para evaluar los riesgos ambientales y sanitarios de los plaguicidas y por lo tanto proveer información correcta sobre la gestión agrícola. Actualmente se aplican indicadores ecotoxicológicos, de impacto ambiental, de peligrosidad y de riesgo a la salud, simples o complejos, multicriterios y de criticidad, entre otros.

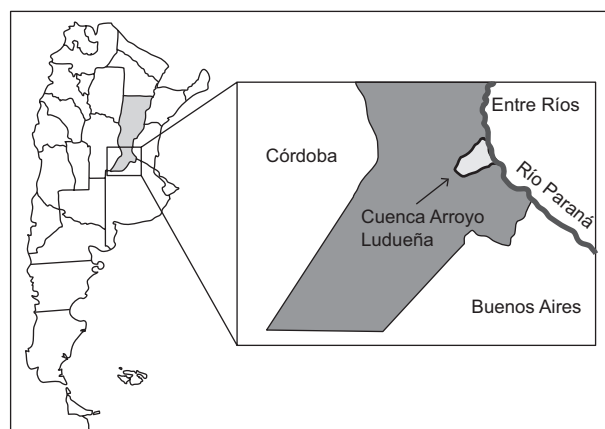
El impacto de las tecnologías utilizadas en las tierras de la región pampeana norte argentina, especialmente las asociadas a la aplicación de agroquímicos y sus externalidades, no son adecuadamente monitoreadas (Montico 2011). En la región sur santafesina, el doble cultivo trigo-soja y la soja de primera siembra ocupa el 88 % de la superficie agrícola. En este escenario, el herbicida más aplicado es una glicina (glifosato), en menor medida los bupiridilos y los insecticidas piretrinas y piretroides. Asimismo los triazoles y estrobilurinas, son los más utilizados como funguicidas y en menor proporción, los carbamatos. Aunque la superficie destinada al cultivo de maíz es aproximadamente del 10 %, se aplican importantes cantidades de atrazina y acetoclor. Existe una preocupación social sobre la cantidad y calidad

de los pesticidas utilizados en los esquemas agroproductivos extensivos locales, fundamentalmente en los sectores del periurbano (Di Leo *et al.* 2013). El objetivo de este trabajo es establecer relaciones entre la gestión del uso de la tierra y el riesgo ambiental por la utilización de pesticidas en una cuenca rural del sur de Santa Fe en Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

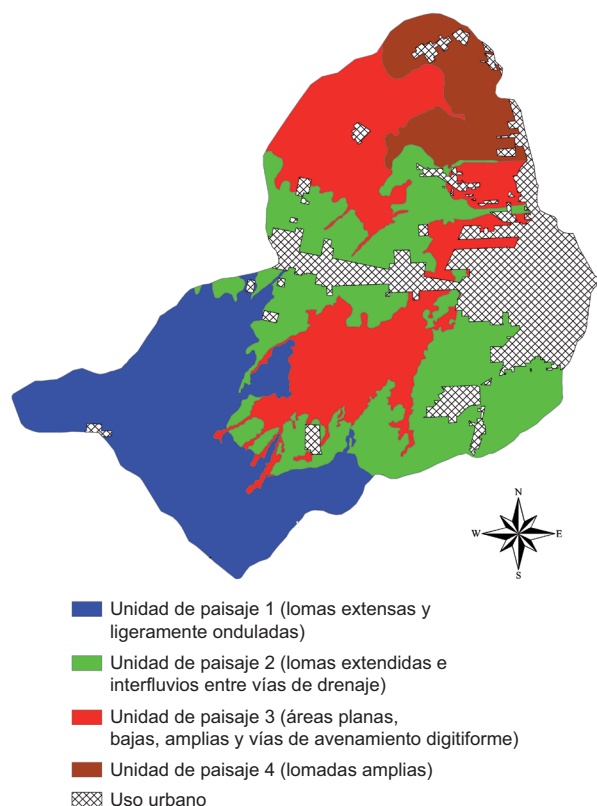
El trabajo se desarrolló en la cuenca del arroyo Ludueña (70 000 ha) en el sureste de la provincia de Santa Fe, Argentina. Se ubica entre los paralelos 32° 45' y 33° 08' S y los meridianos 61° 04' y 60° 39' O (**Fig. 1**). El clima es subhúmedo mesotermal, con una temperatura media anual de 17 °C y con un monto de precipitaciones totales promedio de 1110 mm. La cabecera de la cuenca está formada por un bloque elevado y dirigido hacia el NE, que define la trayectoria de las cañadas que conectan este bloque elevado con el hundido hacia el margen del río Paraná. La red de cursos de agua permanentes y transitorios mide 140 km, con una pendiente media de 1.0 %. El caudal base del arroyo es de 0.50 m<sup>3</sup>/s, en tanto que en crecidas ordinarias se alcanzan los 80 m<sup>3</sup>/s y en extraordinarias (R > 50 años) caudales superiores a 400 m<sup>3</sup>/s.

El trabajo se desarrolló en cuatro etapas: a) definición de las unidades de paisaje (UP), b) relevamiento de unidades tierra (UT), c) selección de los sistemas agrícolas con soja, trigo/soja y maíz, d) actualización de la información de gestión de uso de pesticidas en los cultivos y e) evaluación del riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en las UT y en la cuenca, a través del Índice de Riesgo Ambiental (IRA).



**Fig. 1.** Ubicación geográfica de la cuenca en estudio

El territorio fue dividido en UP a escala 1:50 000 mediante el procedimiento aplicado por Bonel *et al.* (2005). Como resultado se definieron y georreferenciaron a través del sistema de información geográfica (SIG) ArcView 3.2, cuatro UP (**Fig. 2**), cuyas características principales se describen a continuación.



**Fig. 2.** Mapa de Unidades de Paisaje en la cuenca de estudio

### Unidad de paisaje 1 (UP1)

Abarca posiciones de relieve correspondientes a lomas extensas y ligeramente onduladas, con pendientes menores al 1 % (0.5-1 %). El escurrimiento es moderado a bueno y el drenaje es bueno. No existe peligro de anegamiento o inundación y la napa freática, por su profundidad, no influye en las propiedades edáficas. En las áreas con mayor pendiente existe ligero peligro de erosión. La capacidad de uso de tierra de acuerdo al Departamento de Agricultura de E.U. (USDA, por sus siglas en inglés) corresponde a tierra de cultivo con algunas limitaciones (I) y a suelos con limitaciones moderadas (II). Los suelos son argiudoles típicos de la serie Peyrano (Py) y consociación serie Peyrano fase suavemente ondulada (Py8). La UP1 está atravesada por áreas inclinadas hacia los cauces situados al pie de la loma constituyendo áreas cóncavas,

cuyos suelos corresponden a las consociaciones serie Peyrano moderadamente engrosada (Py2x) y serie Peyrano bien drenada y engrosada (Py20), la clasificación por capacidad de uso corresponde a suelos con limitaciones moderadas y riesgo de erosión ( $II_e$ ) y a suelos con limitaciones moderadas y agua que interfiere con la capacidad de arado ( $II_w$ ), respectivamente.

### Unidad de paisaje 2 (UP2)

Abarca lomas extendidas. Algunos sectores corresponden a interfluvios entre vías de drenaje. Están presentes numerosos microrrelieves dando un aspecto “cribado”. La permeabilidad del suelo es lenta y el perfil edáfico tiene características hidromórficas. Los suelos son afectados por la alcalinidad sódica y presentan un escurrimiento lento. Las posiciones más altas están ocupadas por suelos de la serie Roldán (Rd) y en menor medida por la serie Monte Flores (MF). Las microdepresiones están ocupadas por suelos de la serie Gelly (Ge), Monte Flores (MF) y Zavalla (Za), con capacidad de uso: suelos con limitaciones moderadas, agua que interfiere con la capacidad de arado y una zona radicular moderada ( $II_{w-s}$ ) y  $II_w$ . El área está atravesada por sectores cóncavos con pendientes menores al 1 %, de lenta permeabilidad, anegables y de escurrimiento lento. Estos sectores también están afectados por la alcalinidad sódica. Los suelos presentes corresponden a las series MF y Rd (fases erosionada y engrosada) y Ge, con capacidad de uso: suelos con severas limitaciones, agua que interfiere con la capacidad de arado y una zona radicular limitada ( $IV_{w-s}$ ). La clasificación taxonómica de las series corresponde a Natralbol típico (Ge), Argialbol típico (MF) y Natracualf típico (Za). Los suelos de la UP2 abarcan las consociaciones Rd8, Rd12, Rd15y Rd11.

### Unidad de paisaje 3 (UP3)

Abarca posiciones en el paisaje correspondiente a áreas planas, bajas, amplias y vías de avenamiento digitiforme, de permeabilidad lenta a muy lenta y drenaje impedido a pobre. Los gradientes de pendientes son menores a 0.5 % y el escurrimiento es lento. Los suelos presentan alcalinidad sódica y sales, son consociaciones de las series Rd, Ge, Za, Manantiales (Ma), Za y MF, con capacidades de uso que comprenden las clases suelos inadecuados para el cultivo, agua que interfiere con la capacidad de arado y una zona radicular limitada ( $VI_{w-s}$ ) y suelos adecuados únicamente para cultivar forraje o para silvicultura, agua que interfiere con la capacidad de arado y una zona radicular limitada ( $VII_{w-s}$ ). Taxonómicamente corresponden a Argiudoles vérticos (Rd), Argiudol

áuico (Ma), Argialboles típicos (MF), Natralboles típicos (Ge) y Natracualfes típicos (Za), están presentes en las consociaciones Rd10, Za2 y Za3.

#### Unidad de paisaje 4 (UP4)

Abarca posiciones de paisaje correspondiente a amplias lomadas, con pendientes de 0.5 %, escurrimiento lento a moderado y drenaje moderado a bueno. La napa freática se encuentra entre 5 y 15 m de profundidad. El suelo representativo es un Argiudol vértico que corresponde a la serie Roldán, cuya capacidad de uso es I y II.

Las superficies de las UP se mencionan a continuación. UP1: 21 432.3 ha, UP2: 20 324.1 ha, UP3: 19 036.6 ha, UP4: 6096.5 ha. Desde el enfoque agroproductivo las UP2 y UP3 son las de menor aptitud relativa, siendo la UP1 la que mejores condiciones presenta para sustentar la producción agrícola y ganadera extensiva. También desde la perspectiva ambiental y tal como lo indican Montico *et al.* (2006), las UP3 y UP4 son más vulnerables, principalmente a eventos hidrológicos extremos, debido a sus características topográficas y a los tipos de suelo que poseen. En estas últimas se establecen relaciones geoquímicas sistémicas uni y bidireccionales muy marcadas.

Los mismos autores definieron las UT a través de la relación de las UP con la modalidad de producción más representativa a partir de una estratificación por superficie total operada (ES). Los estratos definidos con base en encuestas dirigidas, correspondieron al

siguiente rango de superficies: estrato A (20 a 150 ha), estrato B (151 a 450 ha), estrato C (más de 451 ha). Con la información disponible se realizó la vinculación de las UP con los ES mediante intersección espacial de las coberturas UP y ES, con lo que se obtuvieron diez nuevas coberturas con las UT integradas (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B4, C1, C2 y C3). Las UT se ubicaron espacialmente en la cuenca mediante el SIG ArcView 3.2. Su distribución espacial se muestra en la **figura 3**, las proporciones relativas de superficie fueron las siguientes: A1 (9.5 %), A2 (1.2 %), A3 (1.8 %), A4 (1.1 %), B1 (20.4 %), B2 (13.4 %), C1 (19.5 %), C2 (1.6 %), C3 (26.7 %).

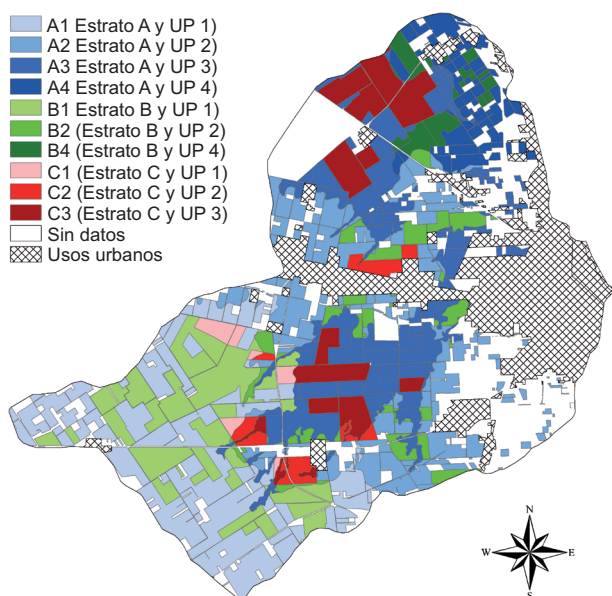
En las UT se seleccionaron los sistemas agrícolas donde se produce soja, trigo/soja y maíz. En estos cultivos, mediante encuestas sistematizadas realizadas a informantes clave (agricultores, tomadores de decisiones y asesores profesionales) se actualizó la información de gestión de uso de pesticidas como herbicidas, insecticidas y funguicidas, específicamente el tipo, la dosis y la oportunidad de aplicación. Además se recabó información base sobre el tipo, la densidad y la superficie sembrada; tipo y dosis de fertilizantes; operaciones realizadas para la preparación de la cama de cultivo, siembra, protección, fertilización y cosecha.

Para evaluar el riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en las UT y en la cuenca, se recurrió al cálculo del Índice de Riesgo Ambiental (IRA). Esta herramienta fue elaborada por Arregui *et al.* (2009) y respaldada en la propuesta del sistema experto Ipest (Van der Werf y Zimmer 1998). Consiste en un programa basado en el Ipest que vincula información de la gestión de uso de plaguicidas y componentes agroambientales (relieve, suelo y agua), es de acceso libre y se encuentra en línea en el sitio TIC-Tambo-Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional del Litoral (<http://www.fca.unl.edu.ar/tictambo/web/index.php/modItox/select>).

Para los tres cultivos, se evaluaron los principios activos registrados en la Guía de productos fitosanitarios (SENASA 2012). En las UT se seleccionaron los pesticidas cuyo uso es más representativo, tanto como la dosis media y la oportunidad de aplicación más frecuente.

Los herbicidas incluyeron a los derivados del ácido clorofenoxiacético, fosfonatos, bipiridílicos, glufosinato, triazinas, imidazolinonas y sulfonilureas. Por otro lado, los insecticidas incluyeron a los carbamatos y piretrinas y finalmente los funguicidas a los triazoles y estrobirulinas.

La estimación del IRA para cada situación y tipo de cultivo, surge a partir de insumos como la textura del suelo, la pendiente, la materia orgánica, el pH,



**Fig. 3.** Mapa de Unidades de Tierra obtenidas para la cuenca en estudio



**CUADRO I.** ÍNDICE DE RIESGO AMBIENTAL POR CADA CULTIVO Y PONDERADO EN LAS UNIDADES DE TIERRA

UT	Soja		Trigo/Soja		Maíz		IRAP
	Cp	IRA	Cp	IRA	Cp	IRA	
A1	0.75	8.48	0.22	7.95	0.03	6.25	8.30
A2	1.00	6.92	-	-	-	-	6.92
A3	0.65	6.84	0.27	6.25	-	-	6.67
A4	0.33	8.73	0.33	7.89	-	-	8.31
B1	0.76	8.67	0.20	7.91	0.04	6.61	8.44
B2	0.59	6.71	0.25	7.12	0.13	6.32	6.76
B4	0.66	8.24	0.14	7.33	0.20	6.99	7.86
C1	0.69	7.88	0.19	7.21	0.10	5.86	7.54
C2	0.61	6.07	0.22	6.46	0.00	5.12	6.17
C3	0.57	5.95	0.26	6.27	0.10	4.86	5.92

UT: Unidad de Tierra - Cp: coeficiente proporcional de la superficie que corresponde a cada cultivo en la UT - IRA: Índice de Riesgo Ambiental - IRAP: Índice de Riesgo Ambiental Ponderado

la distancia a una fuente de agua, el principio activo del pesticida, la dosis y el momento de aplicación.

El IRA se obtiene posterior a la aplicación de los pesticidas entre siembra y cosecha del cultivo. Toma valores entre cero (máximo riesgo de contaminación) y 10 (sin riesgo). Valores entre cero y 5 se consideran de alto riesgo, 6 y 7 de riesgo medio y mayores a 7 de riesgo bajo a nulo.

Los valores de textura del suelo, pH y materia orgánica, se obtuvieron de las Cartas de suelos (INTA 1975). Las pendientes de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) y para la distancia a la fuente de agua, se consideró el módulo propuesto por el Ipest. El riesgo de contaminación de aguas subterráneas se consideró a partir de la distancia a la primera napa. Este rasgo fisiográfico se obtuvo de la encuesta a informantes clave. Con el SIG ArcView 3.2, se georreferenció la distribución del IRA en la cuenca.

El programa utilizado para el cálculo del IRA está orientado a situaciones de lotes o sitios y en este trabajo se aplicó a un nivel escalar que involucra varios establecimientos o unidades productivas y hasta a la cuenca misma. Por esta razón se asumió que la gestión de los pesticidas para las diferentes UT contempló siempre en cada cultivo el tipo de principio activo más utilizado, la dosis promedio de cada producto y la oportunidad de aplicación más frecuente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con las etapas del trabajo los resultados se centran en la evaluación del IRA en los diferentes usos de la tierra.

En el **cuadro I**, de acuerdo con la superficie que ocupa cada uno de los cultivos evaluados (la secuencia trigo/soja, se adopta como un cultivo), se indica el IRA individual y el ponderado (IRAP). En general, a excepción de C2 y C3, los índices tuvieron valores de mayor a menor según soja-trigo/soja-maíz. El mayor valor correspondió a soja en A4 (8.73) y el menor a maíz en C3 (4.86). Se aprecia que el cultivo de maíz en esta combinación de ambientes por principios activos, tiene un potencial de impacto ambiental negativo, superior a soja (5.95) y trigo/soja (6.27). Los mayores IRA se presentaron en las UT que pertenecen a UP1 y UP4, con menos limitantes agroambientales. El cultivo de soja por cubrir la mayor superficie de siembra (excepto en la A4) le confiere al IRAP altos valores que no resultan sustancialmente modificados

**CUADRO II.** PROPORCIÓN RELATIVA (%) DE LOS PESTICIDAS UTILIZADOS EN LAS UNIDADES DE TIERRA

UT	Proporción de Aplicación de Pesticidas (%)		
	Herbicidas	Funguicidas	Insecticidas
A1	100.0	-	-
A2	96.8	-	3.2
A3	96.7	-	3.3
A4	97.1	1.7	1.2
B1	93.8	5.3	1.0
B2	94.7	1.1	5.2
B4	92.6	3.7	3.7
C1	69.6	4.3	26.1
C2	91.4	2.9	5.7
C3	90.9	4.5	4.5

UT: Unidad de Tierra

**CUADRO III.** VALORES DE IRA EN LOS ESTRATOS DE TIERRA OPERADA Y EN LAS UNIDADES DE PAISAJE

Componente	Superficie Total Operada			Unidad de Paisaje			
	A	B	C	1	2	3	4
IRA	7.55	7.69	6.55	8.09	6.62	6.29	8.11

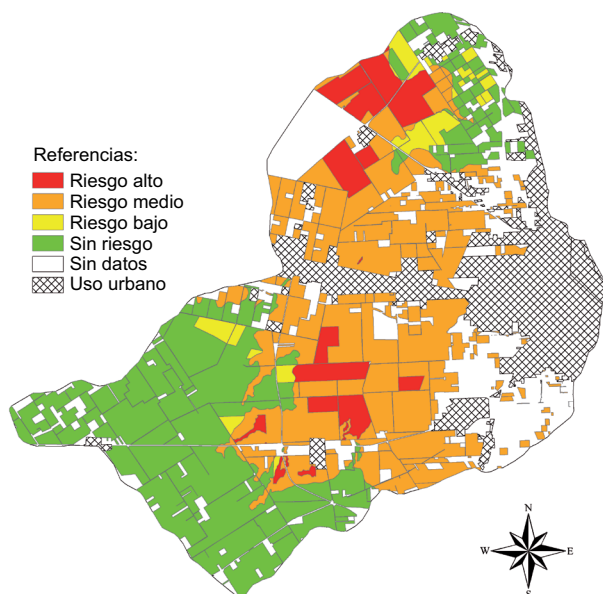
IRA: Índice de Riesgo Ambiental - A: 20 a 150 has; B: 151 a 450 has; C: más de 451 has

por la ocupación con trigo/soja y maíz. Las combinaciones que superaron el valor 7 del IRAP son: A1, A4, B1, B4 y C1. La UT C3 presenta el menor valor relativo (5.92, mayor riesgo).

Del análisis de la participación de los insumos para el control de malezas, plagas y enfermedades en los usos agrícolas en las UT (**Cuadro II**), surge que los herbicidas son los pesticidas de mayor uso respecto a funguicidas e insecticidas y se utilizan cantidades diferentes según el tipo de UT. Condición que se relaciona con las distintas capacidades de gestión agronómica que poseen las diversas escalas de producción para cada uno de los tres usos. Los herbicidas son los pesticidas que mayores problemas ambientales y a la salud humana ocasionan debido a la combinación de la Dosis Letal (DL50) en su formulación con la cantidad aplicada por campaña agrícola, siendo en el cultivo de maíz donde se presenta la peligrosidad más alta respecto a soja y trigo/soja. (Di Leo *et al.* 2013).

Se obtuvo el mayor IRA en la superficie total operada entre 151 y 450 ha y el menor en la de más de 450 ha (**Cuadro III**). Aunque sería necesario contar con información más específica, como mencionan Montico *et al.* (2011) respecto a la gestión integrada de insumos, las grandes escalas productivas posibilitan disponer de mayor capacidad capital para la adquisición de insumos y recurrir a una gama más amplia de recursos para controlar adversidades. Por lo tanto esto contribuiría al incremento de las posibilidades de riesgo por su impacto negativo al ambiente.

Respecto a las UP, la 1 y la 4 a diferencia de la 2 y la 3 tienen los más altos IRA. Bonel *et al.* (2007) consideran que es posible que en ambientes poco propicios para la agricultura extensiva, exista una mayor dedicación en la gestión agronómica (monitoreo de plagas, ajuste de dosis, control de la oportunidad de aplicación de insumos), los agricultores que cultivan en ambientes desfavorables, extremen las medidas de control de plagas, por lo que utilizan mayores dosis de pesticidas. Debe mencionarse que un aumento de la proporción relativa de maíz en las UP de menor calidad agroambiental (UP2 y UP3)



**Fig. 4.** Mapa de Índice de Riesgo Ambiental para los usos agrícolas en la cuenca de estudio

aumenta los riesgos de contaminación debido a la vulnerabilidad de estas UP y a los bajos valores del IRA en maíz.

En la **figura 4** se muestra el IRA de la cuenca para los tres usos agrícolas. Las proporciones de superficies fueron: bajo a sin riesgo ( $IRA > 7$ ) 34.9 %, riesgo medio ( $6 < IRA < 7$ ) 40.5 %, riesgo alto ( $IRA < 6$ ) 8.1 %, sin datos 16.4%. Esto indica que la cuenca posee 48.6 % de su superficie total con riesgo medio a alto de contaminación por pesticidas y el resto de la superficie con IRA inferior a 7, nivel sugerido como aceptable (Bockstaller 2004).

Más allá de la necesidad de disponer de herramientas de mayor precisión para valorar estos riesgos (Castoldi *et al.* 2007), dada la creciente alteración de los agroecosistemas pampeanos, se requiere evaluar la vulnerabilidad ambiental que se presentan en la región (Montico 2011). Cuando los plaguicidas se aplican a los cultivos, solamente se alcanza al organismo “blanco” en aproximadamente el 1 % de los casos, mientras que el 25 % es retenido en el follaje, el 30 % llega al suelo y el 44 % restante es exportado a la

atmósfera y a los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación (Brady 1996). En la cuenca del arroyo Ludueña tal situación no resulta lejana. Por ello, además de la solidez del recurso metodológico a aplicar para estudiar los riesgos de contaminación derivados de esta práctica, se debe tomar en cuenta el ajuste a los atributos locales (Muhammetoglu y Uslu 2007).

El IRA es un recurso, que con algunas restricciones, aporta a la valoración ambiental que surge del uso de los pesticidas en agroecosistemas. El IRA es de sencilla construcción, utiliza datos reales y permite ajustar y disminuir el uso de pesticidas, tal como aseveran Burguer *et al.* (2011), cuando valoraron los atributos de indicadores de riesgo en investigaciones similares a las aquí desarrolladas.

## CONCLUSIÓN

El índice aplicado consideró atributos de suelo y agua de las unidades de tierra y tuvo valores de menor a mayor riesgo según el tipo de cultivo soja-trigo/soja-maíz. La cuenca posee el 34.9 % de la superficie con bajo o nulo riesgo, 40.5 % con riesgo medio y 8.1% con alto riesgo de contaminación ambiental por las prácticas asociadas al uso de agroquímicos destinados a la protección vegetal. El riesgo más alto se presenta con el maíz en establecimientos de gran escala y en ambientes vulnerables. Los herbicidas son los pesticidas de mayor incidencia ambiental. Los resultados obtenidos proveen un soporte útil para la formulación de políticas que fomenten interacciones sustentables entre la agricultura y el ambiente. De tal forma que puedan incorporarse en la agenda de los tomadores de decisiones como estrategias proactivas. La elaboración de un Plan de gestión de fitosanitarios en el marco de políticas públicas sujetas a planes de ordenamiento territorial contribuiría a minimizar el riesgo y a evitar problemáticas severas de contaminación en el medio.

## REFERENCIAS

- Arregui M. C., Sánchez D. E. y Grenón D. A. (2009). Tablero de comando sobre riesgo de contaminación ambiental por plaguicidas. Memorias. XXXVIII Jornadas Argentinas de Informática. Mar del Plata, B.A. 24 al 28 de agosto 2009. CD-ROM.
- Bockstaller C. (2004). Elaboration et utilization des indicateurs. Exemple de I-PHY. En: Estimation des risques environnementaux des pesticides. (E. Barriuso, Ed.). INRA Editions, París, Francia, pp. 75-86.
- Bonel B. A., Montico S., Di Leo N. C., Denoia J. A. y Vilche M. S. (2005). Análisis energético de las unidades de tierra en una cuenca rural. FAVE, Secc. Cienc. Agrar. 4, 37-47.
- Bonel B. A., Montico S., Denoia J. A. y Di Leo N. C. (2007). Gestión de la energía ingresada por el hombre en diferentes rotaciones agrícolas y en regiones contrastantes. Rev. Cient. Agropecu. 11, 33-43.
- Brady N. y Weil R. (1996). The Nature and Properties of Soils. Prentiss Hall. Nueva Jersey, EUA, 740 pp.
- Bürger J., Günther A., de Mol F. y Gerowitt B. (2011). Analysing the influence of crop management on pesticide use intensity while controlling for external sources of variability with Linear Mixed Effects Models. Agr. Syst. 111, 13-22.
- Castoldi N., Finizio A. y Bechini L. (2007). Agro-ecological indicators of field-farming system sustainability. II. Nutrients and pesticides. Ital. J. Agromet. 12, 6-23.
- Di Leo N., Bonel B. A. y Montico S. (2013). Estrategia para la racionalización del uso y manejo de fitosanitarios en espacios periurbanos. Actas VIII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. Buenos Aires, Argentina. 29 de Octubre al 1 de Noviembre, 2013. CD-ROM.
- Feola G., Rahn E. y Binde C. R. (2011). Suitability of pesticide risk indicators for Less Developed Countries: A comparison. Agr. Ecosyst. Environ. 142, 238-245.
- INTA (1975). Carta de suelos: Carcarañá, Andino, Cañada de Gómez-Rosario, Casilda, Arroyo Seco-San Nicolás de los Arroyos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. 214 pp.
- Montico S. (2011). Cuestiones asociadas a la gestión del agua en el sector rural de la región pampeana argentina. En: Estudios sociales del riego en la agricultura argentina. (O. Miranda, Ed.). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, pp. 197-213.
- Montico S., Bonel B. A., Di Leo N. C. y Denoia J. A. (2006). Flujos de energía en sistemas agrícolas de una cuenca de la región centro de Argentina. Cuad. CURIHAM. 12, 7-14.
- Montico S., Bonel B. A., Di Leo N. C., Denoia J. A. y Costanzo M. (2011). Cadena integrada de bioetanol: balance de energía y de CO<sub>2</sub> en diferentes sistemas de producción de maíz. Memorias. V Jornada de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Rosario. Rosario, S.F. 16 de noviembre 2011, pp. 147.
- Montico S. y Di Leo N. C. (2008). Cambio de la sostenibilidad biofísica en cuencas hidrográficas: tres décadas de reemplazo de pastizales naturales por agricultura. Cuad. CURIHAM. 13, 1-7.
- Muhammetoglu A. y Uslu B. (2007). Application of environmental impact quotient model to Kumluca

- region, Turkey to determine environmental impacts of pesticides. *Water Sci. Technol.* 56, 139-145.
- Pimentel D. (1998). Environmental and economic issues associated with pesticide use. En: *Memorias. International Conference on Pesticide Use in Developing Countries*. San José, Costa Rica. 23 de febrero al 1 de marzo, 1998, pp. 8-11.
- Reus J., Leendertse P., Bockstaller C., Fomsgaard I., Gutsche V., Lewis K., Nilsson C., Pussemier L., Trevisan M., van der Werf H., Alfaro F., Blumel S., Isart J., McGrath D. y Seppala T. (1999). Comparing Environmental Risk Indicators for Pesticides. Results of the European CAPER project. Center for Agriculture and Environment, Utrecht, Holanda, 184 pp.
- SENASA (2012). Guía de productos fitosanitarios Servicio nacional de sanidad y calidad agroalimentaria. [en línea]. <http://www.senasa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=524&io=2956> 14/12/12.
- Torres D. y Capote T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas* 13, 2-6.
- Trevisan M., Di Guardo A. y Balderacchi M. (2009). An environmental indicator to drive sustainable pest management practices. *Environ. Modell. Softw.* 24, 994-1002
- Van der Werf H. M. y Zimmer C. (1998). An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere* 36, 2225-2249.