



Theomai

ISSN: 1666-2830

theomai@unq.edu.ar

Red Internacional de Estudios sobre Sociedad,

Naturaleza y Desarrollo

Argentina

Montico, Sergio

El manejo del agua en el sector rural de la región Pamapena argentina

Theomai, núm. 99, invierno, 2004, p. 0

Red Internacional de Estudios sobre Sociedad, Naturaleza y Desarrollo

Buenos Aires, Argentina

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12499307>

- ▶ How to cite
- ▶ Complete issue
- ▶ More information about this article
- ▶ Journal's homepage in redalyc.org

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

El manejo del agua en el sector rural de la región Pamapena argentina

*Sergio Montico**

* Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. E-mail: smontico@agatha.unr.edu.ar

Introducción

La jerarquización de los aspectos tecnológicos, políticos y sociales en orden a la racionalización y administración de los recursos naturales, conduce a la preservación y conservación del medio ambiente y se orienta al desarrollo sustentable (Perks, 1996; Rijtema *et al.*, 1999).

La intervención humana en los agroecosistemas, implica la alteración de algunos o varios de los factores naturales, modificándose de esta manera la interacción entre ellos, y por lo tanto, el equilibrio sistémico (Montico y Pouey, 2001). Boyce (1995) incluye el principio agrosustentable con un enfoque social y participativo, donde enfatizan que los sistemas antropizados poseen una nueva dinámica y funcionalidad, regida no sólo por leyes naturales, sino también por las sociales. Las acciones reunen un conjunto de actividades intimamente ligadas a la producción agropecuaria, eje y sostén socioeconómicos regionales (Perera *et al.*, 1996).

La región pampeana Argentina posee 4,9 millones de has y comprende al centro-sur de la provincia de Santa Fe, centro-este de Córdoba, centro norte de Buenos Aires, noreste de La Pampa y este de Entre Ríos, donde desarrollan sus actividades aproximadamente 40.000 establecimientos rurales. Esta región ha experimentado constantes y permanentes cambios, principalmente en las tres últimas décadas, donde se han producido con celeridad modificaciones relevantes en aspectos tecnológicos, sociales, económicos y culturales (Vitta *et al.*, 1999).

Es conocido que el agua y el suelo son dos recursos naturales, que por su calidad, condicionan en la actividad agropecuaria, los rendimientos físicos de los sistemas de producción.

El primero, posee un comportamiento sumamente dinámico conocido como ciclo hidrológico, donde diversos procesos ocurren en forma continua y con grandes desplazamientos de masa. No obstante ello, solamente el 0.1 % del agua del planeta se encuentra en los sistemas de agua superficial y atmosférica, mientras que el 0.006 % del agua dulce está en los ríos. (Chow *et al.*, 1994). Más, en los países desarrollados, el empleo del agua subterránea para consumo humano supera apreciablemente al del agua superficial (ej. 67 % en Alemania, 76 % en Bélgica y 98 % en Dinamarca).

La degradación de la calidad del agua y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, son los mayores problemas que enfrenta la gestión de los recursos hídricos en América Latina (CEPAL, 1999). Actualmente en Brasil, Colombia, Guatemala, México y Venezuela, se ha incorporado el enfoque del control de la contaminación desde la perspectiva de la cuenca hidrográfica, con el objetivo de identificar y manejar la externalidades en los sistemas hídricos.

Se considera que el deterioro constante de la calidad de este recurso es el mayor problema que enfrentan los responsables de su gestión (AUGM, 1998). Aun no se advierte claridad respecto de los métodos funcionales que se implementarán para formular políticas, lograr la coordinación institucional, solucionar conflictos y planificar y ejecutar proyectos.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

Por ahora, sólo iniciativas aisladas, en su mayoría impelidas más por las urgencias que por decisiones estratégicas vinculadas al ordenamiento territorial, ocupan el escenario regional. Este trabajo tiene como objetivo destacar los aspectos más relevantes que se relacionan con el manejo del agua en el sector rural, comprendiendo aquellos vinculados con cuestiones ambientales, productivas, sanitarias y de gestión. Principalmente se propone exponer las problemáticas e implicancias de la administración del recurso agua en la región pampeana.

El manejo de las cuencas rurales

En la región del país identificada como maicera núcleo, salvo durante algunos años de la década del setenta del siglo pasado, la cuenca como unidad lógica de planificación, ha sido desconocida casi permanentemente, en especial por los organismos involucrados en la gestión territorial. En los últimos años, se abordaron algunas propuestas regionales para la gestión a nivel de cuencas a través de los llamados comités de cuencas, principalmente desde los sectores provinciales, que propiciaron acciones orientadas hacia una gestión integrada de los recursos hídricos (CEPAL, 1999).

Más allá de la concepción hídrica debe interpretarse a la cuenca como un campo operacional de interacciones humanas y naturales. Las posibilidades de ordenamiento de las cuencas se ven afectadas por obstáculos, que dificultan, e impiden en casos, alcanzar los objetivos propuestos, y donde los límites jurisdiccionales y de las propiedades, raramente coinciden con los de la cuenca y generan conflictos entre los diversos intereses.

Los intereses políticos (y personales) que son susceptibles de ser alterados por acciones en la cuenca, establecen modificaciones en cuanto a los tipos, prioridades y desarrollo en el tiempo de las tareas necesarias a emprender, así los objetivos públicos pueden no coincidir siempre con los intereses particulares. En términos generales, la planificación del uso de la tierra en las cuencas, es resistida por quienes deben ejecutarla, por razones económicas, costumbres, disponibilidad de mano de obra, etc., quizás no sea atractiva para los destinatarios por tener beneficios (al momento) intangibles.

La densidad de habitantes (opiniones/decisión) presentes en una cuenca, conspira contra la unificación de criterios, cuando se pretende modificar hábitos y tradiciones productivas, más, la presión de la velocidad de generación de las innovaciones tecnológicas, tiende a aislar al destinatario, transformándolo en un referente individual, en desmedro de la conciencia colectiva, mientras que la disparidad en la capacidad capital de las empresas rurales ubicadas en la cuenca, es también un obstáculo para los emprendimientos del conjunto.

Un enfoque integral de cuencas no significa que todos los problemas han de ser resueltos al mismo tiempo, sino que se prefiere un enfoque mediante el cual las acciones individuales son confrontadas con un marco hidro-económico-social y ambiental, actuando como un sistema (FAO, 1992). La integración ocurre en este marco y no necesariamente al nivel de cada acción individual, siguiendo un enfoque de gestión integrada utilizando la cuenca hidrográfica como la unidad básica de gestión.

El enfoque del manejo de cuencas hidrográficas rurales debe ser similar, aun a diferentes escalas. Esto es, desde tamaños de pocas hectáreas hasta miles, los criterios de ordenamiento son válidos, dado que los elementos que la integran solamente cambian de dimensión, no perturbando su funcionalidad actual o futura.

Manejar cuencas rurales, implica la incorporación de la variable ambiental en el planeamiento regional, significa estudiar el efecto de las acciones fundamentalmente antrópicas, sobre las condiciones de vida y de trabajo de los diferentes actores sociales, sobre el funcionamiento de las empresas rurales y sobre las problemáticas tecnológicas vinculadas al uso de los recursos naturales. En este sentido, un plan de ordenamiento de las cuencas rurales debe apoyarse principalmente en instrumentos de índole socio-económicos-culturales, agroproductivos, hidrológicos y viales, todos ellos de actuación horizontal, imprescindibles para los sectores implicados y que se articulen en una política ambiental definida por la autoridad gubernamental local.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

Las posibilidades de implementación del ordenamiento territorial en las cuencas rurales regionales podrán jerarquizarse a partir de la creación de estructuras técnica-administrativas que orienten sobre la definición e instrumentación de las diferentes acciones.

Agua para los cultivos

Las diferentes unidades agroecológicas de la región, poseen características edafoclimáticas que definen su aptitud para la producción de materia seca. El monto de las precipitaciones disminuye de este a oeste, con picos de concentración en las estaciones de otoño y primavera.

Durante su crecimiento y desarrollo, las especies cultivadas varían los requerimientos de agua y establecen una relación directa con el balance hídrico regional. La cantidad de agua utilizada por los cultivos está vinculada con el rendimiento, esta relación se denomina eficiencia en el uso del agua (EUA) y usualmente se expresa como kg de materia seca por mm de agua consumida (kg MS.mm^{-1}) (Gardner *et al.*, 1985; Dardanelli *et al.*, 2002). La EUA es una medida de comparación entre sistemas productivos y entre prácticas agronómicas. Regionalmente existe un amplio rango de EUA (Andrade *et al.*, 2000), para los cultivos estivales más comunes, en el caso de soja y maíz, por ejemplo, los valores medios podrían ser 9.3 kg MSGrano. mm^{-1} y 18.2 kg MSGrano. mm^{-1} , respectivamente.

El deterioro de los suelos y la deficiente captación y retención del agua que escurre en los paisajes ondulados conspiran contra la EUA de cultivos y pasturas, generándose escenarios de sequías temporarias que limitan el potencial productivo, más cuando se producen en períodos fisiológicos críticos. Este estrés hídrico conduce a diferentes niveles de disminución de rendimiento de acuerdo a la intensidad y al momento de ocurrencia. La pérdida de 100 mm de precipitación en un ciclo estival (Irruia efectiva: 80 %), equivale a alrededor de 9 q y 18 q de soja y maíz respectivamente, importante perjuicio económico para una empresa rural.

La resistencia a las condiciones de estrés resulta diferente para los distintos cultivos, así, a través de mecanismos relacionados con la profundización de las raíces, el ajuste osmótico y el control de la transpiración, aquellos amortiguan los efectos de déficit hídrico (Andrade y Sadras, 2000), a pesar de que las plantas presentan menos resistencia a perder agua que el suelo. Existen medidas agronómicas mitigadoras y de escape a condiciones de humedad restrictivas para la obtención de materia seca: selección de cultivares y fecha de siembra, densidad de plantas, sistemas de labranza, esquemas rotacionales y manejo de los residuos de cosecha (Dardanelli, 1998). Conviene destacar que el eficiente manejo agronómico del agua debe integrarse a un ordenamiento hidrológico y hidráulico que optimice la evacuación de excedentes y la economía hídrica edáfica.

Riego

Desde inicios de la década del noventa comienza a difundirse en la región pampeana, especialmente en la zona norte de la provincia de Buenos Aires y centro sur de la provincia de Santa Fe la práctica del riego complementario en cultivos extensivos.

Los argumentos de difusión de esta tecnología se basaron en el aumento y estabilidad de los rendimientos físicos, la disminución del riesgo, los precios ventajosos de los *commodities*, la intensificación del manejo, y las posibilidades de amortización del equipamiento en cortos períodos de tiempo (SAGPyA, 1995).

Después de más de diez años, la cantidad de establecimientos que incorporó esta tecnología fue cada vez menor. Razones vinculadas a la incertidumbre de financiamiento por parte de las entidades crediticias, a los montos variables de inversión de capital y del costo de producción por unidad física producida, debido principalmente a los cambios de precios de insumos y granos, aceleraron esta tendencia. Durante el periodo de expansión del riego (1990-1996), fundamentalmente a expensas del sistema por aspersión, la presión comercial fue muy intensa y muchas operaciones comerciales se realizaron invirtiendo la lógica de gestión, primero se adquiría el equipamiento para posteriormente, determinar la calidad y cantidad del agua disponible para operarlo. Así se reconocieron muchos fracasos, y relativamente pocos éxitos, cuando después de realizarse la costosa inversión se advertía la imposibilidad de disponer de una provisión confiable de agua para aplicar la práctica.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

La fuente de agua utilizada en estos emprendimientos fue y es, mayoritariamente subterránea, existiendo dudas sobre la factibilidad de explotación de los acuíferos regionales, su distribución geográfica y las condiciones de servicios posibles, debido a la escasa información disponible, principalmente en el último atributo.

Las formaciones subterráneas más importantes corresponden al Puelchense y al Pampeano. Respecto a la primera, es un acuífero semiconfinado de profundidades variables de alrededor de 30 m a 50 m, un espesor medio 30 m, y caudales de explotación de hasta $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. La segunda, son acuíferos multicapa, de libre a semiconfinados, cuyas profundidades de explotación varían entre 50 m y 100 m, y los rendimientos son muy heterogéneos, así como la calidad del agua.

En pleno período de difusión del riego y ante la presunción de que la transferencia de esta tecnología se realizaba a un ritmo mayor a la de las capacidades del sector para administrarla, la cátedra de Manejo de Tierras de la UNR (Montico y Di Leo, 1996), implementó un *"Relevamiento de intención de riego en el sur de la provincia de Santa Fe"*, con el objetivo de evaluar expectativas y conocimientos de los productores rurales sobre la práctica de riego. El campo muestral comprendió ocho (8) departamentos del sur de la provincia y a través de la técnica de encuestamiento personalizado, se entrevistaron ciento trece (113) productores agropecuarios, comprendiendo una superficie de 27.719 hectáreas. Respecto a las respuestas más relevantes, el 80,5 % creía que existía calidad de agua para regar, a pesar de que el 79,6 % no había realizado análisis químico alguno, y el 77 % de los productores estimó que no estaba bien informado sobre la técnica, ni en sus posibilidades, ni en sus perjuicios. Así, en este marco contradictorio e incierto, creció la superficie regada, lejos de optimizarse el prioritario manejo del agua provista por las precipitaciones.

Actualmente, la expectativa de la incorporación del riego a los sistemas de producción extensivos está desalentada por la grave descapitalización de las empresas rurales, los aun no tentadores márgenes entre costo y beneficio, el presunto período húmedo por el que atraviesa la región (Magrin *et al.*, 1998), y por que no, por las insistentes alertas que surgen de experiencias no satisfactorias.

No obstante lo antedicho, el resurgimiento de esta práctica no debe descartarse en el mediano plazo, más si se revierten algunos indicadores económicos y se cumplen los pronósticos de una tendencia a la disminución del monto de las precipitaciones en la región.

De cumplirse esta posibilidad, se agregaría un ingrediente que ya logró esbozarse en algunas zonas en pleno período de expansión del riego, la virtual competencia por sobreexplotación de acuíferos entre el riego extensivo y el abastecimiento de agua potable para las poblaciones cercanas.

Inundaciones

Las llanuras son un escenario de suma fragilidad ante eventos hidrológicos extremos, de déficit o excedentes hídricos. En este último caso, la incapacidad del relieve de evacuar volúmenes importantes de agua, junto a otros factores, conduce a la ocurrencia de vastos y persistentes anegamientos. Los sistemas hidrológicos son especialmente sensibles a los cambios artificiales, el efecto que provoca una obra de arte como rutas, vías de ferrocarril o hasta los surcos de arado, son de gran magnitud e impactan trascendentemente en las cuencas (Zimmermann, 1990). Como consecuencia de la baja pendiente de las áreas llanas (del orden de $50 \text{ cm} \cdot \text{km}^{-1}$, o menos) un desnivel de un metro significa una barrera infranqueable desde el punto de vista hidrológico, que altera el escurrimiento natural de las aguas, acumulándolas.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

En Argentina, el sector más representativo de estas características es la llanura pampeana. Desde inicios de 1970, han entrado en crisis sistemas exorreicos (cuenca del Río Salado), endorreicos (cuenca de las lagunas encadenas del oeste) y arreicos (región del noroeste bonaerense, nordeste pampeano y sur santafesino), concurrente con un cambio del régimen semiárido en algunas de ellas a subhúmedo-húmedo.

Los cambios en el uso del territorio han contribuido a la manifestación de los procesos de anegamiento. Como ejemplo, es posible destacar el caso de la cuenca del arroyo Ludueña (Santa Fe), las tecnologías de uso del suelo implementadas, la intensa agriculturación, la creciente parcelación y el consiguiente aumento de la densidad de caminos secundarios y rurales, aceleraron el escurrimiento superficial provocando rápidos picos de caudales. Entre 1969 y 1990, se registraron disminuciones del tiempo de concentración (rapidez con que llegan los aportes de agua ubicados en las partes más alejadas de la cuenca) cercanos al 15 % (Zimmermann *et al.*, 2001).

Las inundaciones generan alteraciones ambientales de difícil reversión, localidades anegadas con alta tasa de evacuados y grandes extensiones rurales inutilizadas, producen entre otros, daños en la infraestructura, interrupción de las vías de comunicación, canalizaciones anárquicas y problemas sanitarios.

Los trasvases de agua desde zonas con actividades agrícolas, a humedales o a ríos y arroyos, pueden producir problemas de contaminación por fertilizantes u otros agroquímicos, pueden afectar la estructura y funcionamiento de los sistemas naturales superando los límites de asimilación de nutrientes y contaminantes, y producir la eutrofización de los cuerpos de agua. En áreas con tendencia a la salinización, tanto los trasvasamiento de aguas con elevada salinidad como la disminución en la recurrencia de las inundaciones por obras hidráulicas, pueden producir rápidos procesos de salinización secundaria y disturbar ambientes naturales (Gabellome *et al.*, 2001).

Cuando las ocupaciones poblacionales se asientan sobre las llanuras aluviales de los ríos y arroyos, las planicies marginales de lagos y lagunas y los bajos, son espacios de riesgo hídrico. Tal los casos, por ejemplo, de los planos aluviales del conurbano bonaerense y los sectores periféricos de Junín, Roque Pérez y General Belgrano en la provincia de Buenos Aires. La colmatación de sectores bajos con capacidad de almacenaje disminuida, es corresponsable de anegamientos en áreas naturalmente arreicas, entre muchas localidades puede citarse en la misma provincia a Carlos Tejedor, Henderson, El Triunfo y San Gregorio.

E

Aun cuando Florentino Ameghino lo advirtiera claramente en 1884, muchas obras de infraestructura fueron construidas y se siguen construyendo, sin tener en cuenta el riesgo en su diseño, típico caso de las rutas y de los caminos vecinales, redes pluviales o cloacales y hasta obras protectivas de contención.

En el sector rural el evento infringe severos perjuicios. En la actividad ganadera, disminución del porcentaje de preñez, menor producción de terneros y de carne, menor ganancia de peso, aumento de enfermedades parasitarias e infecciosas, menor superficie implantada con verdeos y pasturas, y mayor descapitalización en vientres.

En la actividad agrícola: menor superficie agrícola y producción, mayores gastos productivos, y de comercialización, menor calidad del producto cosechado, y en los suelos, degradación química, física y biológica, aumento de la salinización y de los riesgos de sodificación.

Entre otros aspectos igualmente serios, degradación de instalaciones y mejoras, pérdida de vida útil de maquinaria e implementos, incremento de costos de mantenimiento y reparación de maquinarias e instalaciones, aumento de los costos de transporte de granos y carne, degradación de la red eléctrica rural, aumento de la desocupación rural y urbano, e incremento del éxodo rural (Ventimiglia *et al.*, 2001).

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

Desde hace años, en los países desarrollados, se aborda la planificación del desarrollo en regiones amenazadas potencialmente por crecidas e inundaciones a través de *cartas de riesgos hidráticos* (Hernández, 2001). Este recurso herramiental, además de servir de base para legislar sobre la ocupación del espacio físico, es sumamente importante para generar sistemas de alerta urbano o rural, orientar la valuación fiscal, prevenir a la defensa civil, dimensionar el riesgo asegurable, valuar las emergencias agropecuarias, proteger al Estado ante reclamos especulativos, ordenar las acciones ante emergencias, planificar las obras civiles y fundamentalmente, aportar al Ordenamiento Territorial.

Desde la planificación y gestión de los recursos hidráticos la conceptualización del riesgo, en términos de la teoría social del mismo, permite incorporar cuatro dimensiones: peligrosidad, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre (Natenzon, 1995).

Andrade (2001) considera que generalmente, el problema de las inundaciones se ha considerado de manera fragmentaria, dando un tratamiento desigual a cada una de estas dimensiones, componentes del riesgo.

La incorporación a la evaluación de las inundaciones, de abordajes integrados, y el apoyo de herramientas pronóstico y de alarma como la modelación matemática, permite cuantificar los cambios inducidos por acciones del hombre, sus efectos y la posible modificación de la calidad ambiental.

Erosión hídrica

La erosión hídrica es una de las formas de deterioro del ambiente rural surgida de la interacción que ocurre en los sistemas de producción, entre la tecnología aplicada por el hombre para producir y el recurso suelo (Denoia, 1999).

Como proceso natural, no representa un grave perjuicio para el sector, pero inducido por las actividades antrópicas, perturba de manera extrema la evolución de los agentes formadores y funcionales de los suelos. Los sectores con pendientes mayores al 0.8 %, carentes de cobertura natural y que reciben importantes aportes de agua excedente de campos vecinos, predisponen la manifestación del proceso erosivo.

Su asociación histórica con el modelo de producción de granos y oleaginosas, condujo al deterioro del 16 % de la superficie total en las provincias de Córdoba y Buenos Aires y del 6 % en la de Santa Fe (SAGPyA, 1995).

El transporte del material desprendido, genera aguas abajo, perjuicios relacionados con la obturación total o parcial de las alcantarillas, la colmatación de los canales y cunetas, y la obstrucción de vías de agua mayores, hasta producir inconvenientes de navegabilidad en los cursos de gran envergadura como el río Paraná. Esta condición regional fue advertida décadas atrás por Kugler (1984), cuando insistía en la intensificación de los procesos aluviales de las grandes cuencas y su consecuencia sobre la vida útil de las obras de arte.

La erosión hídrica produce cambios en las propiedades edáficas. Los suelos erosionados poseen una tendencia a la compactación y a la pérdida de capacidad de infiltración, condiciones que impactan negativamente sobre la capacidad almacenaje de agua de los mismos. Tanto la pérdida de partículas de suelo, como de agua por escorrimiento, afectan la aptitud productiva y conspiran contra la estabilidad y autonomía de los sistemas de producción.

Actualmente las tecnologías de manejo de suelos que privilegian su cobertura con residuos de cosecha, más el diseño y ejecución de prácticas de sistematización en los sectores más críticos, posibilitan el control de los excedentes en las cuencas. De esta manera además de evitar la degradación de los suelos, realizan un importante aporte al control de la hidrología regional (Montico y Di Leo, 2000). Los eventos catástrofes producidos por las inundaciones en sectores rurales y urbanos regionales en tiempos recientes, podrían haberse morigerados por la sistematización programada de las áreas afectadas por erosión hídrica.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

Contaminación

-Barros Cloacales

La insuficiente cantidad de plantas de tratamiento de efluentes cloacales en el territorio rural y la consecuente descarga directa de aguas servidas, principalmente de origen doméstico, representa un factor contaminante de muy alto impacto ambiental. Más, cuando algunos vertidos se realizan en los cursos de agua, sin tratamiento alguno.

En los casos donde los efluentes son tratados, la búsqueda de un destino para los lodos cloacales (biosólidos) significa hoy un importante desafío ecológico (Clapp *et al.*, 1994; Torri y Lavado, 2001). El agregado de biosólidos al suelo como enmienda orgánica tiene efectos sobre procesos físicos, químicos y biológicos y originan cambios significativos en las relaciones suelo-plantas-agua. Los cambios físicos incluyen aumentos en el contenido de materia orgánica, mejora de la agregación, la capacidad de retención hídrica y la infiltración del agua. Por estas razones, los biosólidos han sido utilizados en muchas áreas para la recuperación y revegetación de suelos disturbados y para el mejoramiento de suelos marginales, restaurando la productividad y calidad de los mismos (Oberle y Keeney, 1994). La USEPA (1993) lo reconoce como un sustituto parcial de los fertilizantes y como un corrector de las propiedades físicas ambientalmente aceptable, no obstante para muchos investigadores los estándares de aplicación aun no resultan satisfactorios (Mazzarino, 1998).

La acumulación de elementos traza en los suelos y la potencial trasmisión de patógenos, podría significar un riesgo ambiental importante si no se observan cuestiones ligadas a su tratamiento previo.

Los metales pesados presentes, provienen mayormente de la corrosión en cañerías conductoras de agua potable, techos metálicos y de vertidos no permitido de efluentes industriales. Algunos son micronutrientes (cobre y cinc) (Lavado y Rodriguez 1999) y otros (cadmio, principalmente) significan una amenaza para el medio ambiente y la salud, toda vez que se acumulen en el suelo o migren al agua (Dudka *et al.*, 1996).

Las normas nacionales, relativas al contenido de metales pesados en el biosólido, no están aún definidas, la legislación vigente hasta el presente no contempla máximos para uso agrícola, habiéndose sólo establecido los máximos para barros cuyo destino son los rellenos sanitarios, a nivel nacional Ley N° 24.051 y Ley N° 11.717 en la provincia de Santa Fe (Lavado y Taboada, 2000).

-Arsénico

El arsénico se encuentra naturalmente en el medio ambiente, puede estar en forma tri y pentavalente, ya sea en compuestos orgánicos e inorgánicos. El de mayor actividad tóxica es el As III. El agua de los acuíferos suele presentar concentraciones medias de arsénico cercanas a 1 mg.l⁻¹.

Las características hidráulicas de las aguas subterráneas representada por una lenta velocidad de escurrimiento (que aumenta el tiempo de contacto con los sedimentos geológicos), la composición mineralógico-químico de este sedimento y su vulnerabilidad a los procesos de meteorización, disolución y facilidad para ceder oligoelementos al agua subterránea, son las causas del enriquecimiento de los acuíferos.

El consumo humano de agua con altos contenidos de arsénico y otros oligoelementos provoca una enfermedad conocida como HACREA (Hidroarsenismo Crónico Regional Endémico Argentino) que provoca manifestaciones cancerígenas.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

Desde 1913 se han reportado manifestaciones patológicas de esta enfermedad. El Dr Nicolli y colaboradores (1989), advierten sobre la presencia de algunos contaminantes asociados con el arsénico (flúor, vanadio y uranio) y otros de comportamiento geoquímico algo diferente (selenio y antimonio).

Entre los efectos tóxicos por consumo o de agua con altos contenidos de arsénico puede mencionarse algunos: hiperpigmentación, hiperqueratosis, gangrena y cáncer de piel, cirrosis, problemas de reabsorción renal, parálisis, pérdida de la audición, inhibición de algunas de enzimas y daños al intestino.

En la provincia de Santa Fe, otras investigaciones llevadas a cabo por Nicolli sobre las aguas subterráneas en la cuenca del río Carcarañá, revelan una concentración media de arsénico de 201 mg.l⁻¹ y valores máximos que superan los 720 mg.l⁻¹. Una cuestión importante a considerar es la existencia de períodos de toxicificación y detoxificación del arsénico en las poblaciones que consumen aguas arsenicales, debido a la variación anual de la concentración de este elemento.

La Ley Provincial N° 11.220 de 1995, obliga a los servicios de agua potable a suministrar agua de bebida con concentraciones de arsénico de 50 mg.l⁻¹ (Límite Recomendado) o menos, valor guía recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1985 (Vazquez *et al.*, 1998).

En los sistemas productivos, más allá de los trastornos operativos que ocasiona la utilización de aguas de mala calidad, la ganadería resulta la más perjudicada. El agua provee a los animales una importante cantidad de elementos, como sodio, calcio, magnesio y azufre, que incorpora a sus funciones metabólicas. Las aguas arsenicales y muy ricas en otras sales, alteran el paladar bovino disminuyendo su consumo y, en sistemas de cría y tambos, modifica la calidad y la cantidad de leche obtenida.

-Fertilizantes

La utilización de fertilizantes, principalmente de síntesis, representan un potencial riesgo de contaminación de acuíferos subterráneos cuando su aplicación se realiza en ausencia de las consideraciones agronómicas que contemplan el balance de nutrientes entre el consumo de los cultivos y el aportado por los suelos (Reynoso *et al.*, 2004).

Los nutrientes constituyen parte de los recursos del ambiente, los que conjuntamente con el manejo de las características de los genotipos, el conocimiento de la dinámica de las variables climáticas, las labranzas y otras prácticas tecnológicas, generan incrementos en los rendimientos físicos de los cultivos.

Los nutrientes que mayoritariamente se aportan al suelo a través de la fertilización son el nitrógeno y el fósforo. Los compuestos orgánicos de nitrógeno no son muy móviles en el suelo, razón por la que sólo sus productos de degradación son potenciales contaminantes de los acuíferos.

Los nitratos que migran hacia los sistemas subterráneos dependen (además de los factores climáticos) de la frecuencia de aplicación y del tipo de fertilizante utilizado, de la cantidad total de fertilizante incorporado, del nitrógeno orgánico e inorgánico presente en el suelo, y de las prácticas tecnológicas implementadas (Costa *et al.*, 2000; Rimski-Korsakov *et al.*, 2000).

Los compuestos de fósforo se presentan en forma orgánica e inorgánica y la mayoría de ellos se mantienen estables en el tiempo. Las formas inorgánicas del fósforo son fijadas en un proceso por el cual los compuestos solubles cambian a formas menos solubles por reacciones con compuestos orgánicos e inorgánicos del suelo. Estos compuestos tienen una movilidad limitada y pocas probabilidades de abandonar el suelo hacia las napas.

Respecto al primero, se conoce que la agricultura participa en forma significativa en la contaminación nítrica (Hénin, 1990; Adiscott, 1995; Knisel *et al.*, 1995).

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

Si bien el uso de fertilizantes nitrogenados ha aumentado considerablemente en los últimos cinco años, Andriulo (1995) sostiene que la fertilización no es la principal fuente en la contaminación de los acuíferos. Debido a que solamente en estos últimos años se ha intensificado el uso de nitrógeno fertilizante, el mayor aporte de este nutriente podría provenir del lavado de nitratos originados en la mineralización de la materia orgánica del suelo y no aprovechados por el sistema radicular de las plantas.

El agua para el consumo humano o para riego (ver Riego) se extrae de la formación Puelches y los sedimentos de las formaciones pampeana y postpampeana, que poseen una recarga autóctona (Santa Cruz, 1988). Sus límites, superior e inferior, no son impermeables, por lo que los nitratos exportados del suelo a través del lavado ingresan a estos acuíferos (Costa *et al.*, 2000; Rimski-Korsakov *et al.*, 2000).

Lavado y colaboradores (1999) sugieren una relación importante entre prácticas de manejo de los suelos como las labranzas y la concentración en el suelo de algunos elementos químicos por fertilización, siendo probable que ello represente un riesgo potencial para la calidad del agua subterránea. En sistemas intensivos la elevadas dosis de fertilizantes empleadas anualmente constituyen un importante riesgo hídrico ambiental. Hure y colaboradores (1998), en la zona hortícola cercana a la ciudad de Rosario (Santa Fe), hallaron que en el 60 % de los 25 establecimientos testeados, el agua de consumo presentaba concentraciones de NO_3^- mayores a 45 mg.l^{-1} y en el 8 %, concentraciones de NO_2^- mayores a 0.1 mg.l^{-1} , ambos, límites de riesgo de salud para la OMS. Asimismo Sardi y colaboradores (1997), en producciones animales intensivas del norte y sur del Gran Buenos Aires hallaron que alrededor del 42 % de 57 muestras superaban el límite de NO_3^- .

-Plaguicidas

Los contaminantes no permanecen estáticos en el punto de emisión, están sujetos a un devenir espacio-temporal que incluye una serie muy compleja de causalidades, que tienen como consecuencia, que sus efectos se manifiesten a gran distancia y tardíamente, en sujetos habitualmente distintos a los causantes de la misma (Eguiazu, 1989; Arnold y Briggs, 1993). La variable espacial por el momento, no es controlable, y sustancias de riesgo ambiental pueden ser exportadas, transportadas o producidas en forma libre (Mills y Thruman, 1994; Raskovsky y Laurenzano, 1994; Shuval y Gruener, 1997).

La irrupción del hombre en el orden natural, sustentada en la búsqueda de la máxima producción física en el ámbito rural, condujo a la necesidad creciente de ampliar la oferta de productos químicos por parte de los laboratorios de desarrollo de agroquímicos (Rodrigues, 1997; Pimentel, 1998).

Estos productos, considerados genéricamente como agrotóxicos, poseen una movilidad y persistencia controlada por sus características y las del ambiente donde actúan, siendo en su mayoría contaminantes difusos.

Los plaguicidas deben ser suficientemente móviles como para alcanzar su objetivo y suficientemente persistentes como para eliminar el organismo específicamente atacado. Estas dos cualidades no son deseables desde un punto de vista ambiental. El desplazamiento de los plaguicidas hacia el acuífero es un fenómeno complejo donde actúan principalmente los procesos de sorción, degradación y volatilización.

La mayoría de los plaguicidas químicos son sustancias de bajo peso molecular y poco solubles en agua (como los organoclorados). La solubilidad (especialmente de fosforados y carbamatos) es la propiedad que más condiciona su transporte hacia estratos inferiores, pero existen otros factores que determinan la movilidad y persistencia de los plaguicidas y que influyen sobre los mecanismos de absorción y degradación.

Los minerales arcillosos y la materia orgánica del suelo junto con la actividad biológica pueden retenerlo parcialmente y amortiguar la contaminación de las aguas subterráneas.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

La capacidad asimilativa del suelo está determinada por los procesos bióticos y abióticos que conducen a la transformación del plaguicida en metabolitos no tóxicos. Sin embargo, el herbicida atrazina, perteneciente el grupo químico de las triazinas, y utilizado ampliamente por su acción como pre y postemergente para el control de malezas, especialmente en el cultivo de maíz, posee metabolitos de degradación más tóxicos que el producto de origen (Bowmer, 1991; Mills y Thruman, 1994). El glifosato, principio activo del herbicida de mayor uso en la región pampeana, también es un agroquímico con evidencias de que su formulación (principalmente por su surfactante) produce impactos negativos en el ambiente (WHO, 1994; Hung *et al.*, 1997; NCAP, 1998).

Si bien, no existen evidencias concluyentes en la región pampeana de contaminación de acuíferos por plaguicidas, trabajos de investigación (Andriulo *et al.*, 2002a, 2002b; Lenardon *et al.*, 2002) indican que la temática debe abordarse de manera activa y amplia, debido a que genera un marco de incertidumbre, fundamentalmente ante el desconocimiento del riesgo potencial que implica.

Comentarios

En las últimas tres décadas en la región pampeana Argentina se sucedieron diferentes modelos de uso de la tierra que se basaron en la intensificación productiva, postergando la preservación y conservación de los recursos naturales (Montico y Pouey, 2001). Prueba de ello, es que el agua no representó, ni aun representa para la función pública, con excepción de acciones aisladas, un motivo de verdadera atención, y los actores privados ignoran o subestiman la problemática y las externalidades que derivan de su uso y administración.

Comienzan a evidenciarse señales del deterioro de la calidad del agua por acción u omisión, situación que obliga a reflexionar sobre la celeridad con que debe darse la intervención por parte de los decisores, desde la armonización de la tecnología con el ambiente hasta la articulación de la apropiación del territorio con las necesidades sociales. Es imprescindible actuar de manera sistemática en base a la formulación de propuestas activas.

El aprovechamiento y gestión del agua debe basarse en un planeamiento que implique la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.

Coinciendo con Fernández Jauregui (2001), la gestión de los recursos hídricos en la región pampeana debe abordarse desde un enfoque multidimensional y multiobjetivo, reconociendo al agua como bien económico indispensable para el crecimiento y el desarrollo.

Las bases del cambio del compromiso con el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce, deben contemplar la definición de las cuencas hidrográficas como unidad de desarrollo en lugar de las divisiones políticas, el reconocimiento de la relación entre aguas superficiales y subterráneas, la interacción entre los sectores rurales y los urbanos, y la aplicación de los principios de la sustentabilidad.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

Bibliografía consultada

- ADISCOTT, T.M.: *Modelling the fate of crop nutrients in the environment: problems of scale and complexity*. **Eur J. Agron.** 4 (4), 1995, 413-417.
- AMEGHINO, F.: **Las sequías y las inundaciones en la Provincia Buenos Aires**. <http://www.biblioteca.org.ar/autort.asp/Florentino Ameghino>. 1884.
- ANDRADE, F. H.; V. O. SADRAS: **Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja**. Balcarce, Argentina. Ed. Duo, 2000.
- ANDRADE, F.H.; ECHEVERRÍA, H. E.; GONZÁLEZ, N. S.; UHART, S.E.: **Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja**. EEA. INTA Balcarce, Fac. Ciencias Agrarias UNMP. 2000. pp. 207-234.
- ANDRADE, M. I.: **Planificación de los recursos hídricos. Jornada sobre Inundaciones en la Región Pampeana**. Buenos Aires, Argentina. 2001.
- ANDRIULO, A. : **Modélisation de l'évolution des matières organiques des sols de la Pampa. Relation avec les systèmes de culture**. These doctoral. INA-PG, Paris, France, 1995, 142 pp+annexes.
- ANDRIULO, A.; SASAL, C.; BUENO, M.; FERREYRA, C.; RIVERO, M. L.; ABREGO, F.; RIMATORI, F.; M. DE LA CRUZ: *Efecto de la tecnología aplicada a un cultivo de maíz y al periodo de post-cosecha sobre la calidad del agua freática. Taller de contaminación por agroquímicos*. Pergamino, Buenos Aires. 2002a.
- ANDRIULO, A.; SASAL, C.; F. RIMATORI: *Impacto del sistema de producción agrícola sobre la calidad y la cantidad del drenaje en el norte de Buenos Aires. Taller de contaminación por agroquímicos*. Pergamino, Buenos Aires. 2002b.
- ARNOLD, D.; G. BRIGGS: *Fate of pesticides in soil: a predictive and practical aspects. Environmental fate of pesticides*, Vol 7, Chapter 7, 1993.
- AUGM: **Agua Problemática Regional. Enfoques y perspectivas en el aprovechamiento de recursos hidráticos**. Ed. Eudeba. Buenos Aires, Argentina. 1998, 187- 195.
- BOWMER, H. K.: *Atrazine persistence and toxicity in two irrigated soils of Australia*. **Australian Journal Soil Research**, (29) 1991, 339-350.
- BOYCE, J.: *Equity and environment: social justice today as a prerequisite for sustainability in the future*. **Alternatives**, 21 (1) 1995, 12 – 24.
- CEPAL: *Tendencias actuales de la gestión del agua en América Latina y el Caribe*. **Documento LC/L.1180**. República dominicana, 1999, 98 p.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; L. W. MAYS: **Hidrología aplicada**. Mc Graw Hill. Ed. D'Vinni. Colombia. 1994.
- CLAPP, C. E.; DOWDY, R.H.; LINDEN, D.R.; LARSON, W.E.; HORMANN, C.M.; SMITH, K.E.; HALBACH, T.R.; CHENG, H.H.; R. C. POLTA: *Crop yields, nutrient uptake, soil and water quality during 20 years on the Rosemount sewage sludge watershed*. En **Sewage Sludge: Land utilization and the environment**. SSSA Miscelaneous Publication. 1994, 137-148.
- COSTA, J. L.; SUERO, E.; BEDMAR, F.; BOCANEGRÁ, E.; D. MARTINEZ. *Contaminación de acuíferos superficiales con nitratos. Efecto de las distintas prácticas agrícolas*. **Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Mar del Plata. Argentina. 2000.
- DARDANELLI J.: *Eficiencia en el uso del agua según sistemas de labranzas*. En: Panigatti J.L., Marelli H., D Buschiazzo y R. Gil (ed) **Siembra Directa**. Editorial Hemisferio Sur, INTA. 1998. p 107-115.
- DARDANELLI, J.; COLLINO, D.J.; OTEGUI, M.E.; V. SADRAS: *Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción*. En: Satorre, E.H.; Benech, R.L.; Slafer, G.A.; De la Fuente, E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E. y R. Savin. **Producción de cultivos de grano: bases funcionales para su manejo**. Ed. Facultad de Agronomía, U.B.A. 2002. 269 p.
- DENOIA, J. A.: *Erosión hídrica en áreas de llanura. Manejo de Tierras*. FCA-UNR. Inédito. Rosario. Argentina, 1999, 20 p.
- DUDKA, S.; PIOTROWSKA, M.; H. TERELAK: *Transfer of cadmium, lead, and zinc from industrially contaminated soil to crop plants: a field study*. **Environmental Pollution**, (94), 1996, 1881-1888.
- EGUIAZU, G. M.: **Las micotoxinas desde una perspectiva antropológica**. Rosario, Argentina. Ed. UNR. 1989.
- FAO: **Manual de campo para el ordenamiento de cuencas hidrográficas**. N 13/6. Roma, Italia. Ed FAO. 1992.

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

- FERNÁNDEZ JÁUREGUI, C. A.: *La gestión de los recursos hídricos en América Latina. Desafíos Regionales. Actas CD Seminario Internacional sobre Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas.* Rosario, Argentina. 2001.
- GABELLOME, N. A.; SARANDÓN R.; C. CLAPS: *Diagnóstico y dinámica ambiental. Caracterización y evaluación ecológica de la cuenca del Río Salado. Jornada sobre Inundaciones en la Región Pampeana.* Buenos Aires, Argentina. 2001.
- GARDNER, B. R.; PEARCE R. B.; R. L. MITCHEL: **Physiology of crops plants.** USA, Iowa State Univ. Press. USA. 1985.
- HENIN S. : *Rapport du groupe de travail activités agricoles et qualité des eaux. Ministère de l'Agriculture, Ministère de l'Environnement et du cadre de vie,* Paris, France, 1990, 34 p. + annexes.
- HERNÁNDEZ, M.A.: *Importancia de la caracterización física del riesgo hídrico en la llanura pampeana. Jornada sobre Inundaciones en la Región Pampeana.* Buenos Aires, Argentina. 2001.
- HUNG, D.; J. DENG; T. WU: *Laryngeal survey in glyphosate intoxication: a pathophysiological Investigation Hum. Exp. Toxicol.* (16), 1997, 596-599.
- HURE, M.E.; BELLA, A. M.; BEARZOTTI, A.; CASTANETTO, E.; LIBERATTI, A.; GIUBILEO, G.; TROSSERO, C.; TORRES, C.; S. MONTICO: *Calidad de aguas subterráneas, los fertilizantes nitrogenados y la salud humana. Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* Córdoba, Argentina. 1998.
- KLEINSORGE, E. C.; SCAGNETTI, J.; BUNIVA, M.; GRIGOLATO, R.; MASTANDREA, C.; LOTESTE, A.; MARTINEZ, O.; G. STINGHINI: *Estudio del impacto biológico del arsénico en dos poblaciones de la provincia de Santa Fe. Actas Congreso Internacional sobre Aguas.* Buenos Aires, Argentina. 1997.
- KNISEL W.G., LEONARD R.A; F. M. DAVIS: *Representing management practices in GLEAMS. Eur. J. Agron.* 4 (4), 1995, 499-505.
- KUGLER, W. F.: *Erosión: un problema no sólo grave, sino también urgente. Suplemento INTA, IDIA N° 40,* 1984, 21-23.
- LAVADO, R. S.; PORCELLI, C. A.; R. ALVAREZ: *Concentration and distribution of extractable elements in a soil as affected by tillage and fertilization. The Science of the Total Environment* 232: 185-191. 1999.
- LAVADO, R.S.; M. B. RODRIGUEZ: *Biosolids as zinc source for soybean. ICOBTE 99.* Viena. Austria. (I), 1999, 312-313.
- LAVADO, R. S.; M. A. TABOADA: *Acumulación de metales pesados por aplicación de biosólidos. Comparación de datos experimentales y regulaciones en vigencia. Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* La Pampa, Argentina. 2000.
- LENARDON, A.; MAITRE, M. I.; LORENZATTI, E.; DE LA SIERRA, P.; MARINO, F.; E. SUSANA: *Plaguicidas en diversos medios: experiencias y resultados. Taller de contaminación por agroquímicos.* Pergamino, Buenos Aires. 2002.
- MAGRIN, G. O.; GRONDONA, M. O.; TRAVASSO, D. R.; BOULLÓN, D. R.; RODRIGUEZ, G. R.; C.D. MESSINA: *Impacto del fenómeno El Niño sobre la producción de cultivos en la región pampeana. Publicación INTA,* Castelar, 1998, 16 p.
- MAZZARINO, M.J.: *Ventajas y Limitaciones del uso agrícola de residuos orgánicos con énfasis en biosólidos. Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* La Pampa, Argentina. 1998.
- MILLS, M.; M. THRUMAN: *Reduction of nonpoint source contamination of surface water and groundwater by starch encapsulation of herbicides. Environm. Sci. technol,* (28), 1994, 73-79.
- MONTICO, S.: *Cuencas rurales. Pautas y criterios para su ordenamiento.* Ed UNR. Rosario. Argentina. 2001. 167 p
- MONTICO, S.; N. DI LEO: *Aplicación de un sistema de información geográfica para la evaluación del impacto ambiental de un proyecto de control de erosión hídrica. Actas IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota.* Misiones. Argentina. 2000.
- MONTICO, S.; N. DI LEO: *Relevamiento de datos sobre intención de riego. Publicación de difusión N° 7.* Facultad de Ciencias Agrarias UNR. Argentina. 1996, 12 p.
- NATENZON, C.: *Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre. Serie de Documentos e Informes de Investigación N° 197.* FLACSO. 1995, 9 p.
- NCAP: *Gglyphosate (Roundup). Journal of Pesticides Reform,* (18), 1998, 3.
- NICOLLI, H.; SURIANO, J.; GOMEZ PERAL, M.; FERPOZZI, L.; O. BALEANI: *Groundwater Contamination with Arsenic and Other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of*

REVISTA THEOMAI / THEOMAI JOURNAL

- Córdoba, Argentina. **Environ. Geol. Water Sci.**, 14 (1), 1989, 3-16.
- OBERLE, S.L.; D. R. KEENEY: En: Clapp C. E. y Larson W. E. (Ed). **Sewage Sludge: Land Utilization and the environment**. ASA, Madison, 1994, 17-20.
- PAGE, A.L.: **Methods of soil analysis Part 2**. ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA. 1982, 1345-1351.
- PERERA, L. A.; A. T. AMI: *Accommodating the informal sector: strategy for urban environmental management*. **Journal of Environmental Management**, 46 (1), 1996, 3-15.
- PERKS, W. T.: **The integration environmental assessment and municipal planning**. Toronto, Canadá, ICURR Press, 1996.
- PIMENTEL, D.: *Judicious use of pesticides-economic and environmental benefits*. **Anais Seminario Internacional de Racionalizacao do Uso de Pesticidas no Cono Sul**. Campinas. Brasil. 1998.
- RASKOVSKY, L.; C. B. LAURENZANO: *Nitratos en los acuíferos explotados para abastecimientos públicos. Actas XXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Buenos Aires., Argentina. 1994.
- REYNOSO, L.; SASAL, C.; PORTELA, S.; A. ANDRIULO: *Vulnerabilidad del acuífero pampeano en el norte de la Provincia de Buenos Aires. aplicación de la metodología drastic*. **Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Paraná. Argentina. 2004.
- RIJTEMA, O.; P. GROENENDIJK: *The environmental impact of land use in rural regions*. **Readesship Environmental Scientists**. World Scientific. Netherlands. 1999, 24 p.
- RIMSKI-KORSAKOV, H.; TORRES DUGGAN, M.; R. S. LAVADO: *Influencia de la fertilización y el riego en la lixiviación de nitratos en un suelo franco arenoso*. **Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Mar del Plata. Argentina. 2000.
- RODRIGUES, G. S.: *Contaminación ambiental por pesticidas en el Cono Sur - una revisión de la literatura*. **Livro Verde**. Procisur/IICA, 1997, 162-186.
- SAGPyA: **El deterioro de las tierras en la República Argentina**. Buenos Aires, Argentina. Ed. Dúo. 1995.
- SAGPyA: **Manual de riego del productor pampeano**. Buenos Aires, Argentina. Ed Duo. 1995.
- SANTA CRUZ, J.: *Caracterización del recurso hídrico subterráneo con miras al riego complementario en la región NNE - maicera típica- de la provincia de Buenos Aires*. **Convenio SAGPy/IICA**. 1988, 30 p.
- SARDI, G.; HERRERO, M.A.; MALDONADO MAY, V.; FLORES, M.; L. CARBÓ: *La calidad de agua para bebida animal en explotaciones intensivas pampeanas*. **Actas Congreso Internacional sobre Aguas**. Buenos Aires, Argentina. 1997.
- SHUVAL H. I.; N. GRUENER: *Health effects of nitrates in water*. **U.S. environmental protection agency**, Cincinnati, Ohio 45268. USA. 1997, 45 p.
- TORRI, S.; R. S. LAVADO: *Distribución y disponibilidad de elementos potencialmente tóxicos en suelos representativos de la provincia de Buenos Aires enmendados con biosólidos*. **Ciencia del Suelo**, 20 (2): 98-109. 2001.
- USEPA: *Standards for the use or disposal of sewage sludge*. **Federal Register. S. Gov. Office**. Washington. (58), 1993, 9248-9415.
- VAZQUEZ, H; ORTOLANI, V.; RIZZO G.; BACHUR, J.; V. PIDUSTWA: *Arsénico en aguas subterráneas. Criterios para la adopción de límites tolerables*. **Documento ENRESS**. Santa Fe, Argentina. 1998, 12 p.
- VENTIMIGLIA, L. A.; CARTA, H. G.; S. N. RILLO: *Inundaciones: un problema de todos*. **Jornada sobre Inundaciones en la Región Pampeana**. Buenos Aires, Argentina. 2001.
- VITTA, J; FERNÁNDEZ, J; GUILLEN, M; ROMANO, M; SPIAGGI, E; S. MONTICO: *La visión del desarrollo sustentable en el agro de nuestra región: bases para la discusión*. **Revista Ambiental UNR**, Año 4, (4), 2001, 24-47.
- WHO. *United Nations Environment Programme. The International Labour Organization. Glyphosate. Environmental Health Criteria N° 159*. Geneva, Switzerland. 1994, 2 p.
- ZIMMERMANN, E. D.: *Sobre los sistemas hidrológicos transicionales*. **Departamento de Hidráulica e Ingeniería Sanitaria. FCEIA-UNR**. Inédito. Rosario. Argentina. 1990, 11 p.
- ZIMMERMANN, E.K.; BASILE, P.A.; G. A. RICCARDI. *Ánalisis de la Modificación en la Respuesta Hidrológica del Sistema del Arroyo Ludueña Provocada por Cambios en el Uso del Suelo*. **Actas I Seminario Internacional sobre Manejo de Cuencas Hidrográficas**. Rosario, Argentina. 2001.