

## Capítulo 8

### **Agricultura, clima y ambiente en Argentina: Tendencias, interacciones e impactos**

*Ernesto F. Viglizzo*

#### **1. La expansión agrícola en Argentina**

##### **Beneficio económico y costo ambiental**

El uso de la tierra (que refleja el planteo productivo predominante en el sector rural) y la adopción de tecnología (vinculada a una mejora en la eficiencia productiva) son los dos factores centrales que el productor controla para aumentar la productividad y mejorar su beneficio económico (Rabinovich y Torres, 2004). Pero esos dos factores de cambio son también causa de un costo ambiental que resulta a menudo tan involuntario como desconocido. Como norma general, el productor toma sus decisiones en base a una relación económica entre beneficios y costos. Sin embargo, es poco común que en esas decisiones aparezca la relación entre el beneficio económico y el costo ambiental.

Aunque sea de uso poco habitual, esos conflictos a nivel de potrero o predio son relativamente sencillos de estimar. Un ejemplo simple que podemos tomar de un típico planteo de bajos insumos, es la pérdida de fertilidad química o física de los suelos cuando aumenta la proporción de cultivos anuales de cosecha. Si esa pérdida de fertilidad fuera valorada en términos económicos y computada como un costo real del sistema de producción, caeríamos en la cuenta que la rentabilidad real de la empresa es menor que la estimada en un análisis convencional de gestión económica.

Esa valoración resulta, en cambio, menos sencilla cuando saltamos a escalas mayores.

##### **La expansión territorial de los cultivos anuales**

En la primera mitad del siglo XX, hubo una co-evolución entre ganadería y agricultura, bajo condiciones extensivas o semi-intensivas, que consolidó el clásico y efectivo modelo de rotación de cultivos con pasturas y forrajeras anuales. Pero recientemente, la intensificación agrícola de la pradera pampeana durante los '90 y comienzos del nuevo siglo, estuvo acompañada por una notoria intensificación de los

planteos ganaderos. Este nuevo planteo impone, en superficies reducidas, una alta densidad de animales sometidos a un engorde intensivo a corral (lo que denominamos “feed-lot” criollo) con granos y forrajes procesados (heno, silaje, etc.). La agricultura aporta la mayor parte de los insumos que requiere la ganadería, y ambas actividades (agricultura y ganadería), que antes se articulaban en esquemas extensivos de rotación de cultivos, ahora aparecen desacopladas y altamente especializadas, inclusive con administración independiente (Viglizzo, 2007). Tal cambio introdujo una modificación adicional en la funcionalidad de estos ecosistemas que, para sostener una mayor productividad, reciben más insumos y generan más residuos y desechos que afectan al ambiente (nutrientes, aguas residuales, plaguicidas, antibióticos, etc.). En tanto, el modelo tradicional de ganadería en rotación con la agricultura experimentó un desplazamiento hacia el oeste de la región, y está en parte re-localizada en una franja occidental que se angostó en el tiempo.

A una escala territorial amplia, han sido los cultivos anuales quienes causaron las más importantes modificaciones del paisaje en Argentina. El reemplazo de tierras naturales y ganaderas por tierras agrícolas fue el cambio más notorio que experimentó la agricultura a lo largo del siglo 20 (Timm, 2004). Como se aprecia en la Figura 1, la agricultura, concentrada durante la década del '60 en la pradera pampeana, se expandió sobre las tierras del Gran Chaco en el norte argentino durante los años '80, alcanzando en tal región algunos focos de alta densidad de cultivo a comienzos del siglo 21 (Adámoli, 2006). Dos características adicionales han marcado la expansión agrícola de los últimos años: a) la “veranización” de los planteos agrícolas (en la mitad Norte de la pradera pampeana y hacia el Norte del país), en el cual los cultivos de verano se expandieron a expensas de un estancamiento de los cultivos de invierno, y b) la llamada “sojización” de la agricultura, en la cual la soja se expandió explosivamente sobre el resto de las especies (Carreño y Viglizzo, 2007).

Si se toma la pradera pampeana como caso testigo, es menester señalar que los patrones de expansión agrícola han sido marcadamente asimétricos y heterogéneos (Figura 2). Durante los últimos 35-40 años, este proceso ha sido acompañado en la pradera pampeana por un aumento persistente de los rendimientos de los principales cultivos

(Figura 3). Aunque declinantes, los cultivos de invierno aún dominan en el sur; en cambio los de verano lo hacen en el norte de la región. Las curvas de cultivos de invierno y de verano tienden a cruzarse en la pampa central, lo cual indica una transición norte-sur en la dominancia de ambos tipos de agricultura. La asimetría observada en la expansión de los cultivos está modulada por las limitaciones bio-físicas particulares (lluvias, calidad edáfica, profundidad de suelos, altura de napas, capacidad de drenaje, etc.) de cada área agro-ecológica homogénea (INTA/UNDP, 1990). Esta peculiaridad tiende a desmitificar la creencia popular de que la agricultura se ha expandido homogéneamente y sin altibajos en toda la región pampeana.

En los últimos tiempos se señala que la agricultura de cosecha anual tiende a generar “frentes estructurantes de avance” en lugar de fronteras. Esto significa que toda expansión de los cultivos sobre áreas naturales genera una base de infraestructura de servicios (autopistas, rutas, puentes, asentamientos urbanos y comerciales, etc.) que tiende a consolidar el proceso, principalmente en regiones deforestadas (Rudel, 2007). Sin duda, esto contribuye a acelerar aún más la transformación del paisaje rural que ha sido intervenido, y afectar la provisión natural de bienes y servicios ecológicos.

## **2. Implicancias funcionales de la expansión y la intensificación agrícola**

La conversión de tierras y la incorporación de tecnología (principalmente de insumos) durante el último siglo han afectado inevitablemente la estructura y la funcionalidad de los ecosistemas (Solbrig y Viglizzo, 1999, Viglizzo et al., 2001, Viglizzo et al., 2003, Casas, 2001). Sus impactos son notorios en funciones ecológicas esenciales como el flujo de energía, la relación flujo-stock de carbono, el ciclado de nutrientes, el proceso hidrológico y el patrón eco-toxicológico de las áreas convertidas.

### **Impacto de la expansión agrícola en áreas naturales**

Como se señalara en el título anterior, la mayor expansión agrícola ha ocurrido en la región pampeana, aunque hoy se proyecta geográficamente hacia el Gran Chaco y el NO argentino. Sin embargo, para la opinión pública resulta particularmente preocupante el avance de la agricultura y la ganadería sobre dos grandes eco-regiones de alta vulnerabilidad ecológica. Tal es el caso de las de las Yungas en el NO, y de la Selva

Paranaense en el NE argentino.

Pese a su baja singularidad continental, las Yungas argentinas merecen atención por la larga historia de intervenciones antrópicas en las áreas pedemontanas más bajas y con mayor aptitud agrícola. Sobre ellas han avanzado los monocultivos de caña de azúcar, soja, tabaco, poroto, cítricos, etc., la explotación forestal, la captura comercial de aves, la caza furtiva y los emprendimientos inmobiliarios cercanos a ciudades importantes. Gran parte de su valor radica en la biodiversidad que, aunque menor que la de la selva paranaense, comparte con ella muchas especies. De las casi 5 millones de hectáreas que cubren las yungas en la Argentina, la superficie efectivamente protegida sólo alcanza a un 5% del área total. Aunque las autorizaciones de desmonte parecen más restringidas en la actualidad, la provincia de Salta autorizó en los últimos 10 años el desmonte de unas 500.000 hectáreas. La cifra real ha sido seguramente mayor (SAyDS, 2004; Brown et al., 2006).

La Selva Paranaense en la provincia de Misiones, que comparte atributos biofísicos con las selvas de Paraguay y Brasil, conforma la mayor área continua del denominado bosque atlántico remanente en el mundo. Pese a su aspecto homogéneo, posee la mayor riqueza de árboles (más de 100 especies) y de biodiversidad del país. Se reconocen cinco estratos distintos de vegetación que ofrecen una gran variedad de nichos para la fauna. Se considera que la afecta un nivel de degradación de moderado a alto, superior a la de las yungas. Es preocupante la extracción selectiva de maderas valiosas y el reemplazo del bosque natural por forestaciones con especies exóticas (coníferas y eucaliptos) o monocultivos (té, tung, yerba mate, tabaco, soja, etc.). Quizás estas alteraciones expliquen las inundaciones que afectan la cuenca del Paraná superior. El panorama se complica por la construcción de las grandes represas hidroeléctricas de Urugua-í y Yacyretá. De una superficie estimada superior a las 2.7 millones de hectáreas, 445.503 hectáreas (16 %) han sido legalmente declaradas como áreas protegidas (federales, provinciales, municipales y privadas), aunque su implementación efectiva plantea dudas (SAyDS, 2004; Plací y Di Bitetti., 2006).

### **La incorporación de tecnología**

Los rendimientos de los granos a escala mundial en el último siglo (Tilman et al., 2002) muestra un llamativo cambio de tendencia a partir de la post-guerra (décadas de 1950

y 1960). Ocurrió en esos años una fuerte intensificación de la agricultura basada en el uso creciente de insumos y otras tecnologías que dieron nombre a la Revolución Verde. En la agricultura argentina hubo un retraso de unos 20-30 años en la inflexión de la tendencia (Salvador, 2001). Los aumentos de producción bruta en la pradera pampeana estuvieron marcados por una expansión sobre nuevas tierras hasta los años '70 y '80 (Viglizzo et al., 2002), y a partir de entonces, el salto productivo se puede explicar por un uso más intensivo de insumos tecnológicos.

La agricultura argentina en general –y la pampeana en particular- se ha expandido en los últimos 20 años dentro de una matriz tecnológica enmarcada por cultivos transgénicos, siembra directa, creciente uso de fertilizantes y plaguicidas y, en menor medida, agricultura de precisión (Satorre, 2005, Viglizzo et al., 2002b). El cultivo de soja lideró la incorporación de tecnología a través de la expansión de variedades transgénicas (resistentes a glifosato) y del uso exponencial del glifosato como herbicida básico. El cambio se manifestó en un aumento muy rápido de la superficie cultivada y de los rendimientos del cultivo (Martínez-Ghersa y Ghersa, 2005; Trigo, 2005).

### **Impacto sobre la funcionalidad de los ecosistemas**

A escala global, el reemplazo de pastizales naturales y bosques nativos por praderas artificiales, y la posterior sustitución de estas praderas por cultivos anuales con la consecuente incorporación de tecnología, permitieron elevar significativamente la productividad biológica y económica de las tierras explotadas (Tilman et al. 2002). Pero al mismo tiempo, modificaron los flujos de energía, los ciclos minerales, el proceso hidrológico, la estabilidad y fertilidad de los suelos, el hábitat y la biodiversidad (ver capítulo 6 en esta misma obra), y el patrón eco-toxicológico de las regiones intervenidas (Carreño y Viglizzo, 2007).

Durante la conversión de los sistemas naturales en agro-ecosistemas en la región pampeana, surgieron sistemas de producción, con características contrastantes. Para apreciar esas diferencias, basta comparar tres tipologías bastante distintas: el sistema ganadero de cría-recría, el sistema mixto ganadero-agrícola, y el sistema agrícola puro (Viglizzo et al., 2001).

Desde un punto de vista funcional, el ganadero de cría es un sistema de baja productividad que funciona básicamente con un presupuesto energético de origen solar (utiliza poca energía fósil), tiene bajo ingreso y egreso de energía y nutrientes (o sea, baja productividad), y acredita un robusto ciclo mineral en el cual la mayor parte de los nutrientes que circulan retornan al sistema. En términos biológicos es el sistema más diversificado en relación a las especies que intervienen en el proceso productivo. Por tal razón, los procesos biológicos se suceden y superponen sin discontinuidad temporal. Funcionalmente, es el planteo que más se asimila a un ecosistema natural.

La situación es bastante distinta en un sistema mixto que produce carne y granos. La productividad biológica aumenta considerablemente. Como la movilización de energía y nutrientes es mayor, la energía solar no es suficiente para hacer funcionar todo el proceso productivo. Es necesario reforzarlo mediante una inyección extra y sostenida de energía fósil. Lo propio pasa con los nutrientes. Como el egreso es mayor que el ingreso, es necesario compensar el balance negativo mediante fertilización (o mediante fijación biológica, en el caso del nitrógeno). Consecuentemente, el ciclo mineral se debilita y solo se reinvierte en el sistema una parte de los nutrientes que circulan. El sistema se torna menos diversificado en términos biológicos, ya que intervienen menos especies en el proceso productivo. Los procesos biológicos se tornan más pulsantes en respuesta a los ciclos productivos estacionales de esas especies.

La funcionalidad del sistema se altera considerablemente en el caso de un planteo productivo de agricultura intensiva continua. Debido a sus altos ingresos y egresos de energía y materia, el sistema se torna muy abierto. Mientras los flujos de energía y nutrientes que ingresan al sistema (como combustible fósil, fertilizantes y plaguicidas) y salen del mismo (como productos) se robustecen, los ciclos minerales se debilitan de manera considerable. Es un sistema muy dependiente del subsidio externo de insumos. El exceso de fertilizantes y plaguicidas suele ser causa común de episodios de contaminación de agua y aire. En términos biológicos, el sistema ha sido muy simplificado, ya que todo el proceso productivo gira alrededor de dos o tres especies de alta productividad biológica y, en general, de alta rentabilidad. Los procesos biológicos, por su lado, están modulados por pulsos muy fuertes y discontinuos que se ajustan exactamente al ciclo productivo de las

pocas especies que intervienen en el juego.

### **3. Productividad, estabilidad y sustentabilidad agro-ecológica de los sistemas de producción**

En condiciones de bajos insumos, trabajos de varios autores (Merten, 1987, Conway, 1988, Viglizzo y Roberto, 1998) han demostrado que existe una relación de conflicto (*trade-off*) entre productividad y estabilidad productiva. Esto significa que el precio que suele pagarse por aumentar la productividad del sistema, es una caída potencial de la estabilidad (medida por un aumento del riesgo productivo). Al ocurrir un reemplazo de ecosistemas naturales por agro-ecosistemas en condiciones de bajos insumos, es esperable un aumento de productividad agropecuaria pero, al mismo tiempo, una caída de la estabilidad productiva. Para compensar esa pérdida de estabilidad, el productor tiende a diversificar sus actividades para diluir el riesgo (Viglizzo y Roberto, 1998). Por tanto, distintos *trade-offs* entre productividad y estabilidad pueden emerger cuando decidimos cambiar la funcionalidad del sistema de producción aumentando el área cultivada y el uso de insumos.

Bajo condiciones de bajos insumos, también puede existir una relación de conflicto entre productividad y algunos indicadores de sustentabilidad ecológico/ambiental. Por ejemplo, la sustentabilidad productiva de los suelos se suele ver amenazada por la erosión y la pérdida de materia orgánica y de nutrientes. Pero también otros indicadores pueden resultar modificados. Trabajos de Viglizzo et al. (2003, 2006) demuestran que a medida que aumenta el área de cultivos anuales a expensas del área ganadera, ocurren cambios esperables y predecibles: a) el consumo de energía fósil y la productividad energética del sistema aumentan, b) el margen bruto anual por hectárea lo hace en igual proporción, c) el balance de nitrógeno (N) es positivo en tanto no existan cultivos anuales o mientras intervengan leguminosas forrajeras que fijan N o se fertilice, pero ese balance se torna negativo cuando la extracción excede a la incorporación de N por fertilizantes, d) el balance de fósforo (P) es casi siempre negativo por un desequilibrio entre extracción y fertilización fosforada, e) el riesgo relativo de contaminación por plaguicidas aumenta con la superficie cultivada, al igual que la pérdida de sedimentos por erosión. Y f) aunque la pérdida de materia orgánica tiende a incrementarse con la superficie cultivada anualmente,

paradójicamente g) la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) decae en igual sentido. Respecto a este último indicador, es evidente que el manejo del fuego en los sistemas ganaderos de cría es una fuente emisora de GEI potencialmente importante. Asimismo, la ganadería extensiva actúa como una fuerte emisora de metano (CH<sub>4</sub>), gas que posee alta potencia invernadero (21 veces superior al anhídrido carbónico, que es el GEI dominante). No debe sorprender, por tanto, que los planteos ganaderos posean un potencial de emisión de GEI que resulta más alto que el de los planteos agrícolas.

Del análisis de estos indicadores no podemos inferir que existe una relación estrictamente inversa entre la productividad del sistema de producción y todos los indicadores de comportamiento ecológico/ambiental. Algunos indicadores tienden a desmejorar significativamente cuando aumenta la productividad, otros lo hacen en menor proporción, y otros tienden a mejorar. El comportamiento depende de los sistemas de producción que se consideren y de los indicadores que se seleccionen para compararlos.

### **El ambiente rural y los servicios ecológicos en Argentina**

Durante la década de 1990 tuvo lugar una vigorosa corriente de investigaciones en economía ambiental orientada a determinar el valor económico de los denominados servicios del ecosistema. Aunque existen diversas metodologías para estimar el valor económico de los servicios del ecosistema (ver capítulo 5 en esta misma obra), en términos bio-físicos éstos son aportados por funciones ecológicas que carecen generalmente de un valor de mercado, pero que son indispensables para sostener la vida en el planeta. La regulación de gases, la regulación del clima, la regulación de disturbios naturales, el suministro de agua, el ciclado de nutrientes, el control de la erosión, la provisión de alimentos y materias prima, la eliminación de desechos, etc., son algunos servicios naturales cuya destrucción tiene, para el hombre, un costo económico considerable cuando deben ser reemplazados artificialmente.

Elaborar un mapa de oferta de servicios ecológicos en la Argentina es una tarea compleja pero necesaria para identificar las áreas de mayor vulnerabilidad ecológica-ambiental, y concentrar nuestra atención sobre ellas. En este caso, el concepto de vulnerabilidad está asociado a la oferta relativa de servicios ecológicos, porque los ecosistemas que los proveen en mayor cantidad, están más expuestos a perderlos frente a

una intervención humana o una catástrofe natural. Los valores obtenidos en un estudio realizado por Carreño y Viglizzo (2007) ofrecen una primera aproximación para detectar las eco-regiones del país con mayor oferta relativa de servicios ecológicos (Figura 4). Las eco-regiones correspondientes a los Esteros del Iberá y Delta del Paraná son las que acreditan la mayor oferta relativa de servicios ecológicos dentro del territorio argentino. Esta elevada concentración de servicios se explica por la alta proporción de espacio territorial cubierto con humedales, los cuáles son sistemas de hidrología muy dinámica que proveen numerosos servicios esenciales para la sociedad, como el control de inundaciones, la purificación de aguas, la protección contra tormentas, el ciclado de nutrientes, el tratamiento de residuos, la provisión de hábitat, etc. Según Costanza *et al.* (1997) estos servicios en conjunto suman más del 80% del valor económico total de un humedal. Los cálculos indican, asimismo, que las eco-regiones de las Yungas, la Selva Paranaense y los Bosques Andinos Patagónicos les siguen en orden decreciente de importancia. Por su predominio en bosques de pendiente (montanos y pede-montanos), el sistema de las Yungas actúa como un potente regulador y estabilizador de caudales hídricos y ofrece, asimismo, un hábitat que sustenta una rica diversidad biológica. Los bosques de la Selva Paranaense y los Bosques Andinos Patagónicos, tienen un valor de uso directo (alimentos, materias primas, productos farmacéuticos, etc.), pero también tienen un alto valor indirecto al proveer una gran variedad de servicios ecológicos como la regulación y purificación de aguas, la protección del suelo contra la erosión, la regulación del clima local y la purificación del aire, la protección contra las tormentas al actuar como barreras rompevientos; el secuestro de carbono, la provisión de hábitat y el aporte de servicios culturales. Las restantes eco-regiones poseen moderados a bajos valores de oferta de servicios ecológicos. Las de menor valor relativo son la región Pampeana (zona del país con mayor cantidad de superficie destinada al cultivo y la ganadería y altamente urbanizada) y las zonas más áridas del país donde las condiciones climáticas extremas limitan la oferta de servicios ecológicos (Puna, Monte de Sierras y Bolsones, Altos Andes y Estepa Patagónica).

Si se sumara el valor total de los servicios ecológicos producidos por el país, aproximadamente el 87% es aportado solamente por 5 eco-regiones (Esteros del Iberá,

Delta e Islas de la Mesopotamia, Yungas, Selva Paranaense y Bosque Andino Patagónico). Una simple aplicación del sentido común indicaría que las eco-regiones con mayor densidad de servicios ecológicos deberían, quizás, tener tratamiento prioritario en una estrategia nacional de conservación ecológico-ambiental del espacio rural en el país.

#### **4. Impacto de la expansión agrícola sobre indicadores sociales y económicos en los ambientes rurales**

No siempre es posible encontrar un vínculo directo de causalidad entre la expansión agrícola y el cambio socio-económico. En un trabajo reciente que comprendió 6 provincias y 96 departamentos del Norte Argentino, Paruelo et al. (2004) no encontraron ninguna relación significativa entre la expansión agrícola en general y la proporción de habitantes con necesidades básicas insatisfechas, ni tampoco con sus cambios temporales. Utilizando otros indicadores, la situación parece ser algo diferente en la pradera pampeana (Viglizzo, 2007). En el Cuadro 1 se presentan algunos indicadores socio-económicos de la pradera pampeana (la región mejor dotada de información) que pueden vincularse a la agro-ecología regional. Tales indicadores son las exportaciones agropecuarias, el ingreso económico, el % de población rural y el número de trabajadores rurales. Dos conclusiones preliminares surgen de esos datos:

1) La producción de alimentos parece tener la conexión más directa con el bienestar humano en la pradera pampeana. Contribuye no solo a mantener e incrementar el ingreso económico en las áreas rurales y en los centros urbanos que de ellas dependen, sino que genera excedentes exportables que son esenciales para la economía argentina.

2) El aumento de la migración rural hacia las ciudades y la declinación de empleos rurales sugieren que los ecosistemas pampeanos están perdiendo su capacidad para sostener una población rural estable. No obstante, este fenómeno aparece también asociado a una combinación de causas directas e indirectas, tales como a) la mecanización creciente que reemplaza trabajo humano, b) las mejores oportunidades sociales, económicas y culturales que brindan las ciudades, y c) los servicios (como educación, seguridad, salud, comunicaciones, etc.) que ofrecen las ciudades y no ofrece el campo.

Un análisis de datos de empleo rural aportados por el Censo Nacional Agropecuario

2002 del INDEC muestra resultados algo contrastantes. El más llamativo surge en la Pampa Ondulada, la región de mayor potencial agrícola en Argentina. Los sistemas de producción con mayor índice anual de cultivo son los que presentan los índices más bajos de empleo rural (Figura 5). Esta relación inversa puede encontrar una explicación hipotética en el alto nivel de tecnificación agrícola alcanzado en esa zona, que ha determinado una importante sustitución de mano de obra por tecnología. Es probable que los denominados “pools de siembra”, que rentan una alta proporción de tierras, contribuyan a explicar ese fenómeno. Tal relación no parece sostenerse en otras zonas del país con menor potencial para los cultivos anuales. Desde el punto de vista social, como la ganadería duplica en empleados a la agricultura tradicional, la conversión de tierras ganaderas en tierras agrícolas significó una pérdida neta de empleos rurales. Sin embargo, esta pérdida fue compensada con empleos que se multiplicaron en los distintos eslabones de la cadena agroindustrial (Begenisic, 2007), generando un balance con superávit laboral.

### **5. Las incógnitas del cambio climático en la agricultura argentina**

Más allá del intenso debate que se ha desplegado en torno a este tema, no es posible predecir a ciencia cierta qué impacto puede tener el cambio climático global sobre la agricultura argentina. No obstante, a partir de tendencias climáticas que se han definido a lo largo del siglo 20, es posible especular acerca de cambios posibles o esperables.

#### **Clima y expansión agrícola**

Pese a que existen opiniones no coincidentes (ver capítulo 3 en esta misma obra), el aumento de las precipitaciones de verano que el IPCC (2007) proyecta para gran parte del área productiva (pradera pampeana y región chaqueña) podría ampliar significativamente las posibilidades de expandir la frontera agrícola con cultivos estivales, los cuales muestran mayor rentabilidad (en particular, la soja) que los cultivos de invierno. Asimismo, el mejoramiento del régimen hídrico jugaría a favor de un incremento de los rendimientos a la cosecha. Debido al aumento de la temperatura media, esta mayor potencialidad productiva podría verse en parte contrarrestada por un acortamiento del ciclo vegetativo de los cultivos, lo cual deterioraría su rendimiento potencial.

El desplazamiento de las isoyetas sobre áreas marginales para la agricultura

registrado en los últimos 40 años, ha tenido también dos consecuencias negativas: a) impulsaría un avance de los cultivos sobre suelos frágiles generando un mayor riesgo de erosión y desertificación (como ya ha ocurrido en las franjas occidentales de la región pampeana), y b) dispararía un proceso adicional de desplazamiento de las actividades ganaderas (que estabilizan la ecología regional) hacia áreas marginales. El reemplazo de pastizales y pasturas por cultivos anuales aumentan el riesgo biofísico y económico de los sistemas de producción en esas áreas periféricas.

El reemplazo de tierras boscosas naturales por tierras de cultivo podría ser favorecido por un aumento de las precipitaciones. Numerosos servicios ecológicos que proveen los bosques (regulación de aguas, control de inundaciones, regulación climática, biodiversidad, etc.) resultarían inevitablemente dañados en las regiones más intervenidas por el hombre.

El aumento de temperatura y humedad puede favorecer la proliferación de insectos nocivos, generando una mayor frecuencia e intensidad de ataque a cultivos de importancia económica. Igualmente, ambas condiciones son propicias para la proliferación de enfermedades causadas por hongos y bacterias. Puede ocurrir que enfermedades que tienen amplia expansión en los trópicos se diseminen sobre regiones agrícolas templadas (ejemplo, la roya asiática en soja).

Si se consolida en el tiempo la tendencia a llover más como indican las observaciones registradas en el último siglo y los modelos climáticos, algunas regiones productivas del país estarían expuestas a un riesgo creciente de inundación. Quizás los mayores riesgos se localizarán en el litoral argentino, donde las lluvias y los episodios pluviométricos extremos tienden a aumentar. Parte de los problemas serán locales, pero otra parte se originará en la alta Cuenca del Plata (Brasil y Paraguay) y se proyectará aguas abajo hacia las tierras bajas de la cuenca. Probablemente los ríos Paraná y Uruguay serán los receptores naturales de esos excesos hídricos e inundarán las áreas más expuestas de la región, algunas de ellas de alta importancia productiva. El problema se puede tornar más preocupante si tenemos en cuenta que alrededor del 75 % de la población del país está asentada en la baja Cuenca del Plata. También podría esperarse durante el período estival un riesgo de inundación incrementado en tierras pedemontanas

de la selva Tucumano-Boliviana (Yungas). La propia expansión de la agricultura sobre áreas boscosas en pendiente inducida por las mayores precipitaciones, puede ser causa de un mayor riesgo de inundación en tierras bajas o pedemontanas.

Igualmente, es necesario prever un aumento de los riesgos de inundación en cuencas cerradas (ejemplo, cuenca del Río Quinto) y tierras bajas (ejemplo, la depresión del río Salado) de la pradera pampeana que suelen tener un alto valor productivo e inmobiliario. La emigración de la población rural hacia áreas urbanas y áreas menos vulnerables puede ser una secuela social indeseable de la extensión de estos fenómenos.

### **Clima y ruptura del ecosistema: Lo que la historia enseña**

Dos episodios históricos contrastantes merecen ser rescatados como lecciones del impacto que el clima, en condiciones extremas, puede tener en un ecosistema agropecuario de alta importancia económica. Estos dos episodios, que tuvieron lugar en el área occidental de la pradera pampeana, son: 1) el denominado “*dust-bowl*” pampeano, signado por una gran sequía y voladura de suelos entre las décadas del 30 y el 50, y 2) las inundaciones de la baja cuenca del Río Quinto en las décadas del 80 y 90 (Viglizzo y Frank, 2006).

Un uso abusivo del suelo, acompañado de un período muy seco y tecnologías inapropiadas para los suelos de las pampas semiárida y sub-húmeda, desataron una catástrofe ecológica sin precedentes que llevó a la quiebra y a la emigración forzada de muchos productores de la región. La voladura de suelos, las tormentas de arena, la formación de dunas, la pérdida de cultivos y la muerte de ganado fueron los signos visibles de esa crisis de alcance regional. Pero al mejorar las condiciones climáticas acompañadas por la tecnología, las leyes y las instituciones de la región, se inició un proceso de recuperación del ambiente productivo que tuvo como pivote y motor a una ganadería extensiva que permitió más tarde evolucionar hacia los exitosos sistemas mixtos de la región.

La escena opuesta ocurrió durante las décadas del 80 y el 90, a partir de una fase húmeda del ciclo climático que se inició en la década de 1960. En un período de rápida expansión de la agricultura de cosecha en respuesta a las mayores lluvias ocurrieron, en el

área inundable de la cuenca del Río Quinto (NE de La Pampa y NO de Buenos Aires), episodios recurrentes de inundación que dispararon una llamativa alternancia de ciclos de cultivo y ciclos de anegamiento. Cuatro factores parecen estar relacionados con estos episodios de inundación: 1) el ciclo húmedo que predominó en la región, 2) el consecuente ascenso de las napas freáticas, 3) la condición topográfica de la cuenca, y 4) la expansión de los cultivos anuales. Estudios preliminares (aún no publicados) realizados por Viglizzo et al. sugieren que la interacción de estos cuatro factores puede explicar la recurrencia de este fenómeno.

## **6. Entre la utopía y la realidad**

En los últimos años se ha desarrollado una concepción de agricultura con funciones múltiples que, de consolidarse, sugiere una transición hacia sistemas rurales alternativos complementarios de los tradicionales (Vereijken, 2002). El modelo tradicional (que todavía predomina en gran parte del mundo y en nuestro país) se ha especializado en la producción de alimentos y fibras como la principal fuente de ingresos y de empleo para el productor y el habitante rural. La visión multi-funcional, en cambio, enfatiza una mayor diversidad de actividades agropecuarias (que la alejan de la alta especialización) y la oferta de otros servicios que proveen los ambientes rurales, y que se consideran esenciales para mantener la calidad de vida del entorno. Dentro de esos servicios se valoran especialmente (a) la generación de trabajo y el equilibrio demográfico en el territorio rural, (b) la conservación del aire puro y la purificación natural de las fuentes de agua dulce, (c) el mantenimiento del paisaje y el hábitat para la vida silvestre, (d) el control de causas y efectos del calentamiento global, (e) la regulación de aguas para el control de inundaciones, (f) la preservación del patrimonio histórico-cultural, (g) la recreación y el eco-turismo, y tal vez en una posición más rezagada, (h) la provisión de alimentos, fibras y materias prima. Es necesario reconocer que la agricultura multi-funcional connota, inevitablemente, una gestión ordenada del territorio, que debe ser asumida como un proyecto colectivo de las comunidades organizadas. Las autoridades de gobierno, los grupos de interés (económico, social, ambiental, cultural), los usuarios de la tierra, y la propia comunidad científica/tecnológica conforman la fuerza de tareas que necesita enfrentar este desafío. El mejor conocimiento científico y técnico disponible es el combustible que debe motorizar

esta interacción para racionalizar estrategias viables y efectivas.

No obstante, es conveniente no caer en concepciones simplistas. Esta visión multi-funcional, que parece realista y viable en algunos países europeos desarrollados, puede resultar todavía utópica en países en desarrollo. En otras palabras, el modelo suena factible en sociedades en las cuales otros sectores de la economía están en condiciones de subsidiar al ambiente rural, pero parece inviable en países donde es el agro quien, como generador de recursos económicos, subsidia a otros sectores de la sociedad.

Los estudios que apuntan a vincular al agro con la ecología y el ambiente con un criterio realista indican que:

1) en términos ecológico-ambientales, el territorio argentino es marcadamente heterogéneo, ya que la densidad de oferta de servicios ecológicos varía ampliamente de una eco-región a otra del país,

2) dado que la mayor oferta nacional de servicios ecológicos parece estar concentrada solamente en cinco eco-regiones (Esteros del Iberá, Delta e Islas de la Mesopotamia, Yungas, Selva Paranaense y Bosque Andino Patagónico), éstas deberían ser reconocidas como la principal “fábrica” de bienes y servicios eco-sistémicos del país. El razonamiento más elemental sugiere que sería una utopía tanto tratar de convertir a las tierras productivas de la pradera pampeana en una fábrica de servicios ecológicos que naturalmente no provee, como intentar que los valiosos humedales del litoral argentino se conviertan en una factoría de alimentos en lugar de potenciar su capacidad para proveer servicios ecológicos irremplazables.

3) la alta capacidad de oferta de servicios ecológicos confiere a las eco-regiones identificadas más arriba, una ventaja comparativa potencial nada desdeñable en la medida que algunos de sus servicios, todavía intangibles, adquieran un valor tangible en los mercados futuros. En este sentido, eco-regiones que hoy muestran baja competitividad en términos de su producto geográfico agropecuario, pueden alcanzar alta gravitación económica en un mercado futuro que valore y pague por los bienes y servicios ecológicos que ofrecen. En varios países en desarrollo (Bolivia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, Méjico, Nicaragua, Sudáfrica, Zimbabwe) y desarrollados (Alemania, Australia, Estados

Unidos, Francia, Holanda, Reino Unido) se multiplican casos de contratos entre actores privados y de otros regulados desde el estado que acuerdan voluntariamente el pago a propietarios de tierras por servicios ecológicos que éstos ofrecen (Kosoy et al., 2007; Jongeneel et al, 2008; Engel et al., 2008; Wunder et al., 2008).

*\*La presente publicación constituye la opinión de sus autores en los temas tratados y no necesariamente coincide con la de las entidades que integran el Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina.*

### **Bibliografía**

- Adámoli, J. (2006). Problemas ambientales de la agricultura en la región chaqueña. En Brown, A., U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (Eds.), *La Situación Ambiental Argentina 2005*, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, pp 436-442.
- Begenisic, F. (2007). Sector Agroalimentario y Agroindustrial: Competitividad de las Exportaciones. INTA, Unidad de Coyuntura y Prospectiva.
- Brown, A.D., Pacheco, S., Lomáscolo, T., Malizia, L. (2006). Situación ambiental en los bosques andinos yungueños. En: *La Situación Ambiental Argentina 2005* (A. Brown, Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. y Corcuera, J., editores), Editorial Fundación Vida Silvestre Argentina, Bs. As., 53-61 p.
- Casas, R. (2001). La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, tomo LV, 247 pp.
- Carreño, L. y Viglizzo, E.F. (2007). *Provisión de Servicios Ecológicos y Gestión de los Ambientes Rurales en Argentina*. Área Estratégica de Gestión Ambiental. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Conway, G.R. (1988). The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems*, 24: 95117.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Shahid, Naeem, O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Engel, S., Pagiola, S., Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of issues. *Ecological Economics* 65: 663-674.
- INTA/UNDP (1990). *Atlas de Suelos de la República Argentina* (tomo 1). Ediciones INTA, Buenos Aires.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Inter-governmental Panel on Climate Change (WHO-UNEP), Geneva, 18 pp.
- Jongeneel, R.A., Polman, N.B.P., Slangen, L.H.G. (2008). Why are Dutch farmers going multifunctional? *Land Use Policy* 25: 81-94.

- Kosoy, N., Martínez-Tuna, N., Muradian, R., Martínez-Alier, J. (2007). Payments for environmental services in watersheds: Insights from a comparative study of three cases in Central America. *Ecological Economics* 61: 446-455.
- Marten, G.G. (1987). Productivity, stability, sustainability, equitability and autonomy as properties for agroecosystems assessment. *Agricultural Systems*, 26: 291-316.
- Obschatko, E.S. de (1988). *La Transformación Económica y Tecnológica de la Agricultura Pampeana*. Ediciones Culturales Argentinas, Buenos Aires, 192 pp.
- Paruelo, J.M., Oesterheld, M., Del Pino, F., Guerschmann, J.P., Verón, S.R., Piñeiro Guerra, G., Volante, J., Baldi, G., Caride, C., Arocena, D., Vasallo, M., Porfirio, L., Durante, M. (2004). *Patrones Espaciales y Temporales de la Expansión de Soja en Argentina: Relación con Factores Socio-Económicos y Ambientales*. Informe final LART/FAUBA al Banco Mundial, 87 pp.
- Plací, G., Di Bitteti, M.D. (2006). Situación ambiental en la eco-región del bosque atlántico del Alto Paraná (Selva Paranaense). En: *La Situación Ambiental Argentina 2005* (A. Brown, Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. y Corcuera, J., editores), Editorial Fundación Vida Silvestre Argentina, Bs. As., 197-210 p.
- Rabinovich, J.E. y Torres, F. (2004). *Caracterización de los Síndromes de Sostenibilidad del Desarrollo: El Caso de Argentina*. CEPAL/Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Reca, L.G., Parellada, G. (2001). *El Sector Agropecuario Argentino: Aspectos de su Evolución, Razones de su Crecimiento Reciente y Posibilidades Futuras*. Editorial Facultad de Agronomía (UBA), 149 pp.
- Rudel, T.K., (2007). Changing agents of deforestation: From state-initiated to enterprise driven processes, 1970-2000. *Land Use Policy* 24: 35-41.
- SAyDS (2004). *Atlas de los Bosques Nativos Argentinos*. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Edición SAyDS, Buenos Aires, 245 pp.
- Solbrig, O.T. and Viglizzo, E.F. (1999). Sustainable farming in the Argentine pampas: history, society, economy and ecology. Paper No. 99/00-1, DRCLAS (Working papers on Latin America), Harvard University, Cambridge, MA, 40 pp.
- Timan, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.

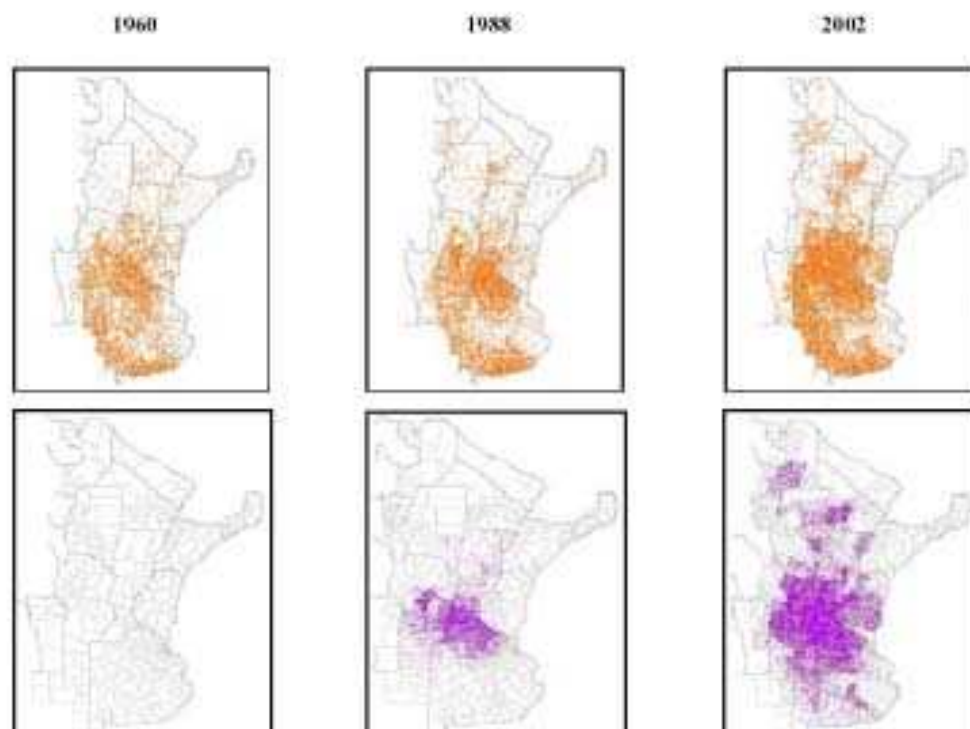
- Timm, J. (2004). Variabilidad Climática y Cambios en el Uso de la Tierra en la Región Pampeana Argentina. Tesis de Graduación, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina. Santa Rosa (L.P.), 42 pp.
- Vereijken, P.H. (2002). Transition to multifunctional land use and agricultura. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 50: 171-179.
- Viglizzo, E.F. (2007). Desafíos y oportunidades de la expansión agrícola en Argentina. En: *Producción Agropecuaria y Medio Ambiente. Propuestas Compartidas para su Sustentabilidad* (Martínez Ortiz, U., editor), Fundación Vida Silvestre Argentina, INTA, World Wildlife Foundation, Buenos Aires (Argentina), 12-42.
- Viglizzo, E.F., Frank, F.C. (2006). Ecological interactions, feedbacks, thresholds and collapses in the Argentine pampas in response to climate and farming during the last century. *Quaternary International* 158: 122-126.
- Viglizzo, E.F., Frank, F.C., Bernardos, J., Buschiazzo, D.E., Cabo, S. (2006). A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the Pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 117:109-134.
- Viglizzo, E.F., Frank, F.C., Carreño, L. (2006). Situación ambiental en las ecorregiones Pampa y Campos y Malezales. En: *La Situación Ambiental Argentina 2005* (A. Brown, Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. y Corcuera, J., editores), Editorial Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, 263-269 p.
- Viglizzo, E.F., Lértora F.A. Pordomingo, A.J., Bernardos, J.N., Roberto, Z.E. and Del Valle, H. (2001). Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 83: 65-81.
- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M.G. and Lértora F.A. (2003). Environmental assessment of agriculture at a regional scale in the Pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 87: 169-195.
- Viglizzo, E.F., Roberto, Z.E., (1998). On trade-offs in low-input agroecosystems. *Agricultural Systems* 56, 253-264.
- WDB (1995). *Workers in an Integrating World*. World Development Report 1995. World Development Bank, Oxford University Press, Oxford (UK), 251 pp.
- WRI (1990). *World Resources 1990-1991*. World Resources Institute, Oxford

- University Press, Oxford (UK), 463 pp.
- WRI (1996). World Resources 1996-1997: A Guide to the Global Environment. World Resources Institute, Oxford University Press, Oxford (UK), 365 pp.
- WRI (2003). World Resources 2002-2004: Decisions for the Earth. World Resources Institute, Washington, 313 pp.
- Wunder, S., Engel, S., Pagiola, S. (2008). Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. Ecological Economics 65: 834-852.

Cuadro I. Indicadores directos e indirectos de bienestar humano en la región pampeana argentina entre 1960 y 2000. Las estimaciones provienen de varias fuentes (Obschatko, 1988, Reca and Parellada, 2001, WRI, 1990, 1996 y 2003, WDI, 1995).

Década	Producción de granos (mil. ton)	Exportaciones agropecuarias (mil. US\$ FOB)	Población rural (%)	Número de trabajadores rurales
1960	11.1	2455.7	20.6	662 000
1970	13.3	-	15.5	617 400
1980	20.1	4242.2	11.9	534 800
1990	42.4	5201.2	11.5	303 000 *
2000	> 50.0	>8000.0	< 7.0	< 250 000 *

\* estimación a partir de proyecciones aritméticas



Fuente: Carroño y Viglizzo (2007).

Figura 1. Evolución de la superficie de cultivos anuales (arriba, 1 punto = 3000 has) y de soja (abajo, 1 punto = 380 has) en la baja Cuenca Del Plata (Argentina) durante el período 1960-2002.

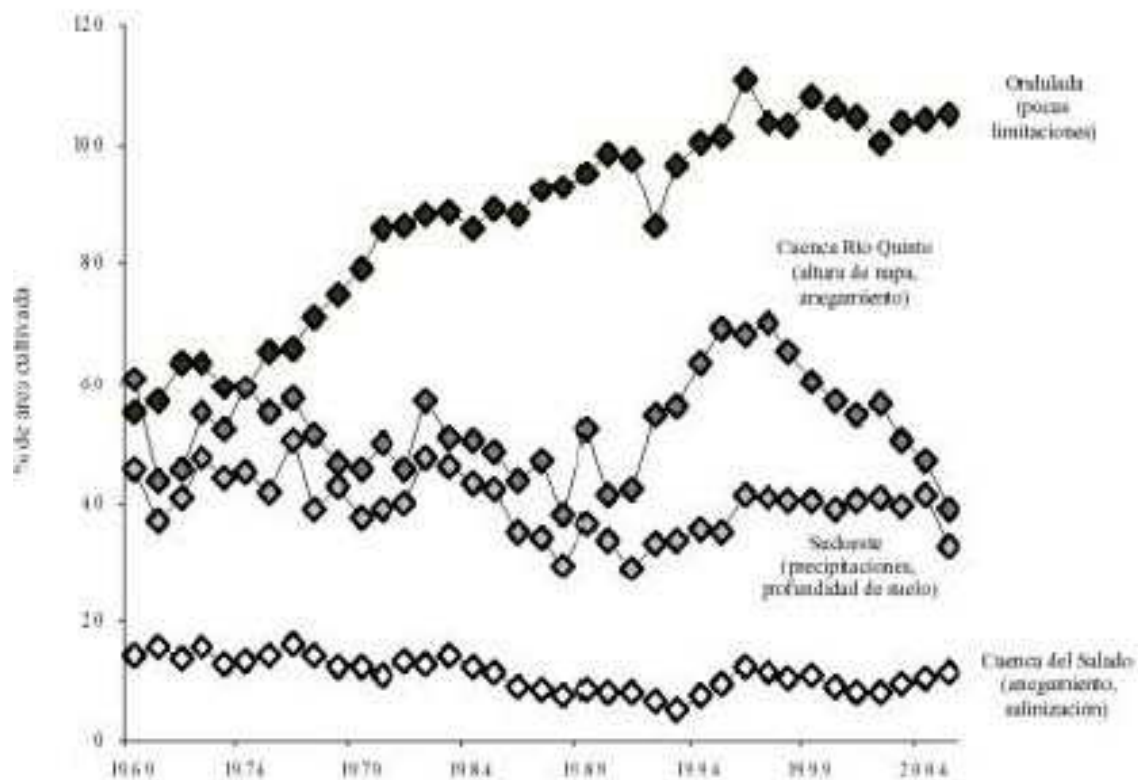


Figura 2. Expansión asimétrica de la frontera agrícola y principales limitaciones a la expansión en distintas zonas de la pradera pampeana

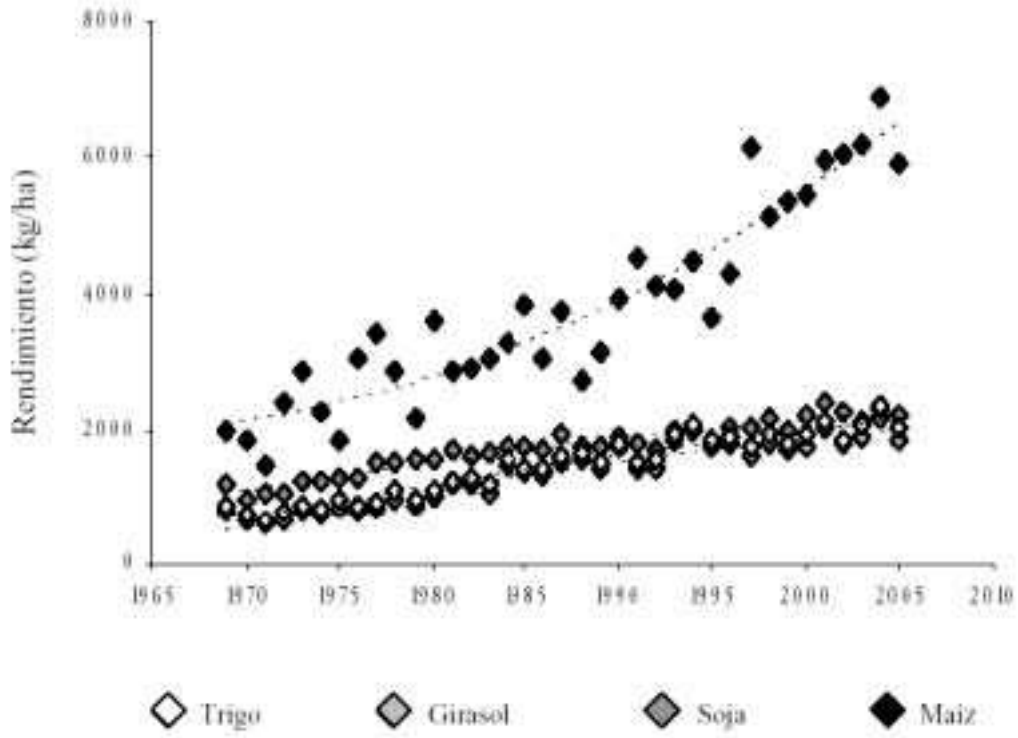
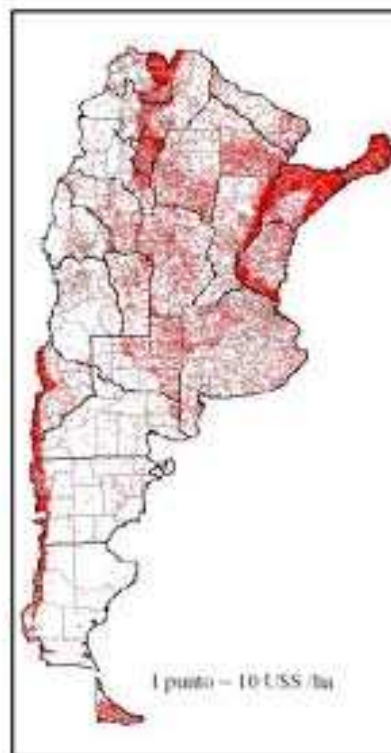


Figura 3. Evolución de los rendimientos de maíz, soja, girasol y trigo en la pradera pampeana en el período 1969-2005



Fuente: Carreño y Viglizzo (2007).

Figura 4. Eco-regiones del país y cálculo del valor promedio (1937-1960-1988-2002) de servicios ecológicos en el territorio argentino de acuerdo a valores estimados por Costanza et al. (1997).

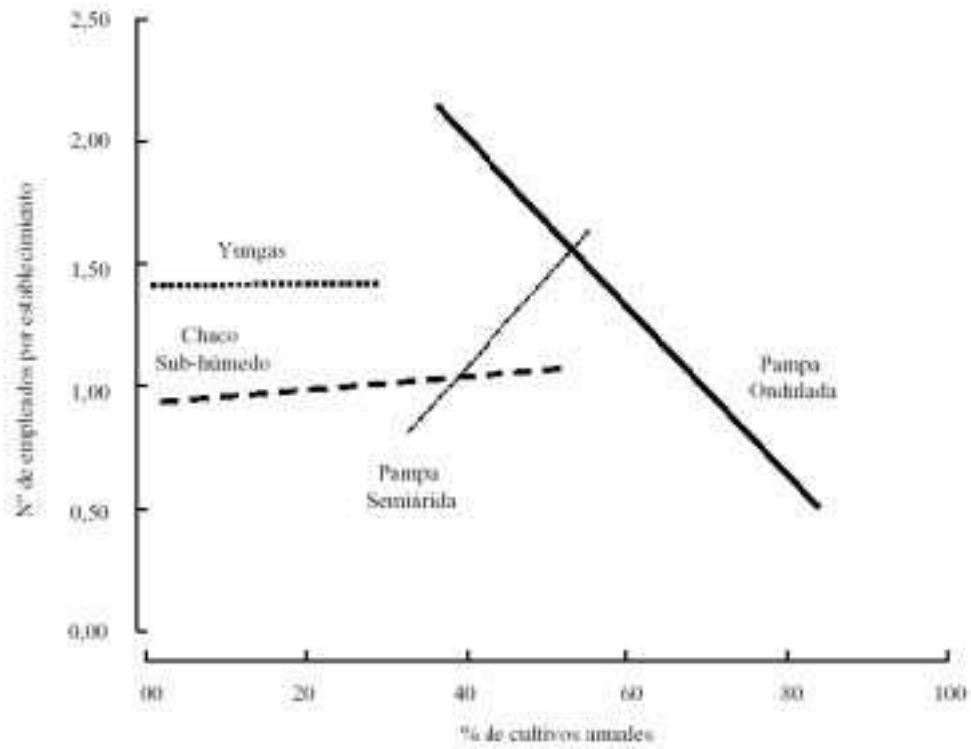


Figura 5. Relación entre superficie cultivada y empleo rural en algunas eco-regiones de Argentina