

Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina

MARCELO A AIZEN ^{1,✉}, LUCAS A GARIBALDI ^{1,2} & MARIANA DONDO ¹

1. Laboratorio Ecotono, INIBIOMA-CONICET y Centro Regional Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Río Negro, Argentina.
2. Cátedra de Métodos Cuantitativos Aplicados, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN. Se ha propuesto que el incremento en el cultivo de soja (*Glycine max*) que ha ocurrido en la Argentina durante las últimas dos décadas está asociado a un empobrecimiento de la diversidad de la agricultura. En este trabajo evaluamos esta hipótesis a través de estimar los cambios en la superficie cultivada, en la identidad y magnitud de la dominancia en términos de la proporción del área sembrada con el cultivo principal, y en la diversidad de cultivos a lo largo del período 1961-2006. La superficie total cultivada de nuestro país se ha incrementado aproximadamente 45% desde 1990 hasta 2006, en coincidencia con la gran expansión del cultivo de soja, que ha reemplazado al trigo (*Triticum* spp.) como cultivo dominante. En 2006, la soja representó alrededor de 50% de la superficie cultivada en la Argentina. Ningún otro cultivo alcanzó en las últimas cinco décadas semejanza de dominancia. Distintos estimadores indican que, asociado a este incremento de la dominancia de la soja, la diversidad de cultivos del campo argentino ha decrecido >20% durante el período 1990-2006. Además de la expansión de la frontera agrícola y de la pérdida de biodiversidad por destrucción de ecosistemas naturales, nuestros resultados ponen en evidencia una tendencia hacia la homogeneización del paisaje agrícola. De continuarse un aumento en la dominancia del cultivo de soja es probable que se profundicen los múltiples costos ambientales, sociales y económicos asociados a una menor diversidad de cultivos en nuestro país.

[Palabras clave: cultivos, dominancia, equitatividad, soja]

ABSTRACT. Soybean expansion and agriculture diversity in Argentina: The environmental and socio-economic consequences of the great expansion of soybean (*Glycine max*) cultivation in Argentina during the last two decades are strongly debated in our society. Soybean and its derivatives constitute presently most important Argentina's export and cash source. Here, we tested whether soybean's expansion has caused a detectable decrease in crop diversity. We specifically assessed changes in total cultivated area, identity and degree of dominance of the most important crop (i.e., the one accounting for the largest proportion of the total cultivated area), and crop diversity over the period 1961-2006. Argentina's total cultivated area increased by about 45% from 1990 to 2006 and it was associated with a replacement of wheat by soybean as the dominant crop. In 2006 soybean accounted for ~50% of the total cultivated area in our country, the largest dominance reached by any crop during the last five decades. Different diversity indicators, including Shannon-Wiener's H', Pielou's J and Hurlbert's PIE indexes agreed that crop diversity has decreased >20% during the period of soybean dominance. In addition to the direct loss of biodiversity caused by deforestation for agriculture expansion, our results evidence a trend towards homogenization of Argentina's agriculture landscape with likely consequences for remnant biodiversity, degradation of different ecosystem services, and a more vulnerable production structure.

[Keywords: crops, dominance, evenness, soybean]

✉ Laboratorio Ecotono, INIBIOMA-CONICET y Centro Regional Bariloche, Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250, (8400)Bariloche, Río Negro, Argentina. Tel.: +54-(2944)428505, ext. 506. Fax: +54-(2944)422111. aizen@crub.uncoma.edu.ar

Recibido: 26 de septiembre de 2008; Fin de arbitraje: 23 de noviembre de 2008; Revisión recibida: 29 de diciembre de 2008; Segunda revisión recibida: 16 de febrero de 2009; Aceptado: 25 de febrero de 2009

INTRODUCCIÓN

La monopolización de recursos por parte de una especie por lo general conlleva una disminución de la diversidad biológica. Esto se debe a que los recursos remanentes no son suficientes para sostener poblaciones viables de otras especies subordinadas (e.g., Morse 1970; Smith et al. 1999; Fedriani et al. 2000). En particular, el espacio es un recurso primordial por el que compiten no sólo los organismos sésiles, como las plantas (Tilman 1994) y muchos invertebrados (Jackson & Buss 1975), sino también muchos otros móviles, como es el caso de los animales territoriales (Brown & Orians 1970). En consecuencia, la dominancia de una especie a escala geográfica determina la exclusión de otras, con la consecuencia de que la riqueza específica (i.e., número de especies) y la equitatividad en la abundancia (i.e., importancia relativa de las distintas especies) decrecen tanto a nivel local como regional (Hillebrand et al. 2008).

Existen paralelismos claros entre las consecuencias del incremento fuerte de una especie determinada sobre la biodiversidad de los sistemas naturales y de la expansión de un cultivo sobre la biodiversidad de los agroecosistemas. En particular, la expansión de un cultivo determinado puede ocurrir en detrimento del cultivo de otras especies y variedades, lo cual lleva a una homogeneización del paisaje y a la pérdida de numerosas especies silvestres que pueden ser exitosas o subsistir en mosaicos agrícolas o mixtos (Tscharntke et al. 2005). Se puede considerar que esta menor diversidad agrícola es un indicador de deterioro ambiental, donde no sólo la diversidad de cultivos sino también la diversidad de especies y procesos ecológicos asociados a paisajes heterogéneos se ven afectados negativamente (Altieri 1999; Thrupp 2000; Weyland et al. 2008).

Además de los costos ambientales, la menor diversidad de cultivos tendría consecuencias sobre las estructuras productiva y social. La disminución de la diversificación productiva conduciría a que el crecimiento económico se torne más dependiente de las fluctuaciones de precios asociados a uno o unos pocos cultivos genéricos (commodities), lo que aumenta la

vulnerabilidad de la estructura económica (Bisang 2003). Este aspecto puede ser especialmente importante en países como la Argentina, cuyo crecimiento es muy dependiente de las divisas que generan las exportaciones de productos primarios y que no son formadores de precios a nivel internacional, lo cual genera una economía más susceptible a los vaivenes del mercado (CEPAL 2005). A su vez, esto podría afectar las condiciones de empleo, el modo de inserción social, las condiciones de vida y la riqueza cultural de la población (Manzanal 1995; Rodríguez 2005).

La soja, un cultivo casi irrelevante para la producción agrícola de la Argentina a comienzos de la década de los '70, se ha convertido en el cultivo estrella del campo argentino. En el año 2006 representó alrededor del 50% del área sembrada en el país (FAOSTAT 2007). El poroto de soja y sus derivados (pellets, aceites, etc.) constituyen el principal rubro de exportación de la Argentina, uno de los países productores líderes a nivel mundial. Esta expansión en el área cultivada con soja se dio por varios procesos. El primero es una expansión de la frontera agrícola debido a un desmonte acelerado y al reemplazo de sistemas naturales o seminaturales por soja, lo que implica una pérdida directa de biodiversidad nativa (Donald 2004; Grau et al. 2005). El segundo, una expansión virtual resultante de la introducción de la "soja de segunda", lo que permite realizar dos cosechas anuales (combinación trigo-soja) donde antes se realizaba una y que conlleva una intensificación en el uso de la tierra (Paruelo et al. 2005; Trigo 2005). El tercer mecanismo de expansión es el reemplazo de área sembrada con otros cultivos (ver Apéndice) o destinada a la ganadería por soja (Satorre 2005), lo que se traduce en una homogeneización del paisaje. Si bien es claro que esta expansión y sustitución implican una diversificación menor de la agricultura, no existen trabajos que cuantifiquen la magnitud de esta disminución. Tampoco se conoce si esta tendencia a la disminución en la diversidad es similar a la que se observó en períodos anteriores en la Argentina, o si -por el contrario- hay una tendencia particular asociada al proceso de especialización sojera. Dada la expansión y dominancia de este cultivo y el debate actual en nuestra sociedad sobre los

costos sociales y ambientales de la expansión sojera en el campo argentino, es importante evaluar entre otros aspectos cuál ha sido su impacto sobre la diversidad de la agricultura de nuestro país.

En este trabajo exploramos las tendencias en la diversidad de la agricultura argentina a lo largo de casi medio siglo, desde 1961 hasta 2006 utilizando datos de la FAO. Nuestro objetivo principal es determinar si la expansión de la soja en el campo argentino que ha ocurrido durante las últimas dos décadas ha estado asociada con una disminución en la diversidad de cultivos. Para alcanzar este objetivo describimos (1) los cambios temporales en el área sembrada total y cultivada con soja, (2) los cambios temporales en la identidad del cultivo dominante y en el grado de dominancia, y (3) los cambios temporales en la riqueza y la equitatividad en la superficie sembrada con distintos cultivos asociados a cambios en la dominancia. Nuestros resultados confirman que el acelerado incremento en la dominancia de la soja que ha tenido lugar en los últimos 15 años ha reducido la diversidad de la agricultura argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) ha recolectado información anual sobre la producción y superficie sembrada con distintos cultivos para todos los países miembros a lo largo de casi cinco décadas. En el caso de la Argentina, la información que puede obtenerse de la base de la FAO es similar a la que figura en la base de datos de la Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA). Por ejemplo, las estimaciones anuales de la superficie cultivada con soja registradas en la base de datos de la SAGPyA (SAGPyA 2008) son prácticamente los mismos valores que figuran en la base de datos de la FAO (FAOSTAT 2007). Sin embargo, los datos de la FAO abarcan un período que es prácticamente 10 años más largo (1961-2006) que los de la SAGPyA (1971-2007) y presentan información para un número mayor de cultivos (72 en la FAO vs. 33 en la SAGPyA). A pesar de ser más limitada en estos aspectos, el uso de la base de datos

de SAGPyA en futuros trabajos permitiría un análisis regional que complementaría el análisis a nivel país que desarrollamos aquí. En este trabajo, recopilamos información sobre el área cultivada (o más precisamente el área cultivada que ha sido cosechada) en la Argentina para los 72 cultivos registrados en la base de datos de la FAO. En su mayoría, estos cultivos están representados por una sola especie o por pocas especies relacionadas filogenéticamente (FAOSTAT 2007, ver Apéndice).

Para cada año del período 1961-2006, estimamos el área total cultivada en el país a partir de la suma de las superficies de los distintos cultivos, y el área absoluta y relativa (como proporción del total) cultivada con soja. También calculamos distintos índices de diversidad agrícola y sus componentes, como la riqueza (número) de cultivos y la abundancia relativa de los cultivos (i.e., índices de dominancia y de equitatividad). Estos índices fueron calculados sobre los datos de la "población" (i.e., utilizando todas las hectáreas cultivadas de la Argentina) y por lo tanto no es necesario cuantificar la incertidumbre asociada a inferir características de una población a partir de una muestra. Primero, identificamos al cultivo dominante en cada año (i.e., aquel que individualmente posee la mayor superficie cultivada en el país) y el grado de dominancia del mismo como una proporción del área total cultivada (i.e., índice de Berger-Parker; Magurran 1988). Segundo, para cada año calculamos el número total de cultivos registrados en la base de datos de la FAO (riqueza) y el número "efectivo" de cultivos (diversidad) como $e^{H'}$, donde H' es el índice de Shannon-Wiener (Hill 1973; Magurran 1988),

$$-\sum_i p_{it} \ln(p_{it})$$

donde p_{it} es la proporción de la superficie total sembrada con cada cultivo en el año t . De acuerdo a Jost (2006), H' es un índice de entropía, mientras que $e^{H'}$ es un índice de diversidad. En este estudio, $e^{H'}$ representa el número de cultivos esperado que siendo igualmente dominantes producirían un índice H' como el observado. Finalmente, calculamos dos índices distintos de equitatividad. Por un lado, estimamos el valor del índice J de Pielou

(1969), que se calcula a partir del índice Shannon-Wiener como $H' / \ln(S)$, donde en nuestro caso S es el número total de cultivos en la base de datos de la FAO para cada año. Este índice varía entre una equitatividad mínima cercana a 0, en el caso que haya un cultivo extremadamente dominante, y 1, si todos los cultivos ocupan el mismo área relativa. Por otro lado, estimamos el índice PIE ("Probability of an Interspecific Encounter") de Hurlbert (1971),

$$PIE = \left(\frac{S}{S-1} \right) \left(1 - \sum p_i^2 \right)$$

donde S y p_i tienen el mismo significado que para H' y J . El PIE indica simplemente la probabilidad de que dos hectáreas seleccionadas al azar del total del área cultivada estén ocupadas por distintos cultivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La superficie cultivada total de la Argentina se incrementó en forma vigorosa en los últimos 10 años, en coincidencia con la gran expansión que tuvo el cultivo de soja. Desde 1961 y hasta mediados de la década del '90, el área agrícola osciló alrededor de las 22 millones de ha, lo cual muestra una depresión de 15% a mediados de los '80. A partir de los '90, el área sembrada en la Argentina no sólo recuperó sus valores históricos sino que creció de manera acelerada, abarcando más de 30 millones de ha en el año 2006 (Figura 1). Esto fue coincidente con la expansión del cultivo de soja. La tasa de crecimiento de la superficie implantada con este cultivo, de muy poca importancia en el país hasta comienzos de los '70 (~36000 ha en 1971), fue constante desde esa década hasta mediados de los '90 y se aceleró en los últimos 10 años (Figura 1). En 2006, el área cultivada con soja representó más de 15 millones de ha. Las causas de esta expansión, además de la aptitud de muchos de los biomas de nuestro país para este cultivo, deben buscarse en los precios crecientes de este "commodity" en el mercado internacional, altos rendimientos de las variedades modificadas genéticamente, tiempos cortos de rotación y costos bajos de labranza, ya que este cultivo se presta al método de "siembra directa" (Donald 2004; INTA 2004; Satorre 2005).

La significativa expansión de la soja que se observa a partir de la década de los '90 ha determinado que este cultivo sea el más importante de la Argentina, tanto en área implantada (Figura 2) como en producción (Paruelo et al. 2005). Hasta comienzos de los '70, la alfalfa y el trigo se alternaron en el papel de cultivo principal (en términos de la proporción de la superficie total implantada), siendo los dominantes durante ocho y cinco años de ese período, respectivamente. Esta alternancia fue reemplazada por la dominancia exclusiva del trigo durante las décadas de los '70 y '80. A comienzos de los '90, la dominancia del trigo fue sustituida por la de soja, situación que se mantuvo hasta el 2006 (Figura 2). Este reemplazo de trigo por soja como el principal cultivo de la agricultura argentina, no sólo ha representado un cambio en la identidad, sino también un salto cuantitativo en el grado de dominancia. Antes de los '90, era muy raro que algún cultivo, ya fuera trigo o alfalfa, representara >30% del área sembrada en cada año. El cultivo dominante presentaba valores medios de 25%. Para el 2006, la mitad de las hectáreas cultivadas en la Argentina se encontraban sembradas con soja. Ningún otro cultivo en las últimas cinco décadas de la historia de la agricultura del país ha sido tan dominante. Es importante destacar, también, que este cambio en la dominancia de trigo por soja, no significa necesariamente que la

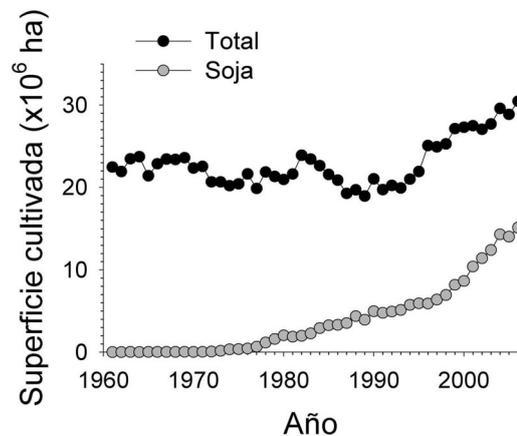


Figura 1. Superficie total cultivada y sembrada con soja en Argentina en el período 1961-2006.

Figure 1. Total cultivated area and area cultivated with soybean in Argentina during 1961-2006.

superficie cultivada con trigo ha disminuido en favor de la de soja, de hecho la superficie cosechada de trigo fue similar en 1990 y en 2006 (Apéndice). Finalmente, considerando que la dominancia actual de la soja está determinada sobre un área total cultivada que es la mayor en la historia, se podría concluir que ningún otro cultivo ha sido tan relevante en la agricultura argentina.

La expansión del cultivo de soja en el campo argentino se dio por varios procesos que conllevan un alto costo ambiental. El primero, la expansión de la frontera agrícola debido al acelerado desmonte y reemplazo de sistemas naturales o seminaturales por soja implica una pérdida directa de biodiversidad nativa (Donald 2004; Grau et al. 2005). En la Argentina se desmontaron 118000 ha entre 1998 y 2002 para la producción de soja en Chaco, 160000 en Salta y 223000 en Santiago del Estero (Altieri & Pengue 2006), aunque el desmonte explica sólo una fracción de la expansión en la superficie sojera. El segundo, la expansión virtual resultante de la combinación trigo y soja conlleva una intensificación en el uso de la tierra. Esta rápida rotación agrícola usualmente acelera distintos procesos de degradación ambiental,

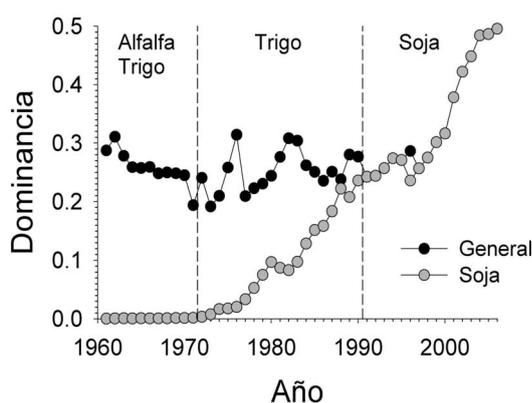


Figura 2. Proporción de la superficie agrícola argentina total representada por el cultivo más importante (i.e., dominancia) y sembrada con soja en el período 1961-2006. Se indican los cultivos más importantes para los distintos períodos.

Figure 2. Proportion of the total cultivated area represented by the most important crop (i.e., dominance) and by soybean in Argentina during 1961-2006. The dominant crop is indicated for the different periods.

particularmente de erosión y pérdida de nutrientes del suelo (INTA 2003; CEPAL 2005). El tercero, la homogeneización del paisaje agrícola argentino asociada al reemplazo de área sembrada con una variedad cultivos y de área ganadera que trae aparejada a una pérdida de diversidad agroecosistémica. Esta pérdida puede, al menos en parte, quedar reflejada en la disminución de la diversidad de cultivos que acompañan la expansión sojera. Si bien el número total de cultivos registrados por la FAO para la Argentina ha aumentado en el tiempo (Figura 3), calculamos que los nuevos cultivos registrados a partir de la década del '80 sólo representan en forma grupal <2% del área cultivada en 2006. En consecuencia, el cambio en la diversidad de la agricultura puede quedar mejor representado por el cambio en el número "efectivo" de cultivos que por el número total. Mientras que para el año 1990 (fin del período de dominancia del trigo) el número efectivo de cultivos que representaba la agricultura argentina era ~11; para el año 2006 este valor había disminuido a casi seis, lo que representa una caída de la diversidad de 40% (Figura 3). Otros estimadores de diversidad, como los de equitatividad J y PIE, reflejan un decrecimiento de ~20% durante el período de dominancia de la soja (Figura 4). Esta tendencia a la baja en los índices de diversidad comenzó en el período de dominancia del trigo, pero la tasa de decrecimiento se acentuó enormemente a partir de la década del '90, con la dominancia de la soja. La menor heterogeneidad espacial dentro del paisaje agrícola puede también afectar negativamente los servicios ecosistémicos importantes para la agricultura como el control de plagas y la polinización (Tscharntke et al. 2005; Kremen et al. 2007). Finalmente, el proceso de especialización sojera tiene impactos ambientales no sólo por el grado de dominancia sino también por la identidad de esta dominancia. En este caso, el cultivo de soja deteriora más el suelo que otros cultivos agrícolas mono-específicos, ya que deja poco rastrojo en superficie (Casas 2005; Altieri & Pengue 2006). En un contexto histórico (i.e., últimas cinco décadas), se puede concluir que esta pérdida de diversidad agrícola debido a la expansión sojera podría tomarse como un indicador de un deterioro ambiental creciente generalizado del campo argentino.

Los cambios en magnitud e identidad en la dominancia podrían afectar la seguridad alimentaria. El trigo, cultivo dominante en décadas anteriores, es en nuestro país (y en gran parte del mundo) un alimento de consumo popular. Por el contrario, la soja no es un producto que se consuma de manera masiva en la Argentina. Más de 90% de la producción total se exporta, y sólo una porción es utilizada como alimento humano (SAGPyA 2008). Por otro lado, el grado de la dominancia de la soja se dio en parte en detrimento de la producción de otros alimentos básicos (Teubal 2006). De mantenerse la tendencia a la baja en la diversidad de cultivos podría inducirse a aumentos en los precios de algunos alimentos con el consecuente efecto negativo sobre el salario real (Rodríguez 2005; FAO 2008) y, eventualmente, a la necesidad de importarlos para satisfacer la demanda. Asimismo, los resultados obtenidos demuestran que se profundizó aún más la escasa diversificación de la estructura productiva y exportadora argentina (CEPAL 2005). Esta característica, junto con la alta primarización, implican una gran dependencia del "buen clima" en los mercados internacionales (altos precios de los commodities, elevada demanda mundial de nuestras exportaciones,

etc.) y de las condiciones ambientales favorables (temperaturas y precipitaciones, propagación de enfermedades, etc.) (Schvarzer 1997). Esto supone un alto riesgo y vulnerabilidad del modelo de especialización en un cultivo (Sábato 1981). En consecuencia, los efectos de la expansión sojera sobre estos procesos necesitan ser investigados y evaluados con urgencia.

En la actualidad, nuestra sociedad debate el modelo de desarrollo a seguir, y en el campo agrícola se contraponen el modelo de especialización sojera, probablemente cortoplacista con costos ambientales altos, a uno más diversificado, posiblemente de retornos económicos inferiores para el productor, en lo inmediato, pero más sustentable en el largo plazo. Esta contribución no pretende resolver este debate, pero sí alertar de algunas consecuencias sobre las cuales se ha discutido pero que hasta el momento no habían sido cuantificadas. Nuestros resultados indican que la diversidad de cultivos en la Argentina es menor en la actualidad que en toda su historia reciente y que, de continuarse esta tendencia, es muy probable que se

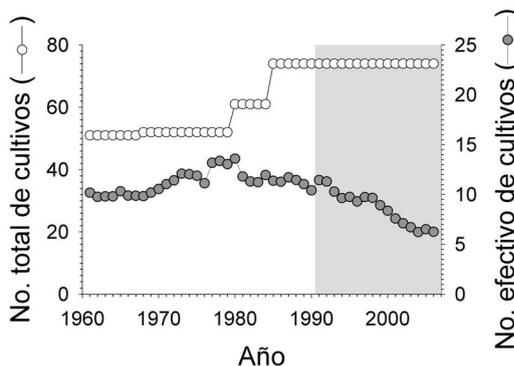


Figura 3. Número total de cultivos registrados por la FAO para la Argentina y número "efectivo" (ver Materiales y Métodos) de cultivos para cada año del período 1961-2006. La zona resaltada en gris indica el período de dominancia de la soja.

Figure 3. Total number of crops reported by FAO for Argentina and the "effective" number of crops (see Materiales y Métodos) for each year of the period 1961-2006. The area highlighted in gray indicates the period dominated by the cultivation of soybean.

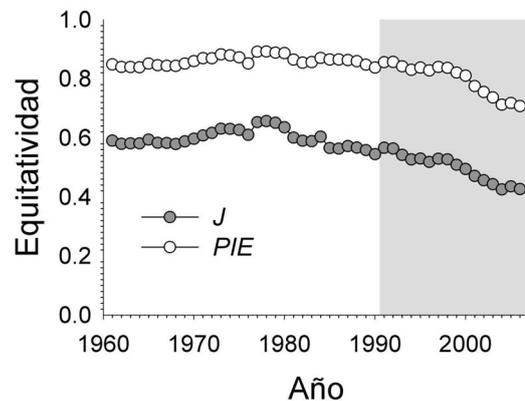


Figura 4. Diversidad de cultivos de la agricultura argentina estimada a través de los índices de equitatividad J y PIE (ver Materiales y Métodos) para cada año del período 1961-2006. La zona resaltada en gris indica el período de dominancia de la soja.

Figure 4. Crop diversity in Argentine agriculture estimated through the evenness indexes J and PIE (see Materiales y Métodos) for each of the period 1961-2006. The area highlighted in gray indicates the period dominated by the cultivation of soybean.

profundicen los múltiples costos ambientales asociados a esta disminución.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios de L. Ghermandi, E. Raffaele y dos revisores anónimos a una versión previa de este trabajo. M.A.A. es miembro de la Carrera del Investigador del CONICET y L.A.G. posee una beca doctoral del CONICET. La realización de esta contribución fue posible gracias a subsidios del CONICET (PIP 5066) y de la Universidad Nacional del Comahue (B126/ 04).

BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, MA. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric Ecosyst Environ* **74**:19-31.
- ALTIERI, MA & WA PENGUE. 2006. La soja transgénica en América Latina. *Biodiversidad* **47**:14-19.
- BISANG, R. 2003. Apertura económica, innovación y estructura productiva: la aplicación de biotecnología en la producción agrícola pampeana argentina. *Desarrollo Económico* **43**:413-442.
- BROWN, JL & GH ORIANS. 1970. Spacing patterns in mobile animals. *Annu Rev Ecol Syst* **1**:239-262.
- CASAS, R. 2005. Efectos de la intensificación agrícola sobre los suelos. *Ciencia Hoy* **87**:42-43.
- CEPAL. 2005. Análisis sistémico de la agriculturización en la Pampa Húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo No. 118*.
- DONALD, PF. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conserv Biol* **18**:17-37.
- FAO. 2008. *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Disponible en http://www.fao.org/SOF/sofi/index_es.htm.
- FAOSTAT. 2007. Datos disponibles en <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>. Último acceso en junio de 2008.
- FEDRIANI, JM; TK FULLER; RM SAUVAJOT & EC YORK. 2000. Competition and intraguild predation among three sympatric carnivores. *Oecologia* **125**:258-270.
- GRAU, R; M AIDE & I GASPARRI. 2005. Globalization and soybean expansion into semiarid ecosystems of Argentina. *Ambio* **34**:265-266.
- HILL, MO. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* **54**:427-432.
- HILLEBRAND, H; DM BENNETT & MW CADOTTE. 2008. Consequences of dominance: a review of evenness effects on local and regional ecosystem processes. *Ecology* **89**:1510-1520.
- HURLBERT, SH. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* **52**:577-585.
- INTA. 2003. *El INTA ante la preocupación ante la sustentabilidad de largo plazo de la producción agropecuaria argentina*. Disponible en http://www.grr.org.ar/articulos/INTA_sustentabilidad.pdf.
- INTA. 2004. *El avance de la soja en la Argentina y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas*. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/reconquista/crsantafe/docsoja.htm>.
- JACKSON JB & L BUSS. 1975. Alleopathy and spatial competition among coral reef invertebrates. *Proc Natl Acad Sci USA* **72**:5160-5163.
- JOST, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* **113**:363-375.
- KLEIN, AM; BE VAISSIERE; JH CANE; I STEFFAN-DEWENTER; SA CUNNINGHAM ET AL. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc R Soc B* **274**:303-313.
- KREMEN, C; NM WILLIAMS; MA AIZEN; B GEMMILL-HERREN; G LEBUHN ET AL. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land use change. *Ecol Lett* **10**:299-314.
- MAGURRAN, AE. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm, London.
- MANZANAL, M. 1995. Globalización y ajuste en la realidad regional argentina: reestructuración o difusión de la pobreza? *Realidad Económica* **134**:67-82.
- MORSE, DH. 1970. Ecological aspects of some mixed-species foraging flocks of birds. *Ecol Monogr* **40**:119-168.
- PARUELO, J; JP GUERSCHMAN & S VERÓN. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia Hoy* **87**:14-23.
- PIELOU, EC. 1969. *An introduction to mathematical ecology*. Wiley, New York.
- RODRIGUEZ, J. 2005. *Consecuencias económicas de la difusión de la soja genéticamente modificada en Argentina, 1996-2006*. Disponible en <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/becas/2005/soja/rodri.pdf>.
- SÁBATO, JF. 1981. *La pampa pródiga: claves de una frustración*. Cisea, Buenos Aires.
- SAGPYA. 2008. Datos disponibles en <http://>

- www.sagpya.gov.ar/. Último acceso en junio de 2008.
- SATORRE, EH. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy* 87:24-31.
- SCHVARZER, J. 1997. *La estructura productiva argentina a mediados de la década del noventa: tendencias visibles y un diagnóstico con interrogantes*. CEEED, Instituto de Investigaciones económicas. FCE-UBA, Buenos Aires.
- SMITH, VH; GD TILMAN & JC NEKOLA. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environ Pollut* 100:179-196.
- TEUBAL, M. 2006. Soja transgénica y crisis del modelo agroalimentario argentino. *Realidad Económica* 196:52-74.
- THRUPP, LA. 2000. Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *Int Aff* 76:283-297.
- TILMAN, D. 1994. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology* 75:2-16.
- TRIGO, E. 2005 Consecuencias económicas de la transformación agrícola. *Ciencia Hoy* 87:46-51
- TSCHARNTKE, T; AM KLEIN, A KRUESS, I STEFFAN-DEWENTER & C THIES. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecol Lett* 8:857-874.
- WEYLAND, F; SL POGGIO & CM GHERSA. 2008. Agricultura y Biodiversidad. *Ciencia Hoy* 106:27-35.

Apéndice. Área cosechada en Argentina (en miles de ha) registrada por la FAO para cada cultivo. Los años seleccionados delimitan periodos de dominancia (ver Figura 2). Abreviaturas: s/d, sin dato.

Appendix. Harvested area (thousand of hectares) reported by the FAO for each crop in Argentina. Selected years mark the boundaries of dominance periods (see Figure 2). Abbreviations: s/d, no data.

Cultivo ¹	Nombre científico ²	1961	1971	1990	2006
Soja	<i>Glycine max</i> , <i>G. soja</i>	1.0	36.3	4961.6	15097.4
Trigo	<i>Triticum</i> spp. (principalmente <i>T. aestivum</i> , <i>T. durum</i> , <i>T. spelta</i>)	4420.9	4294.6	5817.3	5500.0
Maíz	<i>Zea mays</i>	2744.4	4066.0	1560.3	2447.2
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	898.0	1313.0	2688.7	2194.6
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	6453.0	4362.3	1300.0	1556.7
Sorgo	<i>Sorghum guineense</i> , <i>S. vulgare</i> , <i>S. dura</i>	786.7	2369.4	729.1	497.6
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i> , <i>G. barbadense</i> , <i>G. arboreum</i> , <i>G. herbaceum</i>	499.2	366.8	544.9	417.0
Cebada	<i>Hordeum disticum</i> , <i>H. hexasticum</i> , <i>H. vulgare</i>	741.5	478.8	148.9	337.6
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	222.7	211.4	255.6	284.6
Frijol, poroto seco ⁴	<i>Vigna</i> spp., <i>V. unguiculata</i> , <i>V. subterranean</i> (sin. <i>Voandzeia subterranea</i>), <i>Phaseolus</i> spp.	31.1	60.6	207.4	235.1
Uva	<i>Vitis vinifera</i>	239.0	299.7	206.0	219.0
Arroz	<i>Oryza</i> ssp. (principalmente <i>O. sativa</i>)	46.0	77.2	116.6	169.0
Maní	<i>Arachis hypogea</i>	189.0	309.8	165.9	163.7
Mate	<i>Ilex paraguayensis</i>	s/d	s/d	101.8	152.0
Avena	<i>Avena</i> spp. (principalmente <i>A. sativa</i>)	596.7	357.0	451.2	138.0
Trébol	<i>Trifolium</i> spp. (principalmente <i>T. repens</i> , <i>T. pratense</i>)	s/d	s/d	213.0	130.0
Tabaco	<i>Nicotiana</i> spp. (principalmente <i>N. tabacum</i>)	46.0	64.7	43.9	90.0

Cultivo ¹	Nombre científico ²	1961	1971	1990	2006
Papa, patata	<i>Solanum tuberosum</i>	202.9	178.6	78.8	82.5
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	s/d	s/d	47.6	56.4
Hortalizas NCP ³		60.0	59.1	54.0	53.5
Limón, lima	<i>Citrus limon, C. aurantifolia</i>	s/d	s/d	21.1	47.2
Lino, linaza	<i>Linum usitatissimum</i>	1087.0	833.8	565.3	46.7
Manzana	<i>Malus domestica</i>	s/d	s/d	50.1	44.9
Té	<i>Camellia sinensis</i>	13.1	32.3	38.7	36.3
Semillas oleaginosas NCP ³		48.0	51.6	44.0	33.0
Aceituna, oliva	<i>Olea europaea</i>	s/d	s/d	29.0	30.8
Mandarina, clementina	<i>Citrus reticulata, C. unshiu</i>	s/d	s/d	35.8	30.7
Centeno	<i>Secale cereale</i>	694.5	432.7	68.0	28.7
Cártamo, alazor	<i>Carthamus tinctorius</i>	0.0	1.9	23.0	25.3
Cebolla	<i>Allium cepa, A. ascalonicum, A. fistulosum</i>	10.8	15.2	17.6	25.0
Durazno, melocotón	<i>Prunus persica, Persica laevis</i>	s/d	s/d	29.5	22.6
Cereales NCP ³		19.0	26.4	16.0	22.0
Arveja, guisante	<i>Pisum sativum, P. arvense</i>	30.9	32.8	30.0	31.4
Mandioca, yuca	<i>Manihot esculenta (sin. M. utilissima), M. palmata</i>	17.9	25.6	14.0	17.6
Pera	<i>Pyrus communis</i>	s/d	s/d	17.0	17.0
Batata, boniato	<i>Ipomoea batatas</i>	38.0	42.0	22.0	15.8
Ciruela, endrina	<i>Prunus domestica, P. spinosa</i>	s/d	s/d	9.0	15.1
Ajo	<i>Allium sativum (sin. Alliaria sativum)</i>	8.0	10.4	6.4	14.0
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	18.6	23.7	28.0	13.3
Alpiste	<i>Phalaris canariensis</i>	36.4	68.1	58.1	13.3
Pomelo, toronja	<i>Citrus paradisi, C. maxima (sin. C. grandis)</i>	s/d	s/d	9.1	12.2
Calabaza, zapallo	<i>Cucurbita maxima, C. mixta, C. moschata, C. pepo</i>	26.3	26.7	36.0	11.4
Mijo	<i>Echinochloa frumentacea, Eleusine coracana, Eragrostis abyssinica, Panicum miliaceum, Paspalum scrobiculatum, Pennisetum glaucum, Setaria italica</i>	201.4	151.4	49.4	9.8
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>	14.6	14.0	9.0	9.2
Banana	<i>Musa sapientum, M. cavendishii, M. nana, M. paradisiaca</i>	0.5	6.5	9.2	8.1
Zanahoria, nabo	<i>Daucus carota</i>	5.6	6.5	11.5	8.0
Colza	<i>Brassica napus</i>	6.9	3.8	15.0	6.2

Cultivo ¹	Nombre científico ²	1961	1971	1990	2006
Chaucha, judía verde, poroto verde ⁴	<i>Phaseolus</i> spp. (<i>P. vulgaris</i> , <i>P. lunatus</i> , <i>P. angularis</i> , <i>P. aureus</i> , <i>P. mungo</i> , <i>P. coccineus</i> , <i>P. calcaratus</i> , <i>P. aconitifolius</i> , <i>P. acutifolius</i>)	4.0	4.7	4.3	5.4
Alcaucil, alcachofa	<i>Cynara scolymus</i> , <i>C. cardunculus</i>	1.5	3.8	3.6	4.9
Pimiento, chile, pimentón, Morrón, ají	<i>Capsicum annuum</i> , <i>C. frutescens</i> , <i>Pimenta dioica</i> (sin. <i>P. officinalis</i> , <i>Eugenia pimenta</i>)	10.0	9.8	10.7	4.3
Melón	<i>Cucumis melo</i>	4.8	5.1	6.0	3.8
Nuez	<i>Juglans regia</i>	s/d	s/d	3.3	3.6
Anís, badián, hinojo, cilantro	<i>Pimpinella anisum</i> , <i>Illicium verum</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Coriandrum sativum</i>	s/d	s/d	3.1	3.4
Membrillo	<i>Cydonia oblonga</i>	s/d	s/d	3.0	3.1
Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i>	0.5	0.8	1.2	2.0
Albaricoque	<i>Prunus armeniaca</i>	s/d	s/d	3.5	1.9
Haba	<i>Vicia faba</i>	1.2	0.9	1.1	1.7
Espicias NCP ³		s/d	s/d	1.5	1.5
Lenteja	<i>Lens esculenta</i>	9.8	16.9	26.9	1.5
Cereza	<i>Prunus avium</i>	s/d	s/d	1.2	1.3
Fresa	<i>Fragaria</i> ssp.	s/d	s/d	0.8	1.0
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	6.1	3.3	4.0	0.8
Aguacate	<i>Persea americana</i>	s/d	s/d	0.5	0.5
Higo	<i>Ficus carica</i>	s/d	s/d	0.3	0.3
Almendra	<i>Amygdalus communis</i>	s/d	s/d	0.2	0.2
Lúpulo	<i>Humulus lupulus</i>	0.3	0.3	0.3	0.2
Guayaba, mango, mangostan	<i>Psidium guajava</i> , <i>Mangifera indica</i> , <i>Garcinia mangostana</i>	s/d	s/d	0.2	0.2
Papaya	<i>Carica papaya</i>	s/d	s/d	0.1	0.2
Ananá, piña	<i>Ananas comosus</i>	s/d	s/d	0.2	0.2
Altramuz, lupín	<i>Lupinus albus</i>	0.4	0.5	0.1	0.1
Raigrás	<i>Lolium multi orum</i> , <i>L. perenne</i>	1951.0	1769.5	s/d	s/d
Ricino	<i>Ricinus communis</i>	9.6	3.8	0.0	s/d

¹ Los cultivos están ordenados según su superficie en el 2006.

² El nombre científico de los cultivos fue obtenido principalmente de Klein et al. (2007).

³ NCP: la FAO agrupa en esta categoría a varios cultivos de menor abundancia y que no son especificados en otra parte.

⁴ La FAO separa cultivos del género *Phaseolus* en dos categorías: "porotos secos", que también incluye cultivos del género *Vigna*; y "porotos verdes o chauchas", que solo incluye cultivos del género *Phaseolus*.